N° 433
(7)

N°
d'Entrée
1 bis

ANNALES

DES MINES

Les ANNALES DES MINES sont publiées sous les auspices de l'Administration des Mines et sous la direction d'une commission spéciale, nommée par le Ministre des travaux publics. Cette commission, dont font partie le directeur des routes, de la navigation et des mines et le conseiller d'État, directeur du personnel, du secrétariat et de la comptabilité, est composée ainsi qu'il suit :

MM.
LINDER, inspecteur général des mines, *président*.
BOCHET, inspecteur général.
CASTEL, d°
HATON DE LA GOUPILLIÈRE, inspecteur général, directeur de l'École supérieure des mines.
ROGER, inspecteur général.
ORSEL, d°
MALLARD, inspecteur général, professeur à l'École supérieure des mines.
LORIEUX, inspecteur général.
MASSIEU, d°
LAUR, d°
RÉSAL, inspecteur général, professeur à l'École supérieure des mines.
VILLOT, inspecteur général.
KELLER, ingénieur en chef, secrétaire de la Commission de la statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur.

MM.
FUCHS, ingénieur en chef, professeur à l'École supérieure des mines.
VICAIRE, d°
CARNOT, ingénieur en chef, inspecteur de l'École supérieure des mines.
LEDOUX, ingénieur en chef, professeur à l'École supérieure des mines.
AGUILLON, d°
DOUVILLÉ, d°
BERTRAND, d°
CHEYSSON, ingénieur en chef des ponts et chaussées, professeur à l'École supérieure des mines.
LE CHATELIER, ingénieur des mines, professeur à l'École supérieure des mines.
LODIN, d°
SAUVAGE, d°
ZEILLER, ingénieur en chef, *secrétaire de la commission*.

L'Administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des ANNALES DES MINES pour être envoyés, soit, à titre de don, aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange, aux rédacteurs des ouvrages périodiques, français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts.

Les lettres et documents concernant les ANNALES DES MINES doivent être adressés, *sous le couvert de M. le Ministre des travaux publics*, à M. l'ingénieur en chef, secrétaire de la commission des ANNALES DES MINES.

Les auteurs reçoivent *gratis* 20 exemplaires de leurs articles.

Ils peuvent faire faire des tirages à part, à raison de 9 francs par feuille jusqu'à 50, 10 francs de 50 à 100, et 5 francs en plus pour chaque centaine ou fraction de centaine à partir de la seconde. — Le tirage à part des planches est payé sur mémoire, au prix de revient.

La publication des ANNALES DES MINES a lieu par livraisons, qui paraissent tous les deux mois.

Les six livraisons annuelles forment trois volumes, dont deux consacrés aux matières scientifiques et techniques, et un consacré aux actes administratifs et à la jurisprudence. Ils contiennent ensemble 90 feuilles d'impression et 24 planches gravées environ.

Le prix de l'abonnement est de 20 francs pour Paris, de 24 francs pour les départements et de 28 francs pour l'étranger.

PARIS. — IMP. C. MARPON ET E. FLAMMARION, RUE RACINE, 26.

N° 433 (4)

ANNALES DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT.

RÉDIGÉES ET PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

HUITIÈME SÉRIE

MÉMOIRES. — TOME XV.

PARIS

V^VE CH. DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES ET DES TÉLÉGRAPHES

Quai des Augustins, n° 49

1889

N° Z 433 (2)

Entrée 1 Cis Z

BIBLIOGRAPHIE.

PREMIER SEMESTRE DE 1889.

OUVRAGES FRANÇAIS.

1° *Mathématiques pures.*

Bonnel (J.). — Note sur la géométrie imaginaire, lue à l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Lyon, dans les séances du 29 mai et du 7 août 1888. Grand in-8°, 20 p. avec fig. Lyon, imp. Plan. (3146)

Boucher (A.). — Du déterminant quadrilatère. In-4°, 65 p. et 11 pl. Angers, Germain et Grassin. (197)

Bouvard (R.). — Table ou Échelle de multiplication. Grand in-4° carré, 2 p. Versailles, imp. Cerf et fils. (1552)

Brunel (G.). — Sur la généralisation de la notion de périodicité. In-8°, 8 p. Bordeaux, imp. Gounouilhou. (Extr. des *Procès-verbaux de la Soc. des sciences phys. et nat. de Bordeaux.*) (7056)

Chicouras (F.). — De la quadrature du cercle. In-8°, 46 p. et tableau. Montpellier, imp. Ricard frères. (4494)

Lemoine (E.). — Sur la mesure de la simplicité dans les tracés géométriques. In-8°, 8 p. Paris, Delagrave. (Extr. du *Journ. de mathématiques élémentaires.*) (4113)

Neuberg (J.). — Sur les triangles équibrocardiens. In-8°, 10 p. Paris, imp. Chaix. (344)

Rebière (A.). — Mathématiques et Mathématiciens, pensées et curiosités recueillies par A. Rebière. In-8°, 288 p. Paris, Nony et C°. 3f,50. (4385)

Trisection (la) de l'angle. In-8°, p. 17 à 23 avec fig. Lyon, imp. Vitte et Perrussel. (3761)

Vogt (H.). — Sur les invariants fondamentaux des équations différentielles linéaires du second ordre (thèse). In-4°, 73 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. (6442)

2° *Physique. — Chimie. — Métallurgie.*

André (C.). — Sur les mouvements verticaux de l'atmosphère. Grand in-8°, 4 p. Lyon, imp. Plan. (5918)

Bastide (E.). — Les vins sophistiqués. Procédés simples pour reconnaître les sophistications les plus usuelles : coloration artificielle, plâtrage, salicylage, vinage, mouillage, etc. In-12, 154 p. avec fig. Paris, J.-B. Baillière et fils. 2 fr. (437)

Béhal (A.). — Étude théorique sur les composés azoïques et leurs emplois industriels. Grand in-8°, 178 p. Paris, Carré. (4449)

—— Composés azoïques (thèse). In-4°, 174 p. avec fig. Paris, Carré. (5449)

Bellet (A.). — Unités pratiques du système électro-magnétique C. G. S. In-4°, 8 p. Mont-de-Marsan, imp. V. Delaroy. (5451)

Belot. — Note sur un cas de production d'électricité statique. In-8°, 4 p. Le Mans, imp. Monnoyer. (Extr. du *Bull. de la Soc. d'agriculture, sciences et arts de la Sarthe.*) (2530)

Boutzoureano (B.). — Recherches sur les sélénites (thèse). In-4°, 71 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars et fils. (6191)

Bouant (E.). — Nouveau Dictionnaire de chimie illustré de figures intercalées dans le texte, comprenant les applications aux sciences, aux arts, à l'agriculture et à l'industrie, à l'usage des chimistes, des industriels, des fabricants de produits chimiques, des agriculteurs, des médecins, des pharmaciens, des laboratoires municipaux, de l'École centrale, de l'École des mines, des écoles de chimie, etc.; par *E. Bouant*, agrégé des sciences physiques. Avec la collaboration de professeurs, d'ingénieurs et d'industriels. Précédé d'une introduction par *L. Troost*, membre de l'Institut. 5e fascicule. Fin de l'ouvrage (titre, introduction, préface, p. 961 à 1120) avec 97 fig. Grand in-8° à 2 col., p. 961 à 1120. Paris, J.-B. Baillière et fils. (196)

Cadiat (E.) et L. Dubost. — Traité pratique d'électricité industrielle. Unités et Mesures; Piles et Machines électriques; Éclairage électrique; Transmission électrique de la force, Galvanoplastie et Électrométallurgie; Téléphonie. 3e édit., avec 264 fig. dans le texte. Grand in-8°, II-659 p. Paris, Baudry et Ce. (6496)

Castonnet des Fosses (H.). — La chimie industrielle et commerciale, conférence faite à la Société de géographie de Lyon le 1er mars 1888. In-8°, 35 p. Lyon, Vitte et Perrussel. (Extr. du *Bull. de la Soc. de géographie de Lyon.*) (731)

Chappet. — Contribution à l'étude des courants atmosphériques. In-8°, 16 p. Lyon, Vitte et Perrussel. (Extr. du *Bull. de la Soc. de géographie de Lyon.*) (736)

Chemin (O.) et F. Verdier. — La Houille et ses dérivés. In-8°, 320 p. avec fig. Paris, maison Quantin. (1282)

Combes (A.). — Synthèses dans la série grasse au moyen du chlorure d'aluminium. Les Diacétones. Conférence faite à la Société chimique, le 15 mars 1888. In-8°, 36 p. Paris, maison Quantin. (2569)

Conférences faites à la Société chimique de Paris en 1887-1888; par MM. Henri Moissan, E. Mallard, A. Haller, Scheurer-Kestner, H. Millot, A. Combes, Maquenne. In-8°, 255 p. Paris, bureaux de la *Revue scientifique*. (1002)

Cornu (A.). — Les phénomènes optiques de l'atmosphère. In-8°, 12 p. Paris, imp. Chaix. (4501)

Cours de chimie analytique à l'Institut industriel du nord de la France. Professeur : M. Lacombe, ingénieur des arts et manufactures. 2e année d'études (1888-1889). In-4°, 390 p. avec fig. Lille, imp. Danel. (238)

Denigès (G.). — Dosage de l'eau oxygénée par l'hypobromite de soude. In-8°, 7 p. avec fig. Bordeaux, imp. Gounouilhou. (Extr. du *Bull. des travaux de la Soc. de pharmacie de Bordeaux.*) (4741)

—— Préparation des chlorure et bromure cuivreux à l'aide des haloïdes alcalins et du sulfate de cuivre, suivi de : Réaction nouvelle et caractéristique des sels de cuivre. In-8°, 7 p. Bordeaux, imp. Gounouilhou. (Extr. du même recueil.) (6798)

Dubois (A.). — Recherches sur quelques combinaisons de l'yttrium (thèse). In-4°, 39 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. (1600)

Duguet (C.). — Physique qualitative. Où l'on répond à la question « Qu'est-ce que l'électricité? » et à d'autres. In-8°, XXIV-454 p. Paris, Berger-Levrault et Ce. (3296)

Dumont (G.), M. Leblanc et E. de La Bédoyère. — Dictionnaire théorique et pratique d'électricité et de magnétisme, renfermant la terminologie électrique (mots et locutions), l'exposé complet de la science électrique, les applications de l'électricité, la description de la figure de tous les appareils, la biographie des électriciens célèbres. Fascicules 2 à 32 (fin). Grand in-8° à 2 col., p. 33 à 1020 avec fig. Paris, Ve Larousse et Ce. (L'ouvrage a paru en 32 fascicules à 1 fr.) (2874)

Ellie (R.). — Sur l'emploi de la lumière polarisée en télégraphie optique. In-8°, 13 p. avec fig. Bordeaux, imp. Gounouilhou. (Extr. des *Mém. de la Soc. des sciences phys. et nat. de Bordeaux.*) (7151)

Établissements (les) métallurgiques de la frontière française à l'Exposition universelle de 1889. Hauts fourneaux et fonderies de Micheville-Villerupt (Meurthe-et-Moselle). Laminoirs de Laval-Dieu, Monthermé (Ardennes). Laminoirs de Crespin (Nord) (Société Ferry, Curicque et Cᵉ). In-8°, 22 p. avec fig. Paris, imp. Chaix. (Extr. du journal le *Génie civil.*) (4273)

Fauconnier (A.). — Recherches sur quelques dérivés de la glycérine (thèse). In-4°, 61 p. Paris, imp. Lanier et fils. (1328)

Gautier (H.). — Action chimique des courants électriques (thèse). In-4°, 104 p. avec fig. Paris, imp. Gauthier-Villars et fils. (3892)

Gossart (E.). — Expériences de caléfaction (troisième note). In-8°, 17 p. et pl. Caen, imp. Delesques. (Extr. du *Bull. de la Soc. linnéenne de Normandie.*) (3363)

Jacquemin (E.). — De la recherche des bicarbonates dans les eaux. Application du réactif ferroso-pyrogallique. In-8°, 16 p. Paris, imp. Gauthier-Villars et fils. (4796)

Jagnaux (R.). — Analyse chimique des substances commerciales, minérales et organiques. Avec 64 fig. dans le texte. Grand in-8°, II-950 p. Paris, Baudry et Cᵉ. (807)

Janssen (J.). — Le spectre de l'oxygène et l'atmosphère terrestre. In-8°, 96 p. Paris, imp. Quantin. (Extr. de la *Revue scientifique.*) (2918)

Jordan (S.). — Analyse de l'ouvrage de sir Lowthian Bell, « Principes de la fabrication du fer et de l'acier », traduit en français par M. A. Hallopeau, faite dans la séance du 7 décembre 1888, par M. S. Jordan. In-8°, 15 p. Paris, Chaix. (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils.*) (3407)

Knab (L.). — Fabrication et emplois industriels de l'acier. In-8°, XX-752 p. avec 76 fig. Paris, Steinheil. 18 fr. (1060)

Krouchkoll (M.). — 1° Étude sur les couches électriques doubles; 2° Variation du coefficient de frottement produite par la polarisation voltaïque (thèse). In-8°, 83 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. (3916)

Labouret (C. M. de). — Propagation du son pendant le tir. In-8°, 41 p. avec fig. Paris, Baudoin et Cᵉ. (Extr. du *Mémorial de l'artillerie de la marine.*) (2648)

Leidié (E.). — Mercure et ses composés (toxicologie) (thèse). In-4°, 144 p. Paris, imp. Lanier et fils. (2399)

Le Verrier (U.). — Cours de métallurgie professé à l'École des mines de Saint-Étienne. Deuxième partie : Métallurgie générale. In-4°, 413 p. et 36 pl. Saint-Étienne, Chevalier. Paris, Baudry et Cᵉ. (5035)

Lodin. — L'acier. In-8°, 13 p. Paris, imp. Chaix. (6597)

Mallet (P.). — Appareil distillatoire à colonne inobstruable pour le traitement des eaux ammoniacales du gaz, des eaux vannes, de toutes les liqueurs ammoniacales les plus riches, et leur transformation en sulfate d'ammoniaque, eaux concentrées, alcali volatil, etc. In-8°, 8 p. Paris, Chaix. (6604)

Maxwell (J. C.). — Traité d'électricité et de magnétisme; par J. Clerk Maxwell, professeur de physique expérimentale à l'Université de Cambridge. Traduit de l'anglais sur la 2ᵉ édition, par G. Séligmann-Lui, ingénieur des télégraphes, avec notes et éclaircissements par MM. Cornu, de l'Institut, Potier et Sarrau, professeurs à l'École polytechnique. T. II (3ᵉ fascicule). In-8°, p. 305 à 651 avec fig. Paris, Gauthier-Villars et fils. (6337)

Meyer (L.). — Les théories modernes de la chimie et leur application à la mécanique chimique; par Lothar Meyer. Ouvrage traduit de l'allemand sur la 5ᵉ édition, par Albert Bloch et J. Meunier, chef des travaux chimiques à l'École centrale. T. II. In-8°, XIV-312 p. Paris, Carré. (4597)

Mondésir (P. de). — Note additionnelle au mémoire sur le dosage rapide du carbonate de chaux actif dans les terres. In-8°, 8 p. avec fig. Nancy, imp. Berger-Levrault et Cᵉ. (Extr. des *Ann. de la science agronomique française et étrangère.*) (851)

Négréano (D.). — Etude de l'éthérification au moyen des conductibilités électriques (thèses). In-4°, 63 p. avec fig. Paris, Carré. (4606)

Pavillon (le) du comité des forges du Nord à l'Exposition de 1889. In-8°, 8 p. avec grav. Paris, imp. Chaix. (5339)

Petit (P.). — Recherches sur quelques composés azotés de la série aromatique (thèse). In-4°, 60 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. (6373)

Perret (M.). — La Combustion des matières pulvérulentes. In-8°, 10 p. avec fig. Paris, imp. Chaix. (Publication du journal *le Génie civil.*) (891)

Pisani (F.). — Traité pratique d'analyse chimique qualitative et quantitative, à l'usage des laboratoires de chimie. *3ᵉ édition*, revue et augmentée d'un traité d'analyse au chalumeau, avec fig. dans le texte. In-18, XII-389 p. Paris, F. Alcan. 3ᶠ,50. (4162)

Poincaré (H.). — Cours de physique mathématique. Leçons sur

la théorie mathématique de la lumière, professées pendant le premier semestre 1887-1888, par H. Poincaré, de l'Institut. Rédigées par J. Blondin, licencié ès sciences. In-8°, IV-412 p. avec fig. Paris, Carré. (2443)

POIRÉ (P.). — Leçons de chimie appliquée à l'industrie. 10e *édition*. In-18 jésus, 531 p. avec fig. Paris, Delagrave. (2713)

REYNIER (E.). — Traité élémentaire de l'accumulateur voltaïque. Avec 62 fig. dans le texte et un portrait de M. Gaston Planté. In-8°, 222 p. Paris, Baudry et Ce. (3019)

SCHEURER-KESTNER. — Chaleur de combustion de la houille du bassin du nord de la France. In-8°, 12 p. Lille, imp. Danel. (1143)

SCHMITT (C.-E.). — Les Produits de l'épuration chimique du gaz d'éclairage; dosage du cyanogène actif. In-8°, 7 p. Lille, imp. Danel. (6129)

SIDERSKY (D.). — Procédé volumétrique pour le dosage des sulfates en présence d'autres sels. In-8°, 16 p. Lille, imp. Danel. (4408)

TYNDALL (J.). — Chaleur et Froid. Six leçons faites devant un jeune auditoire. Traduites de l'anglais par M. l'abbé Moigno. 2e *édition*. In-12, 124 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars et fils, 2 fr. (6435)

—— La Lumière. Cours de neuf leçons, suivi d'une conférence sur le rôle scientifique de l'imagination. Traduit de l'anglais par l'abbé Raillard; revu par l'abbé Moigno. 2e *édition*. In-12, 150 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. 2 fr. (7003)

WEBER (R.). — Problèmes sur l'électricité. Recueil gradué, comprenant toutes les parties de la science électrique. In-18 jésus, X-253 p. avec fig. Paris, Baudry et Ce. (1471)

3° *Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.*

ANNUAIRE géologique universel. Revue de géologie et paléontologie dirigée par le docteur L. Carez pour la partie géologique, H. Douvillé pour la partie paléontologique, avec le concours de nombreux géologues français et étrangers. Fondé par le docteur Dagincourt. T. IV. Grand in-8°, XXIV-910 p. Paris, Comptoir géologique, 15, rue de Tournon. (5138)

BARROIS (C.) et A. OFFRET. — Mission d'Andalousie. Études relatives au tremblement de terre du 25 décembre 1884. Mémoire sur la constitution géologique du sud de l'Andalousie, de la Sierra Tejeda à la Sierra Nevada. In-4°, p. 79 à 172 et 5 pl.

Paris, Imp. nationale. (*Mém. présentés par divers savants à l'Acad. des sciences.*) (433)

BENOIST (E.). — Études sur les nummulites et les assilines du sud-ouest de la France. In-8°, 22 p. et 2 pl. Paris, Klincksieck. (Extr. du *Bull. scient. de la Soc. de Borda.*) (2810)

BERTRAND et KILIAN. — Mission d'Andalousie. Études sur les terrains secondaires et tertiaires dans les provinces de Grenade et de Malaga. In-4°, p. 377 à 582 avec fig. et pl. Paris, Imp. nationale. (*Mém. présentés par divers savants à l'Acad. des sciences.*) (2537)

BREUILS (A.). — Grottes préhistoriques de la Ténarèze (Gers, Lot-et-Garonne). In-8°, 20 p. Paris, Maisonneuve. 1 fr. (4466)

CHAUVET (G.). — Coup d'œil sur la période néolithique dans le département de la Charente. In-8°, 17 p. avec fig. et planche. Angoulême, imp. Chasseignac. (Extr. du *Bull. de la Soc. archéol. et histor. de la Charente.*) (997)

DELMAS-AZÉMA (H.). — Hydrologie. Étude sur les nappes d'eau du sous-sol de Saint-Quentin. In-8°, 30 p. et pl. Saint-Quentin, imp. Poëtte. (471)

DOLLFUS (G.-F.). — Une coquille remarquable des faluns de l'Anjou, Melongena cornuta Agassiz Sp. (Pyrula). In-8°, 34 p. et 4 pl. Angers, Germain et Grassin. (Extr. du *Bull. de la Soc. d'études scient. d'Angers.*) (761)

DOMBROWSKI. — Mes chasses aux fossiles dans le Lot-et-Garonne (souvenir géologique). In-8°, 7 p. Bordeaux, imp. Gounouilhou. (Extr. du *Journ. d'hist. nat. de Bordeaux et du Sud-Ouest.*) (3276)

DRESCH. — La Grotte du Mas-d'Azil et l'Industrie préhistorique. In-8°, 23 p. Foix, imp. Gadrat aîné. (Extr. du *Bull. de la Soc. ariégeoise des sciences, lettres et arts.*) (2593)

DUCROST (A.). — L'Époque glaciaire, conférence faite aux Facultés catholiques de Lyon. In-8°, 32 p. Lyon, Vitte et Perrussel. (Extr. de la *Controverse et le Contemporain.*) (3294)

FALSAN (A.). — La Période glaciaire étudiée principalement en France et en Suisse. Avec 105 gravures dans le texte et 2 pl. hors texte. In-8°, 368 p. Paris, Alcan. (6266)

FONTANNES (F.) et C. DEPÉRET. — Études stratigraphiques et paléontologiques pour servir à l'histoire de la période tertiaire dans le bassin du Rhône; par F. Fontannes. Mémoire posthume rédigé et complété par le docteur Ch. Depéret. IX : les Terrains tertiaires marins de la côte de Provence. — Première partie : les Faluns de la côte de Carry; Étages aquitanien et langhien ;

le Rouet, Carry, Sausset. Grand in-8°, 120 p. avec fig. et pl. Paris, Société géologique de France. (4762)

Girod (P.) et E. Massénat. — Les Stations de l'âge du renne dans les vallées de la Vézère et de la Corrèze. Documents publiés par le docteur Paul Girod et Élie Massénat, 1er fascicule. In-4°, iv-19 p. et pl. 1 à 10. Paris, J.-B. Baillière et fils. (L'ouvrage sera complet en 10 fascicules avec 100 pl. hors texte.) (3896)

Gosselet (J.). — Mémoires pour servir à l'explication de la carte géologique détaillée de la France. L'Ardenne. In-4°, 897 p. avec fig., planches et cartes. Paris, Baudry et Ce. (Ministère des travaux publics.) (5231)

Halna du Fretay. — La Bretagne antédiluvienne. Silex quaternaires en Guengat (Finistère). In-8°, 12 p. et pl. Vannes, imp. Galles. (Ext. du *Bull. de la Soc. polymathique du Morbihan.*) (6293)

Kilian (W.). — Mission d'Andalousie, I, le Gisement tithonique de Fuente de los Frailes; II, Études paléontologiques sur les terrains secondaires et tertiaires de l'Andalousie. In-4°, p. 581 à 751 et 14 pl. Paris, Imp. nationale. (Extr. des *Mém. présentés par divers savants à l'Acad. des sciences.*) (4099)

Lazerges (P.). — Origine et causes des volcans et des tremblements de terre. In-8°, 22 p. Foix, Gadrat aîné. (7227)

Lecornu (L.). — L'Axe du Merlerault. In-8°, 16 p. et pl. Caen, Delesques. (Extr. du *Bull. de la Soc. linnéenne de Normandie.*) (6046)

Lenthéric (C.). — Note sur les cailloux sphériques du torrent de la Buna, affluent du Rhône à Fort-l'Ecluse. In-8°, 11 p. Nîmes, imp. Chastanier. (Extr. des *Mémoires de l'Académie de Nîmes.*) (7234)

Letellier. — Études géologiques sur les deux cantons d'Alençon. In-8°, 121 p. Caen, Delesques. (Extr. du *Bull. de la Soc. linnéenne de Normandie.*) (3933)

Lévy (M.) et Bergeron. — Mission d'Andalousie. Étude géologique de la Serrania de Ronda. In-4°, p. 171 à 383 avec fig. et 7 pl. en noir et en couleur. Paris, Imp. nationale. (Extr. des *Mém. présentés par divers savants à l'Acad. des sciences.*) (2931)

—— —— In-4°, p. 233 à 347 et 3 pl. Paris, Imp. nationale. (Même recueil.) (2666)

Liétard (A.). — Note sur le trias dans la région méridionale des Vosges. In-8°, 27 p. Nancy et Paris, imp. Berger-Levrault et Ce. (Extr. du *Bull. de la Soc. des sciences.*) (6056)

Morière. — Note sur un échantillon de *Williamsonia* Carruth. trouvé dans l'oxfordien des Vaches-Noires en 1865. In-8°, 8 p. Caen, imp. Delesques. (Extr. du *Bull. de la Soc. linnéenne de Normandie.*) (3554)

Nivoit (E.). — Géologe appliquée à l'art de l'ingénieur. T. II (Stratigraphie ou Géologie proprement dite). Grand in-8°, viii-653 p. avec fig. Paris, Baudry et Ce. Les 2 vol., 40 fr. (*Encyclopédie des travaux publics.*) (1978)

Œhlert (D.-P.). — Brachiopodes du dévonien de l'ouest de la France. In-8°, 8 p. et pl. Angers, imp. Germain et Grassin. (Extr. du *Bull. de la Soc. d'études scientifiques d'Angers.*) (621)

—— Descriptions de quelques espèces dévoniennes du département de la Mayenne. In-8°, 56 p. et 5 pl. Angers, imp. Germain et Grassin. (Extr. du même recueil.) (866)

Petitclerc (P.). — Faune kimméridienne de la rive gauche de la Saône, partie comprise entre Chariez et Vellexon (Haute-Saône). In-8°, 18 p. Vesoul, imp. Suchaux. (Extr. du *Bull. de la Soc. d'agric., sciences et arts de la Haute-Saône.*) (7317)

4° *Mécanique. — Exploitation des mines.*

Anthoni (G.). — Isolement complet et stable des machines, véhicules, constructions et appareils quelconques en vue d'amortir les chocs et les vibrations et de diminuer le bruit qui en résulte. In-8°, 32 p. Paris. Chaix. (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils.*) (1530)

Barbet (A.). — Note sur la construction et le calcul des cylindres de presses hydrauliques ou à air. In-8°, 55 p. et pl. Paris, Chaix. (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils.*) (696)

Bidois (C.). — Pulvérisation des argiles; son application dans les usines de la Société Arnand, Etienne et Ce. In-8°, 15 p. Marseille, imp. Barlatier-Feissat. (Extr. du *Bull. de la Soc. scient. indust. de Marseille.*) (3136)

Bonnet-Salaman (L.). — La Chaleur solaire; son emploi par l'appareil à paraboloïde de révolution de M. Louis Bonnet-Salaman (de Coursan). In-18, 4 p. Vichy, Bougarel. (982)

Boudenoot (L.). — Communication de M. L. Boudenoot relative à un mémoire de M. E. Daujat sur l'exploitation de la distribution de la force motrice au moyen de l'air raréfié. In-8°, 24 p. Paris, Chaix. (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils.*) (4235)

Boutan (E.). — Sur l'état actuel des mines de diamant du Cap. In-8°, 27 p. Paris, imp. Chaix. (Extr. du *Génie civil.*) (2089)

Compte rendu des séances du onzième congrès des ingénieurs en chef des associations de propriétaires d'appareils à vapeur tenu à Paris les 7, 8 et 9 novembre 1886. Grand in-8°, 214 p. et pl. Lille, imp. Danel. (Publication de l'*Assoc. des propriétaires d'appareils à vapeur du nord de la France.*) (1291)

Cornut (E.). — Note sur l'emploi de l'acier dans la construction des chaudières fixes. In-8°, 36 p. Lille, imp. Danel. (1580)

—— Cours de chauffeurs. In-4°, 120 p. avec fig. Lille, imp. Danel. (3235)

—— Étude sur les réchauffeurs. In-8°, 61 p. et pl. Lille, imp. Danel. (Publication de l'*Assoc. des propriétaires d'appareils à vapeur du nord de la France.*) (4502)

—— Note sur l'emploi de l'acier dans la construction des chaudières fixes. In-8°, 36 p. Lille, imp. Danel. (Publication de la même Association.) (4503)

Dubiau (P.). — Clapets automatiques d'arrêt de vapeur, note présentée à la Société scientifique industrielle de Marseille, dans sa séance générale du 15 décembre 1887. In-8°, 12 p. et pl. Marseille, imp. Barlatier-Feissat. (3282)

Dujardin (A.). — Compresseur d'air commandé directement par une machine à vapeur horizontale de soixante-dix chevaux. In-8°, 8 p. avec fig. Paris, libr. technologique. (Extr. de la *Revue illustrée des machines, appareils et procédés.*) (486)

Exploitation des mines. Machines d'épuisement souterraine installée aux mines de Marles par MM. E. Mailliet et C°, constructeurs à Anzin. Grand in-8°, 8 p. Paris, libr. technologique. (Extr. du même recueil.) (4274)

Faraud (L.). — Plus lourd que l'air. Étude sur la navigation aérienne. Précédée d'une analyse par M. Max de Nansouty. In-8°, 36 p. avec fig. Paris, Chaix. (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils.*) (267)

Grandes (les) Maisons de construction mécanique à l'Exposition universelle de 1889. La maison Bréguet. Applications générales de l'électricité. Palais des Machines. Classe 62. Groupe 6. In-8°, 32 p. avec fig. Paris, imp. Chaix. 50 cent. (Extr. du journal *le Génie civil.*) (5234)

Helson. — Notice sur les marbres des Corbières (département de l'Aube). In-4°, 7 p. Prades, imp. Larrieu. (800)

Hervegh (H.). — Note sur le tirage des mines dans les fosses à

grisou. In-8°, 8 p. avec fig. Paris, Chaix. (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils.*) (1051)

Hirn. — Remarques relatives à une critique de M. G. Zeuner, directeur de l'École polytechnique de Dresde. In-4°, 12 p. Paris, imp. Gauthier-Villars et fils. 60 cent. (Extr. des *Comptes rendus de l'Acad. des sciences.*) (4089)

Labeyrie (L.). — Clapet de retenue pour vapeur, eau, gaz, etc. Obturateur sphérique automatique de M. L. Labeyrie, garde-mines principal. In-8°, 19 p. avec fig. Paris, Chaix. (Extr. du *Bull. technol. de la Soc. des anciens élèves des écoles nation. d'arts et métiers.*) (6864)

Lallemand (C.). — Les Accidents de grisou dans les mines, conférence faite à la Société d'économie sociale. In-8°, 16 p. avec fig. Paris, imp. Levé. (2169)

Législation des appareils à vapeur. Décret du 29 juin 1886. Décret du 22 décembre 1886. Circulaire ministérielle du 23 août 1887. Circulaire ministérielle du 6 septembre 1887. Circulaire ministérielle du 13 novembre 1888. In-8°, 13 p. Amiens, imp. Jeunet. (Association des propriétaires d'appareils à vapeur de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise.) (7233)

Marsaut (J.-B.). — Les caisses de secours et de prévoyance à la Compagnie houillère de Bessèges. Caisse de secours; Caisse de retraites; Caisse d'épargne; Caisse de gratifications; Compte de libéralités; Magasins de subsistances. In-8°, 137 p. Paris, Chaix. (839)

Maurice (J.). — Notice sur les mines de fer de Diélette (Manche). In-8°, 32 p. Paris, imp. Pariset. (4344)

Merzbach (B.). — Les Sociétés minières. Recueil de renseignements. In-8°, IV-147 p. avec 3 cartes et grav. Paris, imp. Mayer et C°. (6909)

Monteux (B.). — Emploi du liquide comprimé dans les freins hydrauliques. In-8°, 20 p. Paris, Berger-Levrault et C°. (Extr. de la *Revue d'artillerie.*) (4601)

Moreau (F.-F.). — La force motrice à l'Exposition universelle de 1889. In-8°, 11 p. Lille, imp. Lefebvre-Ducrocq. (Extr. du *Bull. de l'Assoc. amicale des élèves de l'École supérieure des mines.*) (4832)

Notice sur les appareils pour protéger les chevaux contre les secousses, chocs et arrêts brusques des voitures. In-8°, 14 p. avec fig. Paris, imprimerie Chaix; J. Lewin, 6, rue Blanche. (5323)

Olivier (E.). — Mines de cuivre, étain et galène argentifères de

Charrier-Laprugne (Allier). In-8°, 12 p. Moulins, imp. Auclaire. (Extr. de la *Revue scient. du Bourbonnais et du centre de la France.*) (7287)

Olry (A.). — Etudes des gîtes minéraux de la France, publiées sous les auspices de M. le ministre des travaux publics, par le service des topographies souterraines. Bassin houiller de Valenciennes (partie comprise dans le département du Nord). In-4°, 419 p. et atlas in-f° de 12 pl. en couleur. Paris, Baudry et Ce. (Ministère des travaux publics, 1886.) (6094)

Oriolle (P.). — Chaudières inexplosibles. Grand in-8°, 16 p. Paris, Baudry et Ce. (876)

Patru (A.) et F. Loppé. — Régularisation du niveau du lac de Genève et Utilisation des forces motrices du Rhône. In-8°, 20 p. avec fig. Paris, Chaix. (2982)

Pillet (J.-E.). — Les Moteurs gratuits : l'eau et le vent. Gr. in-8°, 160 p. avec gravures dans le texte. Rouen, Mégard et Ce. (7323)

Rémaury (H.). — Note sur les mines de fer et les usines métallurgiques de Meurthe-et-Moselle. In-8°, 43 p. Paris, Chaix. (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils*.) (4632)

Ribière (C.). — Sur divers cas de la flexion des prismes rectangles. In-4°, 52 p. avec fig. et 7 tableaux annexes. Bordeaux, imp. Gounouilhou. (3675)

—— Sur divers cas de la flexion des prismes rectangles (thèse). In-8°, 46 p. avec fig. et 7 tableaux annexes. Bordeaux, imp. Gounouilhou. (3676)

Santangelo-Spoto (H.). — Mineur des soufrières de Lercara (province de Palerme, Sicile), ouvrier-propriétaire, dans le système des engagements volontaires permanents, d'après les renseignements recueillis sur les lieux en 1886. In-8°, p. 281 à 336. Paris, Firmin-Didot et Ce. (*Les Ouvriers des Deux Mondes*, publiés par la Société d'économie sociale.) (5385)

Statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur en France et en Algérie pour l'année 1887, avec un appendice concernant la statistique minérale internationale. In-4°, XVIII-223 p. avec grav., tableaux comparatifs et tableau en couleur de la production des carrières de la France en 1887. Paris, Dunod; Baudry et Ce. 10 fr. (Ministère des travaux publics.) (5687)

Tellier (C.). — Élévation des eaux par la chaleur atmosphérique; Utilisation des chaleurs perdues; Forces gratuites; Éclairage gratuit; Froid gratuit. In-8°, VI-190 p. avec 63 fig. Paris, Michelet. (3046)

Witz (A.). — Production et vente de l'énergie électrique par les stations centrales. In-8°, 16 p. Lille, imp. Danel. (6717)

5° *Constructions. — Chemins de fer.*

Belleville (J.). — Générateurs Belleville. Note pour MM. les membres du jury des classes 52 et 65. In-4°, 12 p. Paris, Chaix. (6742)

Busquet (L.). — La Triste Fin du canal des Deux-Mers. In-8°, 2 p. Bordeaux, imp. Gounouilhou. (3172)

Charton (J.). — Aperçu général des dispositions et installations de l'Exposition universelle de 1889. In-8°, 35 p. et plan. Paris, Chaix. (4724)

Chemins de fer de l'État. Conseil d'administration. Recueil des conventions, sentences arbitrales, lois de rachat, décrets d'organisation, arrêtés ministériels et cahier des charges relatifs aux chemins de fer de l'État; loi de finances réglant le rachat de ces chemins. Loi du 15 juillet 1845 sur la police des chemins de fer. Ordonnance du 15 novembre 1846 sur la police, la sûreté et l'exploitation des chemins de fer. Lois et décrets divers. In-8°, 323 p. Paris, Chaix. (4037)

Du Bousquet. — Note sur les encombrements par les neiges des voies ferrées. In-8°, 17 pages avec fig. et planche. Lille, imp. Danel. (1016)

Eiffel (G.). — Mémoire présenté à l'appui du projet définitif du viaduc de Garabit. Texte. In-8°, 182 p. Paris, Baudry et Ce. (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils.*) (1886)

—— Conférence de M. Eiffel sur la tour de 300 mètres, faite à la Société centrale du travail professionnel, à l'École des hautes études commerciales, le 20 février 1889. In-8°, 36 p. et 6 planches. Paris, P. Dupont. (4061)

Estoc (M. D'). — Les Chemins de fer. Causes permanentes de catastrophes. In-18 jésus, 24 p. Paris, l'auteur. 1 fr. (5559)

Exposition (l') de 1889 et la tour Eiffel d'après les documents officiels; par Un ingénieur. *Édition* illustrée. In-12, 210 p. Paris, Gombault et Singier. 1 fr. (1889)

Féraud-Giraud (L.-J.-D.). — Code des transports de marchandises et de voyageurs par chemins de fer. 2e *édition*, revue et mise au courant de la législation, de la doctrine et de la jurisprudence. 3 vol. in-18 jésus. T. 1er : Transport de marchandisés, 446 p. T. II : Transports de marchandises, 392 p. T. III : Transports de voyageurs, 430 p. Paris, Pedone Lauriel. (5215)

FOREST (H.). — Note sur le viaduc métallique du bassin de la Liane à Boulogne-sur-Mer. In-4°, 11 p. avec 5 fig. Paris, imp. Chaix. (Extr. du *Génie civil.*) (2886)

GOETSCHY (F.). — Constructions démontables en tôle d'acier emboutie et galvanisée, système Danly. In-8°, 8 p. et planche. Paris, Berger-Levrault et Ce. (Extr. de la *Revue du génie militaire.*) (521)

GRANDVALLET (A.). — Les Chemins de fer français au point de vue de la guerre. In-8°, 85 p. et carte. Paris, Baudoin et Cie. (1040)

HOFFMANN (M.). — Les Tarifs des chemins de fer. In-8°, 13 p. Nancy, impr. Berger-Levrault et Ce. (Extr. du *Journal de la Soc. de statistique de Paris.*) (1918)

JOSEPH (P.). — Tramway à vapeur de Saint-Martin à Mareuil-sur-Ay par Épernay et Ay. In-8°, 30 p. Épernay, l'auteur. (5818)

LADAME (J.). — Chemin de fer de Calais à Milan. Ligne directe par Belfort, Berne, la Gemmi et le Simplon. Réduction de 80 kilomètres sur le parcours actuel. Les Grands Tunnels des Alpes et du Jura. In-8°, 295 p. et 4 cartes. Paris, Pallet. 5 fr. (5606)

LARPENT (C.). — Histoire de l'invention du moyen de ralentir la vitesse des trains à l'aide des locomotives marchant à contre-vapeur, avec la preuve de l'erreur scientifique qui a fait condamner l'invention. In-8°, 28 p. Issoudun, Gaignault. (4580)

LE CHATELIER (L.). — La Question du Métropolitain. Grand in-8°, 44 p. Paris, Baudry et Ce. 1^f^,25. (824)

LEFÈVRE (P.) et G. CERBELAUD. — Les Chemins de fer. In-8°, 320 p. avec fig. Paris, maison Quantin. (1374)

LOPPÉ (F.). — Calcul rapide des surfaces des profils en travers et des cubes des terrassements en matière d'avant-projet. In-8°, 7 p. avec fig. Paris, imp. Chaix. (2938)

MAÎTRE (A.). — La Crise économique : le Libre-Échange; les Nouveaux Tarifs de chemins de fer. In-8°, 33 p. Châtillon-sur-Seine, impr. Pichat (1886). (81)

MONDUIT (L.) et A. DENIS. — Traité théorique et pratique de la stéréotomie au point de vue de la coupe de pierres; par L. Monduit, architecte, professeur de coupe des pierres. Avec la collaboration de M. A. Denis, architecte. In-8°, VIII-223 p. Paris, Juliot. (5314)

NANSOUTY (M. de). — La Tour Eiffel de 300 mètres à l'Exposition universelle de 1889 : historique et description. Avec un portrait de M. Eiffel. 24 figures, dont 8 hors texte, et 2 planches. Grand in-16, XVIII-118 p. Paris, Tignol. 2 fr. (616)

SAINT-YVES (A.). — Le Canal maritime de Corinthe. In-8°, 115 p. Rennes, imp. Le Roy. (2735)

SINCLAIR (A.). — Les Locomotives Compound, mémoire lu le 10 avril 1889, à la réunion du New-England Railway Club, par M. Angus Sinclair, secrétaire de l'American Railway Master Mechanics' Association. Traduction et notes par M. A. Mallet. In-8°, 20 p. et pl. Paris, Chaix. (6679)

SOURLIER (A.). — Tables synthétiques et synoptiques pour la construction des poutres en fer à âme pleine avec cornières et semelles. Moments d'inertie, poids et dimensions calculés par A. Sourlier, architecte. In-18, 75 p. Paris, imp. Décembre. (1769)

Trente-sept milles (les) kilomètres des chemins de fer français, algériens et tunisiens, avec la nomenclature méthodique et les distances de trois mille cinq cents stations. In-4° à 2 col., 26 p. Paris, imp. P. Dupont. (5395)

6° *Objets divers.*

Album de statistique graphique de 1887. (Ministère des travaux publics.) Paris, Imprimerie nationale. (1096)

BADOUREAU (A.). — Les Sciences expérimentales en 1889. In-8°, 256 p. avec fig. Paris, maison Quantin. (1229)

CAHEN (A.). — Rapport de la commission nommée par le syndicat des ingénieurs-conseils en matière de propriété industrielle, relatif aux modifications à apporter à la loi du 5 juillet 1844 sur les brevets d'invention. In-8°, 40 p. Paris, Chaix. (Extr. du *Bull. du syndicat des ingénieurs-conseils en matière de propriété industrielle.*) (720)

CHAMPENOIS. — De la responsabilité des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leurs travaux. In-4°, 9 p. Chambéry, Imp. nouvelle. (3191)

COUTURE (J.). — Études sur l'éclairage électrique actuel dans différents pays. Comparaison de son prix avec celui du gaz : à Milan, Rome, Paris, Saint-Étienne, Tours, Marseille et New-York. In-8°, 63 p. Marseille, imp. Cayer. (5185)

DELOR (A.). — La Grève des ouvriers du chemin de fer de Limoges à Brive. In-8°, XVI-535 p. Paris, imp. Levé. (Extr. de *la Réforme sociale.*) (472)

GARBAN (E.). — L'Eau : ses propriétés, ses applications dans l'industrie. Grand in-8°, 319 pages avec gravures dans et hors texte. Paris, Lecène et Oudin. (6556)

GRAFFIGNY (H. de). — Les Progrès de l'industrie humaine depuis l'origine des temps jusqu'à nos jours. Petit in-f°, 292 p. avec grav. Limoges, E. Ardant et Ce. (2624)

Grand Dictionnaire industriel à l'usage de tout le monde. Sciences, arts et métiers, manufactures, mines, agriculture, connaissances générales. Description des nombreux secrets et procédés de l'industrie moderne. Ouvrage accompagné d'un grand nombre de figures intercalées dans le texte, avec la traduction en anglais-allemand-italien-espagnol des mots techniques et usuels, publié par M. E. Lacroix. Avec le concours d'ingénieurs, d'industriels, de professeurs et de savants français et étrangers. T. 1er. A. In-4° à 2 col., XIV-533 p. avec 643 fig. Paris, Lacroix. 15 fr. (5232)

HOUZEAU (L.). — Télégraphe électrique. Guide pratique pour l'emploi de l'appareil Morse. Recherche et relèvement des dérangements, fonctionnement, montage et entretien des piles. 9e *édition*. In-8°, XVI-269 p. avec 117 fig. Paris, imp. Motteroz. 3^f^,50. (1054)

KESSLER (L.). — Projets de modifications à apporter à la législation qui régit les établissement insalubres, dangereux ou incommodes. Rapport et délibération de la chambre de commerce de Clermont-Ferrand, séance du 22 janvier 1889. Projet de loi de M. L. Kessler, de Clermont-Ferrand, appuyé par la chambre syndicale des produits chimiques de Paris (décision prise en séance du 12 décembre 1888). In-8°, 55 p. Clermont-Ferrand, imp. Mont-Louis. (5258)

LECHALAS (G.). — Manuel de droit administratif. Service des ponts et chaussées et des chemins vicinaux. T. Ier. (Notions sur les trois pouvoirs; Personnel des ponts et chaussées; Principes d'ordre financier; Travaux intéressant plusieurs services; Expropriations; Dommages et occupations temporaires.) Grand in-8°, CXLVIII-544 p. Paris, Baudry et Ce. 20 fr. (*Encyclopédie des travaux publics.*) (1936)

LÉVY (M.). — Note sur le niveau des études de l'École centrale des arts et manufactures dans ses rapports avec la nouvelle loi militaire. In-8°, 7 p. Paris, imp. Chaix. (Publications du journal *le Génie civil.*) (579)

Loi sur les accidents du travail. Résumé des vœux émis au congrès des industriels de France dans leurs réunions de juin à décembre 1888. In-4°, 27 p. Paris, imp. Chaix. (583)

MARCEL (C.). — Eclimètre à pendule de poche. In-8°, 7 p. Paris, Parent. (Exposition universelle de 1889.) (5843)

MARCEL (C.). — Goniomètre de poche à collimateurs. In-8°, 8 p. Paris, Parent. (Exposition universelle de 1889.) (5844)

MELON (E.). — Le Gaz, source de lumière, de chaleur et de force, conférence faite le 16 décembre 1888. In-8°, 35 p. Lille, imp. Danel. (Suppl. au *Bull. de la Soc. industrielle du nord de la France.*) (5305)

Nivellement général de la France. Réseau fondamental. Instructions préparées par le comité du nivellement pour les opérations sur le terrain. In-8°, 99 p. avec fig. Paris, Baudry et Ce. (Ministère des travaux publics.) (4150)

NOURISSON (P.). — La responsabilité des accidents du travail et le Projet de loi adopté par la Chambre des députés le 10 juillet 1888. In-8°, 64 p. Paris, Larose et Forcel. (864)

POLONCEAU (E.). — Note sur l'éclairage électrique de la ville de Milan. In-8°,12 p. et pl. Paris, Chaix. (Extr. des *Mém. de la Soc. des ing. civils.*) (5354)

RONNA (A.). — Les irrigations. T. Ier : les eaux d'irrigation et les machines. In-8°, XVI-730 pages avec figures. Paris, Firmin-Didot et Ce. (917)

SAILLARD (P.). — Le Gaz à l'eau à l'étranger. (Allemagne, Autriche.) Rapport sur sa production, son prix de revient, ses applications. In-4°, 24 p. Paris, imp. Mayer et Ce. (5895)

WÜNSCHENDORFF (E.). — Traité de télégraphie sous-marine. Historique, composition et fabrication des câbles télégraphiques, immersion et réparation des câbles sous-marins, essais électriques, recherches des défauts, transmission des signaux, exploitation des lignes sous-marines. Gr. in-8°, X-560 p. avec 460 grav. dans le texte. Paris, Baudry et Ce. 40 fr. (142)

YVES-GUYOT. — Discours de M. Yves-Guyot, à la séance de la Chambre des députés du 4 février 1889, sur l'article 4 du projet de loi concernant le travail des enfants, des filles mineures et des femmes dans les établissements industriels. In-4° à 3 col., 7 pages. Paris, imp. des journaux officiels. (Extr. du *Journal officiel.*) (2776)

OUVRAGES ANGLAIS.

1° *Mathématiques pures.*

ALLMAN (G.-J.).— Greek Geometry : From Thales to Euclid. Dublin, Hodges. Longmans. 13^f^,15.

BALL (W.-W-.R.) — A History of the Study of Mathematics at Cambridge. In-8°, 260 p. Cambridge Warehouse. 7f,50.

CASEY (J.). — A Treatise on Spherical Trigonometry and its Application to Geodesy and Astronomy, with Numerous Examples. In-8°, 180 p. Dublin, Hodges. Simpkin. 6f,25.

COCKSHOTT (A.) and WALTERS (F.-B.). — A Treatise in Geometrical Conics in Accordance with the Syllabus of the Association for the Improvement of Geometrical Teaching. In-8°, 208 p. Macmillan. 6f,25.

DODGSON (C.-L.). — A New Theory of Parallels. Part. I. 2nd ed. In-8°, 90 p. Macmillan. 2f,50.

MC CLELLAND (W.-J.) and PRESTON (T.). — Treatise on Spherical Trigonometry. Pts. 1,2. 1 vol. in-8°. Macmillan. 10f,65.

2° *Physique. — Chimie. — Métallurgie.*

ALLEN (H.). — Commercial Organic Analysis. 2nd ed., Revised and Enlarged. Vol. 3. Part 1. In-8°, 420 p. Churchill. 17f,50.

ANDREWS (T.). — Scientific Papers. With a Memoir by *P. G. Tait* and *A. Crum Brown*. In-8°, 560 p. Macmillan. 22f,50.

AVELING (E.-B.). — Chemistry of the Non-Metallics. In-8°, 210 p. Hughes. 3f,15.

BENEDIKT (R.).— Chemistry of the Coal-Tar Colours. Trans. from the German, and Edit., with Additions, by *E. Knecht*. 2nd ed., Revised and Enlarged. In-8°, 340 p. Bell and Sons. 8f,15.

BLAKESLEY (T.-H.). — Papers on Alternating Currents of Electricity, for use of Students and Engineers. 2nd ed. enlarged. In-8°, 130 p. Whittaker. 5f,65.

BOTTONE (S.-R.). — Electrical Instrument Making for Amateurs. 3nd ed., enlarged by a Chapter on the Telephone, etc. In-12, 180 p. Whittaker. 3f,75.

BRANNT (W-.T.)— Metallic Alloys : A Practical Guide for the Manufacture of all kinds of Alloys, Amalgams, and Solders used by Metal-workers, especially by Bellfounders, Bronze-workers, Tinsmiths, Gold and Silver Workers, Dentists, as well as their Chemical and Physical Properties. Edit., chiefly from the German of A. Krupp and A. Wildberger, with many Additions, by *W. T. Brannt*. In-8°. Low. 15f,65.

CLARKE (F.-W.). — A Table of Specific Gravity for Solids and Liquids. New ed. In-8°. Macmillan. 15f,65.

CROFT'S (A.). — How to Make a Dynamo : A Practical Treatise for

Amateurs. 2nd ed., revised and enlarged. In-8°, 102 p. Lockwood. 2f,50.

EISSLER (M.). — The Metallurgy of Silver : A Practical Treatise on the Amalgamation, Roasting and Lixiviation of Silver Ores; including the Assaying, Melting and Refining of Silver Bullion. With 124 Illusts. In-8°, 350 p. Crosby Lockwood. 13f,15.

—— The Metallurgy of Gold. 2nd ed., enlarged. In-8°, 350 p. Lockwood and Son. 11f,25.

FISCHER (E.). — Exercises in the Preparation of Organic Compounds. Translated from the Second German Edition by *A. Kling*. With a Preface by *W. Dittmar*. In-8°, 74 p. Glasgow, Hodge. Williams and Norgate. 3f,15.

MADAN (H.-G.). — An Elementary Treatise on Heat. With Illusts. In-8°, 474 p. Rivingtons. 11f,25.

MELDOLA (R.). — The Chemistry of Photography. In-8°, 394 p. Macmillan. 7f,50.

MUNRO (J.) and JAMIESON (A.). — A Pocket Book of Electrical Rules and tables for the Use of Electricians and Engineers. 6th ed., Revised and Enlarged. Oblong, 510 p. Griffin. 10f,65.

Practical Iron Founding. By Author of « Pattern Making. » Illust. with over 100 Engravings. In-12, 210 p. Whittaker. 5 fr.

REMSEN (I.). — Inorganic Chemistry. In-8°, 820 p. Macmillan. 20 fr.

RIDEAL (S.) — Practical Organic Chemistry, the Detection and Properties of some of the more Important Compounds. In-18, 154 p. Lewis. 3f,15.

ROSCOE (Sir H.-E.) and SCHORLEMMER (C.). — A treatise in Chemistry. Vol. 2. Metals, part. 2. New and Thoroughly Revised Edition. In-8°, 530 p. Macmillan. 22f,50.

—— —— Vol. 3. The Chemistry of the Hydrocarbons and their Derivatives; or, Organic Chemistry. Part. 3. In-8°, 532 p. Macmillan. 22f,50.

SIEMENS (Sir W.) — Scientific Works : A Collection of Papers and Discussions. Edit by *E.F. Bamber*. 3 vols. In-8°. Murray. Chaque vol. 15 fr.

WANKLYN (J.-A.) and CHAPMAN (E.-T.). — Water analysis : A Practical Treatise on the Examination of potable Water. 7th. ed. In-8°, 214 p. Trübner. 6f,25.

WATT (A.). — Electro-Deposition. 3rd. ed., Revised, Corrected and Enlarged. In-8°, 612 p. Lockwood. 11f,25.

—— Electro-Metallurgy, Practicaly Treated. 9th ed., Enlarged and Revised. With additional Illusts. and including the most Recent Processes. In-12, 280 p. Lockwood. 5 fr.

3° *Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.*

Anderson (J.-W.). — The Prospector's Handbook : A Guide for the Prospector and Traveller in Search of Metal-Bearing or other Valuable Minerals. 4th ed., thoroughly Revised and Enlarged. In-12, 158 p. Lockwood and Son. 4f,40.

Brown (T.). — An Atlas of the Fossil Conchology of Great Britain and Ireland. With Descriptions of all the Species. In-4°. Swan Sonnenschein. 78f,75.

Croll (J.). — Stellar Evolution and its Relation to Geological Time. In-8°, 120 p. Stanford. 6f,25.

Darwin (Ch.). — Journal of Researches into the Natural History and Geology of the Countries Visited During the Voyage of H.M.S. *Beagle* round the World, under the Command of Captain Fitzroy, R.N. (From the Corrected and Enlarged Edition of 1845.) With a Biographical Introduction, Portrait and Illusts. In-8°, xx-381 p. Ward and Lock. 2f,50.

Geological Survey. Memoirs. England and Wales. The Geology of Plashetts and Kielder. Explanation of Quarter-Sheet 108 S. W. New Series, Sheet 7. By *C. T. Clough*. Notes on the Cumberland Portion by *Hugh Miller*. 1f,25.

—— —— Explanatory Memoir to Accompany Sheets 138 and 139 of the Map of the Geological Survey of Ireland. By *Ed. Hull*. With an Account of the Mines by *R. J. Cruise*, and Notes on the Igneous Rocks by *F. H. Hatch*. 2f,50.

Gwinnell (W.-T.). — Geology, in Systematic Notes and Tables, for the use of Teachers and of Taught. With 80 Illusts. and a Geological Map of Great Britain. 2nd ed. In-8°, 96 p. Allman. 3f,75.

London Geological Field Class : Excursions for the Study of the Country round London, under the Direction of Prof. *H. G. Seeley*, during the Summer of 1888. Reported by Members of the Class. With Lithographed Sections. In-8°, 44 p. Philip and Son. 1f,25.

Miller (H.). — Testimony of the Rocks. New ed. Post. In-8°, 458 p. Edimbourg, Nimmo. Simpkin. 4f,40.

New Measure (A) for Old Time : An Easy Method of Finding the Age of the Earth's Sedimentary Crust, etc., etc. By an Amateur. In-8°, 14 p. Newport, I. of W. Gubbins. 0f,25.

Rosenbusch (H.). — Microscopical Physiography of the Roc-kmaking Materials : An Aid to the Microscopical Study of Rocks. Trans. and Abridged for Use in Schools and Colleges by *J. P Iddings*. Illust. by 121 Woodcuts and 26 Plates of Photomicrographs. In-8°. Macmillan. 30 fr.

Thompson (B.) — The Middle Lias of Northamptonshire, considered Stratigraphically, Palæontologically, Economically, as a Source of Water Supply, as a Mitigator of Floods. Reprinted from the *Midland Naturalist*. In-8°, 146 p. Birmingham, Herald Press. Simpkin. 4f,40.

4° *Mécanique. — Exploitation des mines.*

Anderson (W.). — On the Conversion of Heat into Work : A Practical Handbook on Heat Engine. 2nd Revised and Enlarged ed. In-8°, 260 p. Whittaker. 7f,50.

Greenwell (G.-C.). — A Glossary of Terms used in the Coal Trade of Northumberland and Durham. 3rd ed. In-8°. Bemrose. 6f,25.

Hasluck (P.-N.). — The Model Engineer's Handy Book : A Practical Manual on Model Steam Engines, Embracing Information on the Tools, Materials and Processes Employed in their Construction. With upwards of 100 Illusts. In-8°, 140 p. Lockwood and Sons. 2f,50.

Jackson (L.-D.-A.). — Statistics of Hydraulic Works and Hydrology of England, Canada, Egypt and India. In-8°. Thacker. 18f,75.

Jamieson (A.). — A Text-Book of Steam and Steam Engines. 4th ed., with numerous Diagrams, Four Folding Plates and Examination Questions. In-8°, 396 p. Griffin. 9f,40.

Knight (R.). — Practical Boiler Maker, Iron Ship Builder and Mast Maker. 4th ed. In-8°, 160 p. Menken. 6f,25.

Laverty (W.-H.). — The Laws of Motions : An Elementary Treatise on Dynamics. In-8°, 212 p. Rivingtons. 6f,25.

Lock (C.-G.-W.). — Practical Gold Mining : A Comprehensive Treatise on the Origin and Occurrence of Gold-Bearing Gravels, Rocks and Ores, and the Methods by which the Gold is Extracted. With 8 Plates and 27 Engravings in the Text. In-8°, 796 p. Spons. 52f,50.

Mathers (E.-P.). — Golden South Africa; or, The Gold Fields Revisited Being Further Glimpses of the Gold Fields of South Africa. 4th ed. With 5 Maps. In-8°, 389 p. Whittingham. 3f,15.

Peattie (J.). — Steam Boilers : Their Management and Working on Land and Sea. In-8°, 230 p. Spons. 6f,25.

Sawyer (A.-R.). — Miscellaneous Accidents in Mines, with Special Reference to the North Staffordshire Coalfield; their Causes, and the Means of Diminishing their Frequency In-8°, 270 p. Heywood. 31f,25.

Steam-Heating Problems; or, Questions, Answers and Descriptions Relating to Steam-Heating and Steam-Fitting. Illust. In-8°, 233 p. Engineering and Building Record Office. 15f,65.

Traill (T.-W.). — Boilers : Their Construction and Strength. A Handbook of Rules, Formulæ, Tables, etc., relative to Material Scantlings and Pressures, Safety Valves, Springs, Fittings, and Mountings, etc., etc., for use of Engineers, Surveyors, Draughtsmen, Boiler Makers and Steam Users. With Illusts. In-8°, 444 p. C. Griffin and Co. 11f,25.

Williamson (B.) and Tarleton (F.-A.). — An Elementary Treatise on Dynamics; containing Applications to Thermodynamics. With numerous Examples. 2nd ed., Revised and Enlarged. In-8°, 536 p. Longmans. 13f,15.

5° *Constructions. — Chemins de fer.*

Clarke (J. W.) — Plumbing Practice. Illust. In-8°, 368 p. Engineering and Building Record. 10 fr.

Findlay (G.). — The Working and Management of an English Railway. With numerous Illusts. In-8°, 270 p. Whittaker. 9f,40.

Foxwell (E.) and Farrer (T.-C.). — Express trains, English and Foreign : Being a Statistical Account of all the Express Trains of the World, with Railway Map of Great Britain and Europe. In-8°, 162 p. Smith and Elder. 3f,15; av. cartes, 7f,50.

Oliver (H.) and Airey (J.). — Handbook and Appendices of all the Stations, Junctions, Sidings, Collieries, etc., of the Railways in the United Kingdom. 6th ed. In-4°. Oliver and Airey. 0f,95.

Parliamentary. — Railway Accidents. Returns for 1888. 2f,60.

—— —— Continuous Brakes. Returns. July-Dec. 1f,65.

—— —— Servants. Hours of Duty. Return. 0f,65.

6° *Objets divers.*

Billings (J.-S.). — The Principles of Ventilation and Heating, and their Practical Application. 2nd ed., Revised and Corrected. Illust. In-8°, 216 p. Engineering and Building Record Office. 18f,75.

Darwin (Ch.). — The Structure and Distribution of Coral Reefs.

3rd ed., with an Appendix by Prof. *T. G. Bonney.* With Illustrations. In-8°, 350 p. Smith and Elder. 10f,65.

Challenger. — Report on the Scientific Results of the Voyage of H.M.S. *Challenger* during the Years 1873-76. Prepared under the Superintendence of the late Sir *C. Wyville Thomson.* Zoology. Vol. 29. 2 Vols. of Text and Vol. of Plates. 112f,50; Vol. 30, Text and Plates. 112f,50; Vol. 31. 50 fr.

Gas Works Statistics, 1889. Compiled from Special Returns Received from Engineers and Secretaries throughout the United Kingdom. Edit. by *C. W. Hastings.* 11th Annual Issue. In-8°, 104 p. Hazell and Watson. 4f,40.

Marvin (C.). — The Coming Oil Age : Petroleum — Past, Present and Future. With 2 Maps. In-8°, 32 p. R. Anderson and Co. 1f,25.

Swinton (A.-A.-C.). — The Elementary Principles of Electric Lighting. 2nd ed., Enlarged and Revised. In-8°, 40 p. Lockwood. 1f,90.

Wallace (A.-R.). — Darwinism : An Exposition of the Theory of Natural Selection, with some of its Applications. With Portrait, Map and Illusts. In-8°, xvi-494 p. Macmillan. 17f,50.

OUVRAGES AMÉRICAINS.

Egleston (J.). — Catalogue of Minerals and Synonyms Alphabetically Arranged for the Use of Museums. In-8°, 198 p. Washington.

Herrick (Mrs. S.-B.). — The Earth in Past Ages. In-16, 241 p. New-York. 3f,75.

Kimball (J.-P.). — Report of the Director of the Mint upon the production of the precious metals in the United States during the calendar year 1887. Washington. In-8°, 375 p.

Kirwin (T.). — Modern Electricity. What is Electricity? Its Relation to Magnetism; how it is Produced and how Utilised in the Arts. In-16. Boston. 3f,15.

Leffmann (H.-M.-D.) and Beam (W.). — Examination of Water for Sanitary and Technical Purposes. In-12, 106 p. Philadelphie. 8f,15.

Mineral Resources of the United States, Calendar Year 1887. By *D. T. Day.* In-8°, 832 p. Washington.

STETFELDT (C.-A.). — Lixiviation of Silver ores with Hyposulfite solutions, with special reference to the Russell Process. New-York. In-8°, xx-233 p., 2 pl.

STOCKBRIDGE (H.-E.).— Rocks and Soils. In-8°. New-York. 13f,15.

United States Geological Survey. Bulletin No. 40 : Changes in River Courses in Washington Territory due to Glaciation. By *Baily Willis*. In-8°. Washington.

—— Bulletin No. 41 : On the Fossil Faunas of the Upper Devonian. The Genesis Section, New York. By *Henry S. Williams*. In-8°. Washington.

—— Bulletin No. 42 : Report of Work done in the Division of Chemistry and Physics mainly during the Fiscal Year, 1885-86. In-8°. Washington.

—— Bulletin No. 43 : On the Tertiary and Cretaceous Strata of the Tuscaloosa, Tombigbee, and Alabama Rivers. By *E. A. Smith* and *Laurence C. Johnson*. In-8°. Washington.

—— Bulletin No. 44 : Bibliography of North American Geology for 1886. By *Nelson H. Darton*. In-8°. Washington.

—— Bulletin No. 45 : Present Condition of Knowledge of the Geology of Texas. By *Robert T. Hill*. In-8°. Washington.

—— Bulletin No. 46 : The Nature and Origin of Deposits of Phosphate of Lime. By *R. A. F. Penrose*, jun. With an Introduction by *N. S. Shaler*. In-8°. Washington.

—— Bulletin No. 47 : Analysis of Waters of the Yellowstone National Park. With an Account of the Methods of Analysis Employed. By *Frank Austin Gooch* and *James Edward Whitfield*. In-8°. Washington.

WENTWORTH (G.-A.), MC LELLAN (J.-A.) and GLASHAN (J.-C.).— Algebraic Analysis : Solutions and Exercises illustrating the Fundamental Theorems and the most Important Processes of Pure Algebra. Part I. In-12, 418 p. Boston. 5f,65.

OUVRAGES ALLEMANDS.

1° *Mathématiques pures*.

DISTELLI (M.). — Die Steiner'schen Schliessungsprobleme nach darstellend geometrischer Methode. Leipzig, Teubner. In-8°, XII-124 p. av. 10 pl. lith. 5 fr. (146)

FUHRMANN (A.). — Naturwissenschaftliche Anwendung der Differentialrechnung. Berlin, Ernst und Korn. In-8°, XII-148 p. av. 28 fig. 3f,75. (151)

GOLDSCHEIDER (F.). — Das Reziprozitätsgesetz der achten Potenzreste. Berlin, Gaertner. In-4°, 29 p. 1f,25. (2176)

HAENTZSCHEL (E.). — Beitrag zur Theorie der Funktionen des elliptischen und des Kreiscylinders. Berlin, Gaertner. In-4°, 20 p. 1f,25. (2179)

HAHN (H.). — Eulers Methode der Parameterdarstellung algebraischer Kurven. Berlin, Gaertner. In-4°, 32 p. 1f,25. (2178)

JOHANNES (J.). — Die rationalen Raumkurven 6. Ordnung, erzeugt durch geometrische Transformation aus einem Kegelschnitte. Tübingen, Fues. In-8°, 31 p. av. 1 pl. 1f,25. (506)

KUGLMAYR (L.). — Ueber Spiralen und deren Tangierungs-Problem. Vienne, Spielhagen und Schurig. In-8°, V-186 p. av. 13 pl. autogr. 8f,75. (1202)

LASKA (W.) — Sammlung von Formeln der reinen und angewandten Mathematik. 1. Lfg. Braunschweig, Vieweg und Sohn. In-8°, VII-295 p. 8f,75. (Paraîtra en 3 livraisons). (159)

LEUCH (S.-R. A.).— Erzeugung und Untersuchung einiger ebenen Curven höherer Ordnung. Berne. In-8°, 58 p. av. fig. et 13 pl. 2f,50. (510)

MEISSEL (E.). — Tafel der Bessel'schen Functionen 1 k^0 und 1 k^1, von $k = 0$ bis $k = 15.5$ berechnet. (Extr. des *Abhandl. d. k. preuss. Akad. d. Wissenschaft zu Berlin.*) Berlin, G. Reimer. In-4°, 23 p. 2f,50. (965)

MICHAELSEN (A.). — Der logarithmische Grenzfall der hypergeometrischen Differentialgleichung n-Ordnung. Kiel, Lipsius und Tischer. In-8°, 21 p. 1f,50. (1349)

OHNESORGE (A.). — Hyperelliptische Integrale und Anwendung auf Probleme der Mechanik. Berlin, Gaertner. In-4°, 24 p. 1f,25. (2190)

REIFF (R.). — Geschichte der unendlichen Reihen. Tübingen, Laupp. In-8°, V-212 p. 6f,25. (2194)

STEINHAUSER (A.). — Die Lehre von der Aufstellung empirischer Formeln mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate, für Mathematiker, Physiker, Techniker bearbeitet. Leipzig, Teubner. In-8°, V-292 p. av. 15 fig. 10 fr. (1794)

WAGNER (K.). — Ueber die Bewegung einer inkompressibeln Flüssigkeit, welche begrenzt von 2 in gegebener Rotation befindlichen Flächen. Stuttgart. In-8°, 70 p. 2 fr. (2204)

WOLF (M.). — Die Differentialgleichung der mittleren Anomalie

und die Wahrscheinlichkeit der Convergenz in der Darstellung ihres Integrals. Heidelberg, C. Winter. In-8°, III-46 p. 2 fr. (1798)

2° *Physique. — Chimie. — Métallurgie.*

Brester (A.) — Essai d'une théorie du soleil et des étoiles variables. Delft. In-8°, VI-48 p. 1f,90. (1766)

Burchard (O.). — Oxydation des Jodwasserstoffes durch die Sauerstoffsäuren der Salzbilder. Hambourg. Tübingen, Fues. In-8°, 66 p. av. 6 pl. 2f,75. (499)

Calm (A.) und K. Buchka. — Die Chemie des Pyridins und seiner Derivate. 1. Lfg. Braunschweig, Vieweg und Sohn. In-8°, 240 p. 10f,65. (1767)

Dörken (C.). — Ueber Derivate des Diphenylphosphorchlorürs. Aix-la-Chapelle. Tübingen, Fues. In-8°, 47 p. 1f,25. (502)

Dürre (E.-F.). — Die Anlage und der Betrieb der Eisenhütten. 31. Lfg. Leipzig, Baumgärtner. In-4°. III. Bd., p. 489-560 av. environ 120 pl. et nombreuses fig. 7f,50. (368)

Erlenmeyer (E.). — Lehrbuch der organischen Chemie. Redigirt von *O. Hecht*. Livr. 6-8. Leipzig, C. F. Winter. In-8°, 1re partie, t. II, VIII-XIX p. et p. 209-1030. 22f,50. La 1re partie complète. 45 fr. (2171)

Exner (F.). — Vorlesungen über Elektricität, gehalten an der Universität zu Wien. Vienne, Deuticke. In-8°, VII-450 p. 17f,50. (150)

Fuchs (F.). — Ueber das Verhalten einiger Gase zum Boyle'schen Gesetze bei niedrigen Drucken. Leipzig. Tübingen, Fues. In-8°, 23 p. av. 1 pl. 1f,25. (503)

Grünwald (A.). — Spectralanalyse des Kadmiums. (Extr. des *Sitzungsber. d. k. Akad. der Wissenschaften.*) Vienne, Tempsky. In-8°, 78 p. 1f,65. (957)

Günther (S.). — Die Meteorologie. ihrem neuesten Standpunkte gemäss und mit besonderer Berücksichtigung geographischer Fragen dargestellt. Munich, Th. Ackermann. In-8°, VIII-304 p. av. 71 fig. 6f,75. (153)

Handwörterbuch (neues) der Chemie. Auf Grundlage des von Liebig, Poggendorff und Wöhler, Kolbe und Fehling herausgegebenen Handwörterbuchs der reinen und angewandten Chemie und unter Mitwirkung von Baumann, Bunsen, Fittig, etc. bearbeitet u. redigirt von *Hm. v. Fehling*, fortgesetzt von *C. Hell*. 61. Lfg. Braunschweig, Vieweg und Sohn. In-8°. V. Bd. p. 705-800, av. fig. Chaque livraison 3 fr. (154)

Hann (J.). — Untersuchungen über die tägliche Oscillation des Barometers. (Extr. des *Denkschr. d. k. Akad. der Wissenschaften.*) Vienne, Tempsky. In-4°, 73 p. 5 fr. (1777)

Hoffmann (C.). — Beitrag zur Kenntniss der (4) Nitro-Isophthalsäure. Fribourg en Brisgau. Baden-Baden, Spies. In-8°, 39 p. 1f,50. (958)

Jannasch (F.). — Gesammelte chemische Forschungen. I. Bd. Göttingen, Vandenhoeck und Ruprecht. In-8°, X-269 p. 6f,25. (960)

Kayser (H.) und C. Runge. — Ueber die Spectren der Elemente. (Extr. des *Abhandl. d. k. preuss. Akad. d. Wissenschaften.*) Berlin, G. Reimer. In-4°, 93 p. av. 7 pl. 7f,50. (156)

Kiessling (J.). — Untersuchungen über Dämmerungserscheinungen zur Erklärung der nach dem Krakatau-Ausbruch beobachteten atmosphärisch-optischen Störung. Hambourg, Voss. In-4°, VII-172 p. av. 9 pl. color., 4 cartes et 8 fig. 45 fr. (508)

Krause (H.). — Ueber Absorption und Condensation von Kohlensäure an blanken Glasflächen. Halle. Leipzig, Fock. In-8°, 81 p. av. 12 pl. 2f,50. (961)

Lehmann (O.). — Molekularphysik mit besonderer Berücksichtigung mikroskopischer Untersuchungen und Anleitung zu solchen, sowie einem Anhang über mikroskopische Analyse. II. Bd. Leipzig, Engelmann. VI-697 p. 25 fr. (964)

Marquardt (A.). — Ueber Verbindungen des Wismuths mit den Alkoholradikalen. Aix-la-Chapelle. Tübingen, Fues. In-8°, 44 p. 1f,25. (512)

Meyer (L.) und K. Seubert. — Das natürliche System der Elemente. Nach den zuverlässigsten Atomgewichswerthen zusammengestellt. Leipzig, Breitkopf und Härtel. In-fol. 1f,90. (1348)

Nies (F.). — Ueber das Verhalten der Silicate beim Uebergange aus dem gluthflüssigen in den festen Aggregatzustand. Stuttgart, Schweizerbart. In-8°, 52 p. 1f,25. (165)

v. Niessl (G.). — Ueber das Meteor vom 22. April 1888. (Extr. des *Annalen d. k. k. naturhist. Hofmuseums.*) Vienne, Hölder. In-8°, 26 p. 2 fr. (2189)

Ostwald (W.). — Ueber die Affinitätsgrössen organischer Säuren und ihre Beziehungen zur Zusammensetzung und Constitution derselben. (Extr. des *Abhandl. d. k. sächs. Gesellsch. der Wissenschaften.*) Leipzig, Hirzel. In-8°, 149 p. 6f,25. (968)

Plath (G.). — Ueber β'-Aethyl-α-Stilbazol und einige seiner De-

rivate. Kiel, Gnevkow und v. Gellhorn. In-8°, 73 p. 3f,15. (2192)

Reusch (H.). — Zur Kenntnis des Chinolins. Tübingen, Fues. In-8°, 35 p. 1f,25. (2196)

Reverdin (T.) et E. Noelting. — Sur la constitution de la naphtaline et de ses dérivés. (Extr. du *Bull. de la Soc. industrielle de Mulhouse.*) Mulhouse, Detloff. In-8°, 76 p. av. pl. 7f,50. (171)

Rymsza (A.). — Ein Beitrag zur Toxikologie der Pikrinsäure. Dorpat, Karow. In-8°, 134 p. 2f,50. (2199)

Schorlemmer (C.). — Der Ursprung und die Entwickelung der organischen Chemie. Braunschweig, Vieweg und Sohn. In-8°, VII-199 p. 6f,25. (2202)

Singer (K.). — Temperaturmittel für Süddeutschland. Munich, Th. Ackermann. In-4°, 65 p. 3f,75. (1793)

Tiemann (E.) und A. Gärtner. — Die chemische und mikroskopisch-bakteriologische Untersuchung des Wassers. 1. Lfg. Braunschweig. In-8°, 352 p. av. fig. et 10 pl. 9f,40. (176)

Thoma (M.). — Ueber die Absorption von Wasserstoff durch Metalle. Munich, Kaiser. In-8°, III-64 p. av. 3 pl. 2 fr. (524)

Vortmann (G.). — Anleitung zur chemischen Analyse organischer Stoffe. 1. Hälfte. Vienne, Deuticke. In-8°, 170 p. av. fig. et tabl. 5 fr. (1797)

3° *Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.*

Diener (C.). — Geologische Studien im südwestlichen Graubünden. (Extr. des *Sitzungsber. d. k. Akad. der Wissenschaften.*) Vienne, Tempsky. In-8°, 45 p. av. 4 pl. et 3 fig. 2f,75. (501)

Ehrenburg (K.). — Die Inselgruppe von Milos. Versuch einer geologisch-geographischen Beschreibung der Eilande Milos, Kimolos, Polivos und Erimomilos auf Grund eigener Anschauung. Leipzig, Fock. In-8°, VIII-120 p. avec 2 cartes. 5f,65. (2170)

Haman (O.). — Beiträge zur Histologie der Echinodermen. 4. Heft. Iéna, Fischer. In-8°, VII-160 p. av. 12 planches et 2 fig. (fin). 17f,50. (1338)

Jacobi (G.-H.). — Der Mineralog Georgius Agricola und sein Verhältnis zur Wissenschaft seiner Zeit. Werdau, Anz. In-8°, 72 p. 1f,50. (959)

Jerofeieff (M.) und P. Latschinoff. — Der Meteorit von Nowo-Urei. (Extr. des *Verhandl. d. russ. k. mineral. Gesellschaft.*) St. Pétersbourg, Eggers und Co. In-8°, 34 p. av. 3 fig. et 3 pl. phototyp. 7f,50. (2180)

Martini und Chemnitz. — Systematisches Conchylien-Cabinet. In Verbindung mit Philippi, L. Pfeiffer, Dunker etc. neu herausgegeben und vervollständigt von *H. C. Küster*, nach dessen Tode fortgesetzt von *W. Kobelt*. Livraisons 360-365. Nüremberg, Bauer und Raspe. In-4°, 168 p. av. 35 pl. color. Chaque livraison 11f,25. (161)

—— —— Sect. 117 et 118. Nüremberg, Bauer und Raspe. In-4°, 140 p. av. 39 pl. color. Chaque section 33f,75. (162)

Oudemans (J.T-.). — Beiträge zur Kenntniss des Chiromys Madagascariensis Cuv. Amsterdam. In-4°, 2-32 p. av. 3 planch. 3f,15. (1352)

Pohlig (H.). — Monographie der Elephas antiquus Falc. führenden Travertine Thüringens, ihrer Fauna und Flora. I. Stück : Monographie der Elephas antiquus Falc. mit Beiträgen über Elephas primigenius Blum und Elephas meridionalis Nesti. 1. Abschn. (Extr. des *Nova Acta d. k. Leop. Carol. deutsch. Akad. der Naturforscher.*) Halle. Leipzig, Engelmann. In-4°, 280 p. av. 10 pl. et 110 fig. 31f,25. (519)

Quenstedt (F.-A.). — Die Ammoniten des schwäbischen Jura. 18.—21. Heft. Stuttgart, Schweizerbart. In-8°, p. 945—1016, av. 12 pl. III. Bd. : Der weisse Jura. p. 1017—1140, av. atlas de 12 pl. in-fol. (Fin). Chaque fascicule 25 fr. (168)

4° *Mécanique. — Exploitation des mines.*

Fritsche (W.). — Die Gleichstrom-Dynamomaschine. Ihre Wirkungsweise und Vorausbestimmung. Berlin, Springer. In-8°, VIII-104 p. av. 105 fig. 5 fr. (2049)

Lübeck (G.). — Die Umformung einer elastischen Kugel durch Zusammendrücken zwischen zwei horizontalen und starren, glatten oder rauhen Ebenen. Berlin, Gaertner. In-4°, 27 p. 1f,25. (2183)

v. Miller-Hauenfels (A.-R.). — Richtigstellung der in bisheriger Fassung unrichtigen mechanischen Wärmetheorie und Grundzüge einer allgemeinen Theorie der Aetherbewegungen. Vienne, Manz. In-8°, XV-256 p. 6 fr. (1787)

Rausenberger (O.). — Lehrbuch der analytischen Mechanik. II. Bd. Mechanik der zusammenhängenden Körper. Leipzig, Teubner. In-8°, VI-335 p. av. fig. (Fin). 10 fr. (169)

Riedler (A.). — Unterirdische Wasserhaltungsmaschinen mit gesteuerten Ventilen. (Extr. de la *Zeitschr. d. Vereins deuts-*

cher Ingenieure.) Berlin. Freiberg, Craz und Gerlach. In-4°, 24 p. av. 43 fig. 1f,90. (1633)

v. Taborsky (O.). — Construction und Betrieb der Locomobilen. Vienne, Hartleben. In-8°, xiv-487 p. av. 306 fig. 11f,25. (1217)

Tecklenburg (T.). — Handbuch der Tiefbohrkunde. III. Bd. Das Diamantbohrsystem. Leipzig, Baumgärtner. In-8°, viii-153 p. av. 35 fig. et 30 pl. 17f,50. (2464)

Velde (W.). — Ueber einen Spezialfall der Bewegung eines Punktes, welcher von festen Centren angezogen wird. Kiel, Lipsius und Tischer. In-4°, 26 p. 2 fr. (1362)

Zincken (C.). — Die Cännelkohle. (Extr. de l'*Oestr. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen.*) Leipzig, Montanist. Verlag. In-4°, 59 p. 7f,50. (812)

5° *Constructions.*

Barkhausen (G.). — Die Forth-Brücke. (Extr. de la *Zeitschr. d. Vereins deutscher Ingenieure.*) Berlin, Springer. In-4°, iii-30 p. av. fig. et 9 pl. 10 fr. (1191)

Rebber (W.) und A. Pohlhausen. — Construction der Maschinen-Elemente. I. u. II. Tl. Mittweida, Polytechn. Buchhandlung. In-fol, 25 et 16 pl. 12f,50. (1210)

6° *Objets divers.*

Handbuch der Ingenieurwissenschaften. IV. Bd. Die Baumaschinen. Unter Mitwirkung von *L. Franzius* herausgegeben von *F. Lincke*. III. Abtlg. 5. Lfg. Leipzig, Engelmann. In-8°, ix-146 p. av. 78 fig. et 3 pl. 6f,25. (1625)

Hartmann (K.). — Die Pumpen. Berlin, Springer. In-8°, vii-583 p. av. 585 flg. et 6 pl. 20 fr. (1198)

Reinhertz (C.). — Die Verbindungs-Triangulation zwischen dem rheinischen Dreiecksnetze der europäischen Gradmessung und der Triangulation des Dortmunder Kohlenreviers der Landesaufnahme, ausgeführt von der preussischen Katasterverwaltung in den Jahren 1881 bis 1883. Dargestellt, besprochen und durch Beispiele erläutert. Stuttgart, Wittwer. In-8°, viii-85 p. av. 6 fig., 1 carte et 3 tabl. 6f,25. (2195)

OUVRAGES RUSSES.

Gorbanoff (P.-A.). — Sur les mouvements oscillatoires et sur les phénomènes de l'élasticité. (En russe). St-Pétersbourg. In-8°, 39 p. 2f,50.

Tcherskij (J.). — Exploration géologique de la route postale de Sibérie. (En russe). St-Pétersbourg. In-8°, 145 p. 7f,50.

Tutkoffski (P.). — Minéralogie. Physiographie des minéraux en tableaux synoptiques. Livr. 1 et 2. Kieff. In-8°, 200 p. 12f,50.

OUVRAGES ITALIENS.

1° *Mathématiques pures.*

Amodeo (F.). — Fasci di omografie binarie e rappresentazione geometrica degli elementi immaginarî. Naples, B. Pellerano. In-8°, 6 p. (Extr. du *Giornale di matematiche.*) (1550)

—— Sugli elementi uniti reali delle omografie ternarie. Naples, B. Pellerano. In-4°, 8 p. (Extr. du même recueil.) (2934)

Arzelà (C.). — Sugli integrali di funzioni che oltre alla variabile d' integrazione contengono altre variabili : nota. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-8°, 9 p. (Extr. du *Rendiconto d. sessioni d. r. accademia d. scienze dell' istituto di Bologna.*) (276)

Axenfeld (D.) — Intorno all' origine delle nozioni di spazio : discorso letto il giorno 10 novembre 1888 per l' inaugurazione degli studî nella università di Camerino. Camerino, tip. Savini. In-8°, 33 p. (3328)

Azzarelli (M.). — Generalizzazione del problema delle mediane di un triangolo rettilineo : nota. Rome, tip. delle Scienze matematiche et fisiche. In-4°, 14 p. (Extr. des *Atti dell' accad. pontif. de' Nuovi Lincei.*) (3329)

Benucci (D.). — La geometria trascendentale e lo spazio metageometrico. Corigliano Calabro, tip. Regina Margherita. In-16, 84 p. 1 fr. (4339)

Castelnuovo (G.). — Geometria sulle curve ellittiche : note. Tu-

rin, E. Loescher. In-8°, 21 p. (Extr. des *Atti d. r. accad. d, scienze di Torino.*) (1136)

—— Ricerche di geometria sulle curve algebriche. Turin, E. Loescher. In-8°, 30 p. (Extr. du même recueil.) (5370)

Crescini (E.). — Sul moto di una sfera che rotola su di un piano fisso : nota. Rome, tip. della r. Accademia dei Lincei. In-4°, p. 204-209. (Extr. des *Rendiconti d. r. accad. dei Lincei.*) (552)

Favaro (A.). — Sulla *Bibliotheca matematica* di Gustavo Eneström. Quarta comunicazione. Venise, tip. Antonelli. In-8°, 7 p. (Extr. des *Atti del r. istit. veneto di scienze, lettere ed arti.*) (1554)

Grandi (L.). — Logaritmi e loro applicazioni alle regole di interesse. Turin, G. B. Paravia e C. In-8°, 35 p. 1 fr. (4342)

Lami (P.). — Sulla divisibilità della cicloide in parti uguali : nota. Forlì, tip. L. Bordandini. In-8°, 4 p. av. planche. (5374)

Loria (G.). — I poligoni di Poncelet : discorso pronunziato nell' università di Genova in occasione del solenne accoglimento a dottore aggregato della facoltà di scienze. Turin, G. B. Paravia e C. In-8°, 50 p. 3 fr. (3845)

Memme (F. de). — Relazione geometrica fra il tetraedro regolare e il tetracisesaedro : nota. Gênes, tip. A. Ciminago. In-8°, 6 p. av. planche. (Extr. du *Giornale d. soc. di letture e conversazioni scientifiche.*) (1970)

Ovidio (E. d'). — Il covariante steinerario di una forma binaria del sesto ordine. Turin, E. Loescher. In-8°, 15 p. (Extr. des *Atti d. r. accad. d. scienze di Torino.*) (1147)

Paladini (B.). — Sul moto di rotazione di un corpo rigido attorno ad un punto fisso. Pise, tip. T. Nistri e C. In-8°, 62 p. (Extr. du *Giornale d. scuola normale di Pisa.*) (1559)

Pierantoni (V.). — Sulla cissoide di Diocle : nota prima (Principali proprietà metriche e descrittive). Naples, tip. Lanciano e D' Ordia. In-8°, 32 p. av. fig. (3847)

—— Variazioni del semiparametro, nodo ed inclinazione dell' orbita ellittica di un pianeta perturbaro. Naples, tip. Lanciano e D' Ordia. In-8°, 24 p. (3848)

Pirondini (G.). — Sugli inviluppi di piani e di sfere : memoria. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 45 p. (Extr. des *Memorie d. r. accad. d. scienze dell' istituto di Bologna.*) (3849)

Razzaboni (A.). — Delle superficie sulle quali due serie di geodetiche formano un sistema conjugato : nota. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 14 p. (Extr. du même recueil.) (5376)

Ruffini (F. P.). — Di alcune proprietà delle coniche conjugate :

memoria letta alla r. accademia delle scienze dell' istituto di Bologna nella sessione dell' 11 novembre 1888. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 40 p. (Extrait du même recueil.) (1150)

Saporetti (A.). — Secondo metodo analitico della determinazione dell' equazione del tempo : memoria. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 7 p. (Extr. du même recueil.) (3850)

v. Staudt (G.-C.-C.). — Geometria di posizione. Traduzione dal tedesco a cura del dott. *M. Pieri*, preceduta da uno studio del prof. *C. Segre* sulla vita e le opere del Von Staudt. Turin, fr. Bocca. In-8°, xxviij-233 p., av. portrait. 8 fr. (1151)

Valle (G.). — L'equazione modulare nella trasformazione delle funzioni ellittiche : nota. Turin, E. Loescher. In-8°, 18 p. (Extr. des *Atti d. r. accad. d. scienze di Torino.*) (5381)

2° *Physique. — Chimie. — Métallurgie.*

Alessandri (P.-E.). — Studî sopra i composti cupro-ammonici. Rome, tip. alle Terme Diocleziane. In-8°, 32 p. (Extr. du *Bollettino farmaceutico.*) (3326)

Belloc (L.). — Terminologia elettrica : vocabolario italiano, francese, tedesco, inglese dei vocaboli attinenti all' elettricità e sue applicazioni. Turin, tip. G. Bruno e C. In-8°, 63 p. 2 fr. (2936)

Bertoni (G.) e L. Fritsch. — Sulla tecnica della preparazione dell' idrossilamina del fulminato di mercurio : nota. Rome, tip. alle Terme Diocleziane. In-8°, 7 p. (Extr. du *Bollettino farmaceutico.*) (1960)

Cantoni (L.). — Su alcuni eteri composti aromatici. Milan, tip. Patronato. In-8°, 3 p. (2389)

Cavazzi (A.) e A. Ferratini. — Sui fluosiliciuri d'alcuni alcaloidi ; nota. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 6 p. (Extr. des *Mem. d. r. accad. d. scienze dell' istit. di Bologna.*) (3334)

Chistoni (C.). — Sulla temperatura della neve a diverse profondità e sulla temperatura degli strati d'aria prossimi alla neve. Modène, tip. Vincenzi. In-4°, 18 p. (Extr. du *Bollett. d. stazione agraria di Modena.*) (3335)

Egidi (G.). — Sulla correlazione tra le oscillazioni dei pendoli e l'intensità del vento : nota. Rome, tip. delle Scienze matematiche et fisiche. In-4°, 17 p. (Extr. des *Atti dell' accad. pontif. de' Nuovi Lincei.*) (3337)

Franceschi (G.-B.). — Azione dell' acido solforico sul sublimato

corrosivo : memoria. Rome, tip. alle Terme Diocleziane. In-8°, 3 p. (Extr. du *Bollettino farmaceutico.*) (1966)

Gabba (L.). — Manuale del chimico e dell' industriale : raccolta di tabelle, dati fisici e chimici, ad uso dei chimici analitici e tecnici, degli industriali, dei fabbricanti di prodotti chimici, degli studenti di chimica, ecc. Milan, U. Hoepli. In-16, xij-354 p. (1207)

Gigli (T.). — Sulla presenza dell' acqua ossigenata nell' etere solforico : nota. Rome, tip. alle Terme Diocleziane. In-8°, 3 p. (Extr. du *Bolletino farmaceutico.*) (1967)

Grassi (F.). — L'autotelemeteorografo dell' abate professore Luigi Cerebotani. Milan, s. tip. In-16, 14 p. av. fig. (281)

Grimaldi (G.-P.). — Influenza della tempera sulle proprietà termoelettriche del bismuto : ricerche. Turin, E. Loescher. In-8°, 22 p. av. planche. (Extr. des *Atti d. r. accad. d. scienze di Torino.*) (4868)

Luvini (J.). — Cyclones et trombes : observations et expériences. Turin, J. B. Paravia et C. In-8°, 7 p. av. fig. (Extr. de la *Lumière électrique.*) (1142)

—— Cyclones et trombes. Turin, J. B. Paravia et C. In-8°, 8 p. (Extr. du même recueil.) (1556)

—— Les trombes dans les eaux de la mer : une prière aux marins. Turin, J. B. Paravia et C. In-8°, 4 p. (Extr. du même recueil.) (1557)

Maissen (P.) e E. Rossi. — Sulla determinazione dell' acido fosforico coll' impiego del metodo di Glaser. Modène, tip. Vincenzi. In-8°, 3 p. (Extr. du *Bollett. d. stazione agraria di Modena.*) (3448)

—— —— Sulla determinazione dell' azoto per mezzo della magnesia nel fosfato ammonico-magnesiaco. Modène, tip. Vincenzi. In-8°, 4 p. (Extr. du même recueil.) (3449)

—— —— Analisi chimiche eseguite durante l'anno 1888 nel laboratorio chimico della r. stazione agraria di Modena. Modène, tip. Vincenzi. In-8°, 59 p. (Extr. du même recueil.) (5475)

Morelli (E.). — Elettrometro ad emicicli : teoria ed applicazioni, come wattometro, voltometro ed amperometro per correnti continue ed alternative : nota. Turin, E. Loescher. (Extr. des *Atti d. r. accad. d. scienze di Torino.*) (1145)

Naccari (A.). — Sull' azione difensiva dei parafulmini : nota. E. Loescher. In-8°, 6 p. (Extr. du même recueil.) (1146)

—— Azioni delle scintille elettriche sui conduttori elettrizzati : nota. Turin, E. Loescher. In-8°, 10 p. (Extr. du même recueil.) (4871)

Palagi (F.). — La neve granulare e la teoria della formazione della grandine. Florence, tip. S. Landi. In-8°, 3 p. (Extr. de la *Rivista scientifica industriale.*) (1148)

Roster (G.). — L'acido carbonico dell' aria e del suolo di Firenze : indagini sistematiche eseguite nel 1886. Florence, tip. succ. Le Monnier. In-8°, 98 p. av. fig. et 16 pl. (1971)

Stefanini (A.). — Sulla legge di oscillazione del diapason e sulla misura dell' intensità del suono. Lucca, tip. Giusti. In-8°, 94 p. (Extr. des *Atti d. r. accad. lucchese di scienze, lettere ed arti.*) (4346

Trottarelli (G.). — Le acque minerali dell' Aspio. Terni, tip. M. Ceccarelli. In-8°, 53 p. (4350)

Volta (A.) e R. Penso. — Commentario teorico-sperimentale di macchine ed apparecchi elettrici, con elenchi degli apparecchi in vendita presso la società elettrica industriale franco-italiana. Milan, *l'Elettricità* (tip. A. Guerra). In-8°, 366 p. av. fig. 3 fr. (4878)

3° *Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.*

Acqua (C.). — Nuova contribuzione allo studio dei cristalli di ossalato di calcio nelle piante. Gênes, tip. A. Ciminago. In-8°, 27 p. av. planche. (Extr. de la *Malpighia.*) (4861)

Amighetti (A.). — Nuove ricerche sui terreni glaciali dei dintorni del lago d'Iseo. Lovere, M. Ghitti et G. Amighetti. In-16, 164 p. 1f,50. (4338)

Bertelli (T.). — Riassunto di alcuni concetti teorici e pratici risguardanti la sismologia, esposti nel congresso geologico di Savona nel settembre 1887. Rome, tip. delle Scienze matematiche e fisiche. In-4°, 10 p. (Extr. des *Atti dell' accad. pontif. de' Nuovi Lincei.*) (3332)

Bombicci (L.). — Sulla lucentezza e striatura liscia della superficie nelle salbande dei filoni metalliferi e nelle rocce scagliose : nota. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 12 p. av. planche. (Extr. des *Memorie d. r. accad. d. scienze dell' istituto di Bologna.*) (277)

—— Sul giacimento e sul tipo litologico della roccia oligoclasite di Monte Cavaloro (Bolognese), appunti ad una memoria del sig. ing. Carlo Viola intitolata « Fisiografia dell' oligoclasite

(Bombicci) » : memoria. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 16 p. av. 2 pl. (Extr. du même recueil.) (5367)

Capellini (G.). — Cenno storico intorno allo studio dei foraminiferi microscopici in Italia, letto alla reale accademia delle scienze dell' istituto di Bologna nella sessione del 9 dicembre 1888. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-8°, 9 p. (Extr. du *Rendiconto d. sessioni d. r. accad. d. scienze dell' istitudo di Bologna.*) (1135)

Ciofalo (S.) e A. Battaglia. — Sull' *Ippopotamus Pentlandi* delle contrade d'Imera : memoria. Termini-Imerese, tip. fr. Amore. In-4°, 27 p. (280)

Gatta (L.). — A proposito del terremoto ligure del 1887. Rome, Soc. geogr. italiana. In-8°, 16 p. (Extr. du *Bollett. d. soc. geograf. italiana.*) (3844)

Giovannozzi (G.). — Il terremoto del 14 novembre 1887 in Firenze : nota. Rome, tip. delle Scienze matematiche e fisiche. In-4°, 7 p. av. planche. (Extr. des *Atti dell' accad. pontif. de' Nuovi Lincei*). (3338)

Jorio (F. di). — La meccanica celeste ed il terremoto : rapporti dinamici dedotti dal calcolo sulle teorie di Newton. Campobasso, tip. Jamiceli. In-4°, 19 p. (5373)

Marco (G. de). — Monte Cassino illustrato nei tre regni della natura, con altre descrizioni risguardanti lo stesso luogo. Vol. I. Naples, tip. dell' Unione. In-8°, 216 p. av. planche, 3 fr. (3846)

Memorie per servire alla descrizione della carta geologica d'Italia, pubblicate a cura del r. comitato geologico del regno. Vol. III, parte II. Florence, tip. G. Barbèra. In-4°, p. vij-227, av. fig. et 16 pl. 15 fr. (*Meneghini* (*G.*). Paleontologia dell' Iglesiente in Sardegna ; fauna cambriana : trilobiti. — *Canavari* (*M.*). Contribuzione alla fauna del Lias inferiore di Spezia.) (704)

Meschinelli (L.). — Studio sulla flora fossile di Monte Piano. Padoue, tip. Prosperini. In-8°, 31 p. (Extr. des *Atti. d. soc. veneto-trentina di scienze naturali*). (2941)

Negri (G.-B.). — Note cristallografiche. Padoue, tip. fr. Salmin. In-8°, 6 p. av. fig. (Extr. de la *Rivista di mineralogia e cristlografia italiana.*) (3342)

Pischl (A.). — Notizie geologiche del Trentino : lettera. Rovereto, tip. Grigoletti. In-8°, 11 p. (5375)

Provenzali (F.-S.). — Se lo scambio di elettrico fra l'atmosfera e la terra possa esser causa immediata di terremoto : memoria. Rome, tip. delle scienze matem. e fisiche. In-4°, 15 p. (Extr. des *Atti dell' accad. pontif. de' Nuovi Lincei*). (3343)

Rossi (M.-S. de). — Il tromometro normale del Bertelli nella esposizione vaticana : nota. Rome, tip. delle scienze mathematiche e fisiche. In-4°, 8 p. (Extr. du même recueil.) (3345)

Sacco (F.). — Sopra due tracciati per un tronco della linea ferroviaria Torino-Chieri-Piovà-Casale : osservazioni geologiche. Turin, tip. Guadagnini e Candellero. In-8°, 11 p. (5379)

Squinabol (S.). — Cenno preliminare sulla flora fossile di Santa Giustina. Gênes, tip. dell' istit. Sordomuti. In-8°, 4 p. (Extr. des *Annali d. museo civ. di storia nat. di Genova.*) (4877)

Storia naturale : storia della formazione della terra; L' uomo; Le razze umane, loro usi et costumi; Vita delle piante. Disp. 1-3. Turin, Unione tipografico-editrice. In-8°, p. 1-96, 1-48, av. 3 pl. 1^{f},20 la livraison, (285)

Trabucco (G.). — Fossili del bacino pliocenico di Rio Orseco (Carpeneto) : memoria preliminare. Côme, tip. A. Freiburger e C. In-8°, 40 p. av. planche. (1561)

—— Quadro dei terreni ed elenco delle roccie della provincia di Girgenti. Côme, tip. A. Freiburger e C. In-8°, 21 p. (1562)

Zigno (A. de). — Nuove aggiunte alla ittiofauna dell'epoca eocena. Venise. In-4°, 25 p. av. 1 pl., 2^{f},50.

—— Antracoterio di Monteviale. Venise. In-4°, 13 p. av. 1 pl. 2^{f},50.

—— Cenni sulle condizioni geologiche ed idrographiche del Bacino aquifero di que ville in provincia di Vicenza. Padoue. In-8°, 10 p. av. 2 pl. 1^{f},25.

4° *Mécanique. — Exploitation des mines. — Droit des mines.*

Dati di fatto circa il sistema Sprague di trazione elettrica, che la società propone di applicare sulla linea Firenze-Fiesole (Soc. ital. per il tramvia del Chianti e dei colli fiorentini). Florence, tip. M. Ricci. In-8°, 16 p. av. 3 pl. (5428)

Egidi (G.). — Proposta di una modificazione all' anemometro di Robinson : nota. Rome, tip. delle Scienze matematiche e fisiche. In-4°, 3 p. (Extr. des *Atti dell' accad. pontif. de' Nuovi Lincei.*) (1963)

Elti (G.). — Del metodo grafico nello studio delle dinamo. Udine, tip. M. Bardusco. In-8°, 30 p. (5372)

Esportazione (Dell') del sale minerale dalla Sicilia nell' Africa Orientale (Harar, Scioà, Galla). Palerme, tip. dello *Statuto*. In-8°, 7 p. (4960)

Garuffa (E.). — Il costruttore di macchine : trattato completo

sulla costruzione ed il disegno degli organi elementari delle macchine (Meccanica industriale). Milan, U. Hoepli. In-8°, xxviiij-626 p. av. fig. 24 fr. (2993)

Leggi minerarie dell' Europa, con un cenno delle leggi minerarie di altri paesi (Ministero di agricoltura, industria e commercio : direzione generale dell' agricoltura). Rome, tip. eredi Botta. In-8°, lxvj-777 p. av. planche. 5 fr. (Extr. des *Annali di agricoltura.*) (3447)

5° *Constructions. — Chemins de fer.*

Chelli (G.-E.). — Le nostre ferrovie. Milan, tip. G. Civelli. In-8°, 117 p. av. 7 pl. (4396)

Costruzione ed esercizio delle strade ferrate e delle tramwie : norme pratiche dettate da un' eletta di ingegneri specialisti. Turin, Unione tipografico-editrice. In-4° avec fig. Livr. 19-22, p. 41-64 avec 8 pl.; p. 1-80 avec 16 pl. 2 fr. la livraison. (324-2002-3893)

Elenco delle tramwie a vapore al 1° ottobre 1888 (Ministero dei lavori pubblici : direzione generale di ponti e strade). (Rome-Florence, tip. Bencini. In-8°, 34 p. (726)

Guidi (F.). — Sopra una locomotiva animata a vicenda con aria compressa e con gaz idrogene elettrolitico : nota. Rome, tip. delle Scienze matematiche e fisiche. In-4°, 3 p. (Extr. des *Atti dell' accad. pontif. de' Nuovi Lincei.*) (3387)

Ovazza (E.). — Sul calcolo delle freccie elastiche delle travi reticolari : nota. Turin, E. Loescher. In-8°, 14 p. av. 2 pl. (Extr. des *Atti d. r. accad. d. scienze di Torino.*) (5429)

Siccardi (E.). — Nouvel attelage de sûreté pour les véhicules des chemins de fer. Turin, imp. Camilla et Bertolero. In-4°, 8 p. (4920)

6° *Objets divers.*

Crugnola (G.). — Dizionario tecnico di ingegneria e di architettura nelle lingue italiana, francese, inglese e tedesca, compresovi le scienze, arti e mestieri affini. Parte I, disp. 21-25. Turin, A. F. Negro. In-8°, p. 953-1016 ; p. 1-176. (3894)

Gattoni (V.). — Sopra alcuni procedimenti grafici per determinare, in base al disegno della figura di errore delle osservazioni, la posizione definitiva di un punto rilevato per intersezione. Caserte, tip. S. Marino. In-8°, 28 p. av. 6 planches. (2938)

Jadanza (N.). — Sulla misura diretta ed indiretta dei lati di una poligonale topografica. Turin, E. Loescher. In-8°, 20 p. (Extr. des *Atti d. r. accad. d. scienze di Torino.*) (4869)

Orlandi (G.). — Manuale e tavole di celerimensura. Milan, U. Hoepli. In-16, 92 p. avec fig. (2994)

Pisa (U.). — Relation sur la prévoyance pour les accidents du travail en Italie (Comité italien des sciences sociales pour l'Exposition de Paris). Milan, tip. degli Operai. In-8°, 31 p. (4804)

Poli (A.). — Note di microtecnica. Genova, tip. A. Ciminago. In-8°, 8 p. (Extr. de la *Malpighia.*) (4873)

Rossetti (C. de). — Memoria a S. E. il Ministro dei lavori publici per l'applicazione in Italia della telegrafia e telefonia simultanee, secondo il sistema Van Rysselberghe. Rome, tip. Forzani e C. In-8°, 16 p. (3389)

Santagata (D.). — Nouveaux progrès de la question du calendrier universel et du méridien universel : rapport de la commission de l'unification du calendrier, communiqué aux universités et aux corps savants, représentés aux fêtes du VIII centenaire de l'université de Bologne (R. académie des sciences de l'institut de Bologne). Bologne, imp. Gamberini et Parmeggiani. In-8°, 20 p. (5380)

N° 2433
(4)

ANNALES
DES MINES

NOTE

SUR UNE

EXPLOSION DE 22 CHAUDIÈRES A VAPEUR

AUX HAUTS FOURNEAUX DE FRIEDENSHÜTTE

(HAUTE-SILÉSIE)

Par M. OLRY, ingénieur en chef des mines.

Dans la nuit du 24 au 25 juillet 1887, vers minuit quarante-cinq minutes, une formidable explosion de générateurs a détruit en partie l'établissement métallurgique de Friedenshütte (Haute-Silésie). Les vingt-deux chaudières qui fournissaient la vapeur nécessaire à la marche des quatre hauts fourneaux de l'usine ont sauté toutes ensemble en occasionnant d'énormes dégâts matériels, ainsi que la mort de douze ouvriers et des blessures plus ou moins graves à trente-cinq autres.

Cet accident est unique en son genre dans l'histoire des explosions de chaudières à vapeur, en raison de son importance et des conditions mystérieuses dans lesquelles il s'est produit. Il a été, de la part des ingénieurs allemands, l'objet d'une laborieuse étude, mais malgré les soins qu'ils ont apportés à leurs recherches et la

science avec laquelle ils en ont discuté les résultats, il règne encore quelque incertitude sur les causes qui lui ont donné naissance.

La première enquête a été faite par MM. Minssen, Wätzoldt et La Baume, ingénieurs de l'association silésienne pour la surveillance des chaudières à vapeur. Ces ingénieurs ont attribué l'origine de l'accident à la rupture d'une rivure transversale de l'une des chaudières ; ils ont admis, en outre, que plusieurs d'entre elles ont fait explosion sous l'influence de la pression à laquelle elles étaient soumises à l'intérieur ; mais ils ont cru devoir expliquer l'étendue de la catastrophe par la formation d'un mélange détonant d'air et de gaz éteints des hauts fourneaux, qui se serait enflammé au contact de la maçonnerie des carneaux portée à une haute température.

Peu de temps après, MM. Abel, Benemann, Schneider, Eckermann, Schröder et Weinlig, ingénieurs en chef pour la surveillance des chaudières à vapeur à Francfort-sur-l'Oder, Posen, Berlin, Hambourg, Dantzig et Magdebourg, ont émis, sans motifs à l'appui, un avis conforme au précédent relativement à l'action des gaz explosibles des hauts fourneaux, mais en passant complètement sous silence l'influence de la pression interne de la vapeur.

Des conclusions aussi exclusives ne pouvaient manquer de produire dans le personnel des usines métallurgiques de l'Allemagne une profonde émotion. Elle s'est traduite par de nouvelles discussions, dans lesquelles deux opinions diamétralement opposées ont été ardemment soutenues par des ingénieurs également distingués, les uns attribuant l'explosion à l'action intérieure de la vapeur, les autres à l'action extérieure des gaz des hauts fourneaux, détonant subitement par suite de leur mélange avec une grande quantité d'air.

La Société régionale des ingénieurs allemands de la Haute-Silésie se prononça la première, dans une séance

tenue à Kattowitz, le 19 octobre 1887, en faveur de l'action exclusive de la vapeur. Après de longs débats auxquels prirent part MM. Minssen et La Baume, de l'association silésienne, Bremme, directeur des Julienhütten, les inspecteurs Zander et Blau, l'assemblée, sur la proposition de M. Meier, directeur de Friedenshütte, et par 29 voix contre 19 et 17 abstentions, déclara que la catastrophe n'avait pas été et ne pouvait pas avoir été produite par une explosion de gaz.

La même question fut discutée, le 7 décembre 1887, par le groupe des ingénieurs allemands de Berlin.

L'avis des ingénieurs de la Haute-Silésie fut adopté par l'association des métallurgistes allemands, dont font partie presque tous les maîtres de forges de la Westphalie et de la Prusse rhénane, dans sa séance générale, tenue à Düsseldorf, le 5 février 1888.

En revanche, le comité central des associations prussiennes pour la surveillance des chaudières à vapeur, dans une séance tenue à Berlin, le 7 février 1888, et à laquelle avaient été convoqués divers représentants de l'administration, ainsi que plusieurs maîtres de forges, approuva un rapport dressé par MM. Weinlig, Eckermann, Böcking, Vogt, Münter et Emundts, ingénieurs en chef pour la surveillance des appareils à vapeur à Magdebourg, Hambourg, Düsseldorf, Barmen, Halle et Gladbach, et attribuant l'accident à un mélange explosif de gaz et d'air qui se serait enflammé subitement dans les carneaux des chaudières ; de plus, l'assemblée, prenant en considération l'importance des questions relatives à la facilité et à la violence de l'explosion des gaz des hauts fourneaux et des autres gaz combustibles, décida de faire une série d'expériences auxquelles seraient conviés les principaux maîtres de forges, des directeurs de hauts fourneaux, des ingénieurs et des savants, et pour lesquelles on solliciterait du ministre du commerce

et de l'industrie l'allocation d'un subside, ainsi que la nomination de délégués officiels.

Le vote de l'assemblée générale des ingénieurs en chef des associations prussiennes pour la surveillance des chaudières à vapeur a clos, on peut le dire, la série des controverses auxquelles on s'est livré en Allemagne, après le terrible accident de Friedenshütte ; il leur a donné une sorte de sanction et il a jeté un certain discrédit sur l'emploi des gaz des hauts fourneaux au chauffage des chaudières à vapeur. Cependant, le rapport qui a provoqué ce vote ne paraît pas plus décisif que ceux qui l'ont précédé et qui arrivaient à des conclusions opposées ; il n'apporte à la discussion aucune preuve directe de l'intervention d'un mélange de gaz explosibles, et c'est en quelque sorte par élimination, et après avoir rejeté toutes les autres causes possibles, y compris l'action interne de la vapeur, qu'il attribue à l'inflammation des gaz, sans autre raison précise, la destruction de la batterie de chaudières de Friedenshütte. Il est douteux que ce document apporte la conviction dans l'esprit des ingénieurs qui ont défendu la théorie de l'explosion ordinaire, occasionnée par la force élastique de la vapeur. Dans tous les cas, la commission centrale des machines à vapeur a jugé utile de soumettre à un examen attentif les diverses publications allemandes sur ce grave accident, et, sur la proposition de son président, elle a confié à son rapporteur la mission de lui en présenter un résumé, accompagné de ses conclusions personnelles.

Tel est l'objet du présent travail. Il sera divisé en trois parties, savoir : (I) description de l'usine et des chaudières qui ont été détruites ; récit et circonstances de l'accident ; (II) résumé des opinions exprimées par les divers groupes d'ingénieurs allemands ; (III) observations et conclusions personnelles du rapporteur.

I. — DESCRIPTION DE L'USINE ET DES CHAUDIÈRES QUI ONT ÉTÉ DÉTRUITES. RÉCIT ET CIRCONSTANCES DE L'ACCIDENT.

Description des lieux. — Les vingt-deux chaudières étaient réunies en un seul massif, dans un bâtiment s'étendant du nord au sud, en face des quatre hauts fourneaux (V. Pl. I, *fig.* 1). Elles étaient toutes identiques entre elles et portaient les n°s 1 à 20, 22 et 23. Ces deux dernières, situées au nord de la batterie, étaient suivies par les vingt autres, en commençant par le n° 1. L'emplacement d'une vingt-troisième chaudière avait été réservé au nord de celle qui portait le n° 22.

Deux cheminées, placées en arrière et à l'est du massif des générateurs, servaient à évacuer les produits de la combustion.

Entre les chaudières et les hauts fourneaux, se trouvait le bâtiment des machines soufflantes.

Description des chaudières. — Les *fig.* 2, 3 et 4, Pl. I, représentent la disposition des chaudières ; elles étaient du type à flamme renversée, et formées d'un corps principal et de deux bouilleurs inférieurs.

Les bouilleurs étaient légèrement inclinés en sens inverses par rapport à l'horizontale, et reliés entre eux, vers l'avant, par une communication ; à l'origine, le bouilleur de droite (pour un observateur regardant la devanture du massif) était seul réuni au corps supérieur par une seconde communication placée à l'arrière ; plus tard, on jugea préférable de relier directement chacun des bouilleurs au corps principal par deux communications.

Chaque corps principal était surmonté d'un dôme de prise de vapeur ; en outre, son fond antérieur portait un

tube horizontal destiné à recevoir des indicateurs de niveau d'eau.

Les dimensions de ces divers éléments étaient les suivantes :

Corps cylindrique	Longueur		$12^m,555$
	Diamètre		$1^m,57$
	Épaisseurs	Viroles	$0^m,013$
		Fonds	$0^m,016$
Tube de niveau d'eau	Longueur		1^m
	Diamètre		$0^m,47$
	Épaisseurs	Virole	$0^m,011$
		Fond	$0^m,013$
Dôme de vapeur	Hauteur		$0^m,78$
	Diamètre		$0^m,78$
	Épaisseurs	Virole	$0^m,011$
		Fond	$0^m,013$
Communications	Diamètres	Anciennes (2)	$0^m,628$
		Nouvelles (3)	$0^m,470$
	Épaisseur		$0^m,011$
Bouilleurs	Longueur		$11^m,765$
	Diamètre		$0^m,785$
	Épaisseurs	Viroles	$0^m,008$
		Fonds	$0^m,013$
Capacité totale			$36^{m3},3$
Surface de chauffe			95^{m2}
Timbre (pression effective)			5 atm.

Les corps cylindriques comprenaient onze viroles formées chacune de deux tôles, l'une supérieure, l'autre inférieure ; le dôme de prise de vapeur se trouvait à la quatrième, les communications du bouilleur de droite à la sixième et à la onzième, celles du bouilleur de gauche à la quatrième et à la neuvième.

Les bouilleurs se composaient de dix viroles constituées chacune par une seule tôle ; les rivures longitudinales étaient placées alternativement à droite et à gauche.

Les fonds des corps principaux, des bouilleurs, des dômes et des tubes de niveau d'eau étaient formés de tôles embouties. Les fonds antérieurs des bouilleurs

étaient percés de trous d'homme ; un troisième trou d'homme par chaudière se trouvait à la sixième virole des corps supérieurs.

Toutes les rivures étaient simples, à l'exception des rivures en long des corps principaux des chaudières n°s 22 et 23 qui avaient été installées longtemps après les autres.

Alimentation. — L'alimentation était faite par cinq pompes à vapeur situées à l'ouest de la batterie, devant les chaudières n°s 2, 8, 12, 14 et 18, et pouvant débiter ensemble 70 mètres cubes par heure. Sur les vingt-deux chaudières, dix-huit étaient normalement en marche et quatre en chômage, pour nettoyage et réparations ; la consommation d'eau ne dépassait pas 25 à 27 mètres cubes par heure, et les pompes étaient largement capables d'y faire face.

L'eau était amenée par une double conduite, formée de tuyaux de $0^m,156$ de diamètre et établie dans un canal voûté qui longeait le massif des générateurs à un niveau inférieur à celui des foyers. Un branchement s'en détachait vers chaque bouilleur de gauche, et, après y avoir pénétré, se bifurquait en envoyant une ramification vers le bouilleur de droite par la communication horizontale : de cette façon, les deux bouilleurs étaient alimentés simultanément. Les branchements étaient pourvus de robinets voisins de leurs points de pénétration dans les bouilleurs correspondants et de clapets de retour d'eau. Les deux conduites servaient à tour de rôle à alimenter chacune des chaudières, ce qui se faisait au moyen de clapets faciles à manœuvrer du niveau de la chambre de chauffe.

Les pompes tiraient l'eau d'alimentation d'un bassin dans lequel toute l'eau de condensation était conduite, et qui recevait en outre de l'eau froide suivant les besoins,

Cette eau d'alimentation n'était pas de très bonne qualité. D'après les analyses qui en ont été faites, elle renfermait les matières suivantes par litre :

Silice	0gr,0300
Oxyde de fer	0 ,0160
Chaux	0 ,2624
Magnésie	0 ,0540
Acide sulfurique	0 ,3698
Chlore	0 ,0139
Matières organiques	0 ,1200
	0gr,8661

Elle donnait naissance à des dépôts généralement tendres dans les bouilleurs, plus durs dans les corps supérieurs. Les incrustations des corps principaux se détachaient facilement en croûtes de deux à trois millimètres d'épaisseur et de la grosseur d'une main. Elles se réunissaient parfois en amas isolés qui ont occasionné jadis de fréquentes avaries, amincissements ou déformations, des tôles les plus exposées aux flammes. On avait été amené, dans les dernières années, en raison de la nature et de l'importance des dépôts, à nettoyer les chaudières toutes les quatre semaines ; aussi les détériorations de ce genre étaient-elles devenues beaucoup plus rares.

A l'arrière de chaque bouilleur de gauche, une tubulure munie d'un robinet communiquait avec un tuyau de vidange.

Appareils de sûreté. — Les appareils de sûreté étaient en bon état. A l'avant, chaque générateur présentait un indicateur de niveau d'eau en verre et deux robinets de jauge. Le dôme de vapeur portait deux soupapes de 0m,085 de diamètre, convenablement chargées au moyen de poids et de leviers. Des manomètres métalliques complétaient cette installation.

Chauffage. — Pendant quelques années, les chaudières nos 1 à 7 avaient été chauffées à l'aide des gaz des fours à coke ; mais, depuis 1886, la batterie tout entière l'était au moyen des gaz perdus des hauts fourneaux. Ces gaz étaient répartis entre les divers générateurs, au moyen d'une conduite horizontale en tôle de forme quadrangulaire, mais cintrée par le haut, de laquelle se détachaient vers chaque chaudière deux tubes pourvus de registres, qui amenaient le gaz horizontalement au-dessus de la grille par des tuyères (V. Pl. I, *fig.* 2 et 3). La grille était située au-dessous du corps principal ; elle était divisée par un petit mur en deux parties ayant chacune 1m,885 de long et 0m,940 de large ; sa surface totale était donc de 3m2,54. Sur les grilles des dix-huit chaudières simultanément en activité, on brûlait en moyenne 15 à 20 tonnes de poussier de houille par vingt-quatre heures, ce qui correspondait à la quantité très minime de 10 à 14 kilogrammes par heure et par mètre carré de grille. Cette faible consommation de combustible venait en aide à l'action des gaz, mais avait surtout pour but d'assurer la permanence de leur inflammation.

Le contact des flammes avec les tôles des générateurs n'avait lieu qu'à partir des extrémités des grilles, afin d'éviter les coups de feu trop énergiques. Après avoir chauffé la partie inférieure du corps principal, elles revenaient vers l'avant autour du bouilleur de droite, puis vers l'arrière autour du bouilleur de gauche ; enfin, elles se rendaient par un carneau inférieur à une conduite générale de fumée transversale, en communication avec les cheminées et longeant le massif des générateurs du nord au sud ; cette conduite pouvait être isolée de chaque chaudière par un registre ; elle était divisée en deux parties par une cloison située entre les chaudières nos 7 et 8, de sorte que la cheminée du nord, de 50 mètres de hauteur, assurait le tirage de 9 chaudières seulement

(nos 22 et 23, 1 à 7), et la cheminée du sud, de 30 mètres de hauteur, celui des treize autres (nos 8 à 20).

Les viroles des corps supérieurs et des bouilleurs, de forme légèrement tronconique, étaient emboîtées les unes dans les autres, de manière à ce que leurs rebords fussent préservés contre l'action des flammes.

Les corps principaux portaient des oreilles qui étaient encastrées dans la maçonnerie des fourneaux ; les bouilleurs de droite reposaient en outre sur trois chaises en fonte, et ceux de gauche sur deux chaises seulement, en raison de la plongée des flammes, à leurs extrémités d'arrière, vers la conduite générale de fumée.

Prise de vapeur. — Les chaudières communiquaient par des tuyaux en cuivre de $0^m,156$ de diamètre avec un collecteur de vapeur commun situé au-dessus de la plateforme de la batterie, un peu en avant des dômes ; chacun de ceux-ci portait une valve de prise de vapeur, également de $0^m,156$ de diamètre, fonctionnant en outre comme clapet battant, de manière à se fermer automatiquement en cas de chute de pression dans la chaudière correspondante.

Personnel de la batterie. — En raison de la faible consommation de charbon sur les grilles, le personnel employé dans chaque poste à la batterie de chaudières ne comprenait que deux chauffeurs et un manœuvre ; les postes étaient de douze heures ; les deux équipes étaient chargées à tour de rôle du service de jour et du service de nuit ; lors de chaque changement de poste, l'une des équipes travaillait vingt-quatre heures de suite ; il en était ainsi, chaque semaine, du dimanche six heures du matin au lundi même heure.

Origine des chaudières. Réparations. Épreuves. —

Les chaudières nos 1 à 20 ont été fournies, en 1872, par les ateliers de construction de machines de Cologne, à Bayenthal. Leurs tôles étaient en fer puddlé et dataient de la campagne de 1871-1872. Ces appareils furent l'objet de multiples réparations dans lesquelles on remplaça, jusqu'en 1886, les tôles les plus exposées aux flammes par d'autres de fer puddlé de meilleure qualité, provenant des usines Borsig et Königshütte ; en 1886-1887, on en plaça plusieurs en fer fondu (Thomas), fabrication spéciale de l'usine de Friedenshütte.

Les chaudières nos 22 et 23 ont été construites, en 1886, par les ateliers de Hubertushütte et installées en 1887, ce qui nécessita un agrandissement du bâtiment des générateurs ; elles avaient exactement les mêmes dimensions que les précédentes, mais en différaient par la qualité de leurs matériaux : leurs tôles de coup de feu et leurs pièces embouties étaient en fer puddlé de première qualité de l'usine Borsig ; les autres tôles étaient en fer doux fondu (Thomas) de l'usine de Friedenshütte.

En mars 1886, un accident, qui n'a pas eu de conséquences graves, mais qui mérite d'être cité, est arrivé à l'une des anciennes chaudières ; la rivure transversale d'avant de la troisième virole de son corps principal s'est déchirée à sa partie inférieure entre 43 rivets, en produisant une sorte de détonation, et en occasionnant une seconde rupture à la rivure transversale d'avant de la septième virole. La chaudière s'est lentement vidée et ses tôles antérieures ont commencé à se colorer ; elle est restée en place et il n'y a pas eu d'explosion proprement dite. L'un des chauffeurs avait eu la précaution, à la première alerte, de fermer l'arrivée des gaz et de retirer le combustible de la grille. A la suite de cet accident, les trois premières et la septième des tôles inférieures du corps principal de la chaudière avariée furent remplacées ; on remplaça également toutes les tôles des

autres chaudières dans lesquelles on trouva des défauts tels que fissures, bosses, cassures aux rivures, etc.

Après chaque réparation importante, les générateurs étaient soumis à l'épreuve hydraulique à la pression de 10 atmosphères. Vingt et un d'entre eux ont été ainsi essayés, pendant les années 1886 et 1887, par les soins de l'association silésienne ; ce grand nombre d'épreuves officielles a été la conséquence de la remise en état des chaudières, postérieurement à l'accident de mars 1886.

Marche avant l'explosion. — Le 24 juillet 1887, dix-huit chaudières étaient en marche comme d'habitude, fournissant la vapeur nécessaire aux machines soufflantes des hauts fourneaux, au lavage des houilles, aux fours à coke, à la fabrication de l'ammoniaque et du goudron. La pression variait de $4^{at},500$ à $4^{at},750$. Les chaudières n°s 1, 3, 16 et 20, qui devaient être nettoyées et subir quelques menues réparations, étaient en chômage. C'était un dimanche, et, par suite, les deux chauffeurs et leur aide devaient continuer leur service pendant vingt-quatre heures, c'est-à-dire jusqu'au lendemain lundi, six heures du matin.

A quatre heures et demie du soir, le contremaître avait fait sa tournée et n'avait rien observé d'anormal à la batterie de générateurs.

Circonstances qui ont accompagné l'explosion. — Dans la nuit du 24 au 25 juillet, vers minuit quarante-cinq minutes, le personnel de l'usine fut réveillé par trois ou quatre détonations successives, suivies du bruit de la vapeur et d'une grêle de briques qui s'abattaient sur les toits des constructions voisines, dans un grand rayon. L'explosion se fit très rapidement ; au dire des témoins, sa durée n'a pas dépassé une minute. Lorsque les em-

ployés supérieurs de l'établissement arrivèrent sur les lieux, ils constatèrent que le bâtiment des chaudières avait complètement disparu et ne virent à sa place que des débris de tôles et des amas de briques. Leur attention se porta tout de suite sur quatre maisons d'ouvriers et deux magasins auxquels le feu avait été mis soit par des morceaux de charbon incandescents, soit par des briques portées au rouge. Cet incendie fut éteint à grand' peine. Une écurie attenant à la maison de direction fut également réduite en cendres. Le bâtiment des machines soufflantes fut gravement endommagé, mais les constructions voisines furent relativement épargnées. On dût démolir sur un tiers de sa hauteur la cheminée septentrionale, qui avait été fendue en travers à sa partie supérieure. Douze ouvriers, parmi lesquels les deux chauffeurs et leur aide, furent tués, cinq blessés grièvement et trente plus légèrement. Aucun des blessés ne succomba. Sur les trois ouvriers occupés aux chaudières, on en retrouva deux dans les décombres, à l'emplacement même de la chambre de chauffe ; le cadavre du troisième fut relevé à l'entrée même du bâtiment.

Constatations faites par l'association silésienne. — Après le désastre, les ingénieurs de l'association silésienne s'efforcèrent d'en déterminer les causes en relevant avec soin les positions des principaux fragments projetés par l'explosion. Ils durent toutefois, en raison des difficultés résultant de l'absence de signes distinctifs, renoncer à reconnaître l'identité des quarante-quatre bouilleurs et de leurs communications. Ils constatèrent seulement que la plupart d'entre eux étaient restés à peu près sur place, dans l'enceinte même du bâtiment des chaudières ou à une faible distance du côté de l'ouest, vers les machines soufflantes. Un grand nombre avaient été simplement arrachés de leurs corps supérieurs et ne s'étaient

pas divisés ; quelques autres avaient été partagés en plusieurs morceaux, presque toujours par des cassures produites le long de rivures transversales. Par exception, les bouilleurs de quelques chaudières situées aux deux extrémités de la batterie (nos 22, 17, 18 et 20) étaient restés attachés en totalité ou en partie à leurs corps principaux, eux-mêmes plus ou moins avariés ; on retrouva, en outre, deux fragments de bouilleurs, encore partiellement adhérents à leurs communications, dans la direction du nord-est, près du bâtiment des chaudières de l'aciérie, deux au voisinage de la forge dans la direction de l'est, et enfin deux, avec un fond d'avant, dans une carrière de sable située dans la direction du sud-est.

Les tôles des bouilleurs ne laissaient voir ni bosses ni déformations vers le dehors, ni amincissements notables ; les épaisseurs constatées aux cassures entre rivets et à quelques déchirures en pleine tôle occasionnées par la chute des fragments atteignaient toujours $6^{mm},75$; on a remarqué quelques corrosions intérieures au voisinage des points où arrivait l'eau d'alimentation, mais aucune cassure ne s'était produite dans les régions ainsi amincies. Les communications présentaient à leurs rebords une épaisseur moyenne de 10 millimètres ; quelques-unes étaient complètement détachées des pièces qu'elles servaient à assembler.

Les ingénieurs de l'association silésienne durent donc se borner à établir l'identité des corps principaux des vingt-deux chaudières et à fixer, pour chacun d'eux, les points où en étaient retombés les fragments. Ce travail de reconnaissance est résumé par le plan *fig.* 1 ; il n'embrasse toutefois que les morceaux qui ont été retrouvés ; un certain nombre ont été perdus ou sont tombés dans une grande pièce d'eau située au sud de la batterie et qu'on n'a pu mettre à sec. L'origine de quelques autres n'a pas pu être déterminée.

La chaudière neuve n° 22, qui occupait le premier rang au nord de la batterie et était construite en tôles de bonne qualité, a été jetée sur le côté sans se diviser, parallèlement à son emplacement primitif. Elle a été relativement peu endommagée.

Le corps de la chaudière neuve n° 23 a été lancé à une cinquantaine de mètres vers le nord-ouest ; ses bouilleurs sont pour la plus grande partie restés sur place dans les décombres ; toutefois, deux de leurs fragments ont été projetés dans la direction du nord-est et sont retombés à une distance d'environ 300 mètres, près de l'aciérie.

Le corps de la chaudière n° 1, qui était vide, a également été séparé de ses bouilleurs et lancé à 16 mètres vers le nord-ouest ; son tube de niveau d'eau s'est détaché dans sa chute et a été retrouvé à peu de distance.

Le corps de la chaudière n° 2 a été divisé en un assez grand nombre de fragments ; la plupart d'entre eux, parmi lesquels il faut citer la sixième virole qui s'était déroulée, se sont éparpillés vers l'ouest et le nord-ouest ; la dernière virole et le fond d'arrière ont, au contraire, été retrouvés dans la direction opposée, c'est-à-dire à l'est. Les rivures circulaires ont été cassées et les tôles bosselées de l'extérieur vers l'intérieur. Les bouilleurs sont restés sur place.

La chaudière n° 3 était vide ; son corps supérieur a été arraché de ses bouilleurs et lancé vers le nord-nord-ouest ; il s'est partagé en deux morceaux en tombant sur le sol.

Le corps de la chaudière n° 4, séparé de ses bouilleurs, a été rompu entre la septième et la huitième viroles ; la partie d'avant, projetée vers le sud-ouest, a heurté le bâtiment des machines soufflantes et est venue retomber un peu au nord-ouest de ce bâtiment en se séparant de son tube de niveau d'eau ; la partie d'arrière a été, au contraire,

lancée à plus de 400 mètres vers le nord-est, derrière l'aciérie, en passant par-dessus les fours à coke.

A l'exception d'un morceau comprenant la huitième et la neuvième viroles, qui a été lancé dans la direction de l'ouest-nord-ouest, le corps de la chaudière n° 5 a été projeté tout entier, divisé en plusieurs fragments, vers le nord-est; deux de ces fragments comprenant l'un le dôme, l'autre les deux dernières viroles et le fond d'arrière, sont retombés aux distances respectives de 168 et 220 mètres; les bouilleurs sont restés sur place.

Le corps de la chaudière n° 6 s'est rompu à la quatrième virole. Son dôme s'est divisé, et deux de ses fragments ont été projetés vers le nord-ouest; la partie antérieure de la chaudière, comprenant le fond d'avant, les quatre premières viroles et le reste du dôme, a pris la direction du nord-nord-ouest et a été projetée à une distance de 520 mètres; le tube de niveau d'eau et plusieurs petits fragments de la quatrième virole s'en étaient détachés; partout, sauf à la quatrième virole, les bords des cassures et des fentes étaient repliés vers l'intérieur. L'arrière de la chaudière, à partir de la cinquième virole, a été lancé vers l'est et s'est abattu à proximité de la forge après avoir fissuré la cheminée du nord. Les bouilleurs ont été à peine déplacés.

Le corps de la chaudière n° 7, séparé de ses bouilleurs, a été projeté tout entier dans la direction de l'ouest, vers le haut fourneau n° 1 dont il a démoli le gueulard; il s'est divisé, par suite de ce choc, en un assez grand nombre de morceaux dont les bords étaient repliés vers l'intérieur; plusieurs ont été retrouvés près d'une maison d'habitation située à l'ouest dudit haut fourneau; les autres étaient moins éloignés de l'emplacement primitif du générateur; parmi eux, la neuvième virole gisait déroulée sur la chaussée longeant la halle de coulée.

La plus grande partie du corps de la chaudière n° 8, après avoir été arrachée des bouilleurs, a été lancée vers l'ouest et a détruit une annexe située au nord du bâtiment des machines soufflantes; elle s'est divisée en trois fragments. La onzième virole et le fond d'arrière n'ont pas été retrouvés.

Le corps de la chaudière n° 9, à l'exception des deux dernières viroles et du fond d'arrière que l'on n'a pas retrouvés, est parti dans la direction de l'ouest, en s'arrachant de ses bouilleurs, et est venu frapper le bâtiment des machines soufflantes; il s'est abattu un peu au nord de ce bâtiment sur un fragment de la chaudière n° 8, après avoir perdu en route son tube de niveau d'eau.

La partie antérieure du corps de la chaudière n° 10 a également heurté le bâtiment des machines soufflantes; ce choc a eu pour effet de lui faire perdre son tube de niveau d'eau qui a été projeté au sud de ce bâtiment, tandis que le reste de la pièce venait s'abattre en face de l'emplacement primitif de la chaudière n° 7 sur une tôle de la chaudière n° 15. Le fond d'arrière et un morceau de la onzième virole n'ont pas été retrouvés. Les bouilleurs sont restés sur place.

Tous les fragments du corps de la chaudière n° 11 étaient rassemblés à côté du haut fourneau n° 3. Ce corps, arraché de ses bouilleurs, a été projeté d'une seule pièce vers l'ouest, a atteint le gueulard du premier haut fourneau, et a ensuite ricoché vers le sud en se brisant. Presque toutes les cassures étaient dans les rivures transversales; cependant les viroles 9 à 11 se sont déchirées en pleine tôle; la septième virole s'est presque complètement aplatie dans sa chute; les autres étaient plus ou moins bosselées et écrasées vers l'intérieur.

Le corps de la chaudière n° 12 a été projeté vers l'ouest et le nord-ouest; l'avant est tombé dans la halle

de coulée entre les hauts fourneaux nos 1 et 2; l'arrière a été lancé à une plus grande distance dans la direction du haut fourneau n° 4; cette seconde partie s'est divisée dans sa chute en deux fragments. Les débris de cette chaudière ont été fortement abîmés ; les bouilleurs n'ont subi qu'un léger déplacement.

Le fond d'avant et les dix premières viroles du corps de la chaudière n° 13, arrachés des bouilleurs, ont été lancés d'une seule pièce à l'ouest, vers le bâtiment des machines soufflantes, sans subir d'avaries importantes. On n'a retrouvé ni le tube de niveau d'eau, ni le fond d'arrière et la dernière virole.

Le corps de la chaudière n° 14, divisé en plusieurs fragments, était étendu dans la direction de l'ouest, au voisinage et au sud du bâtiment des machines soufflantes. On n'a retrouvé qu'une partie de la troisième et de la quatrième viroles. Les bouilleurs sont restés dans les décombres de la batterie de générateurs.

La chaudière n° 15 a été la plus endommagée. Son corps supérieur, détaché de ses bouilleurs, a éclaté en un grand nombre de fragments qui ont été projetés dans toutes les directions; les cassures se sont produites tantôt en pleine tôle, tantôt aux rivures; les morceaux de tôles se sont plus ou moins déroulés et présentaient les caractères d'une explosion ordinaire de chaudière. On n'a pas retrouvé les viroles 5, 7, 8 et 10, ni le fond d'arrière. Les plus gros morceaux ne comprenaient pas plus d'une virole.

La chaudière n° 16 était vide; son corps supérieur a été néanmoins arraché de ses bouilleurs et lancé vers l'ouest entre les hauts fourneaux nos 2 et 3. Il s'est peu avarié dans sa chute.

La chaudière n° 17 est venue retomber presqu'à son emplacement primitif, où on l'a retrouvée relativement

peu avariée, mais avec la partie d'arrière de ses deux bouilleurs arrachée.

La chaudière n° 18 a été retournée; l'arrière de son corps supérieur, encore réuni à deux communications et à la moitié d'un bouilleur, a été déplacé dans la direction du nord-est et appliqué au sud de la petite cheminée; un autre fragment a été lancé à une distance de 230 mètres à l'est. On n'a pas retrouvé les quatre viroles d'avant; cette partie est sans doute tombée dans la pièce d'eau située au sud du bâtiment des générateurs.

Le corps supérieur de la chaudière n° 19 s'est arraché de ses bouilleurs et divisé en deux parties; l'avant a été lancé vers l'ouest-sud-ouest, et l'arrière vers l'est à une distance de 230 mètres.

Enfin, la chaudière n° 20, qui était vide, a été projetée pour la plus grande partie vers le sud; un de ses fragments a pris toutefois la direction de l'est-sud-est et est tombé à une distance de 250 mètres.

On n'a constaté aucun amincissement notable des tôles des corps supérieurs des vingt-deux chaudières ; les cassures se sont rarement produites en pleine tôle; elles ont presque toujours suivi les rivures transversales, de sorte que beaucoup de fragments étaient constitués par une seule ou par plusieurs viroles plus ou moins déformées dans leur chute. Les morceaux avaient naturellement subi, en retombant sur le sol, des renfoncements plus ou moins accusés, et les bords des cassures avaient été de même repliés généralement vers l'intérieur.

En dehors du corps principal de la chaudière n° 15, qui a été complètement détruit et réduit en petits morceaux, on n'a observé que peu d'avaries présentant le caractère bien net d'un éclatement de l'intérieur vers l'extérieur. Nous rappellerons cependant que la quatrième virole et le dôme de la chaudière n° 6 ont été divisés en un certain nombre de fragments, et que plu-

sieurs viroles se sont déroulées, notamment la sixième de la chaudière n° 2, et la neuvième de la chaudière n° 7. Presque toutes les autres avaient gardé, en s'aplatissant sur le sol, un aspect rappelant leur forme cylindrique primitive.

Les tôles inférieures des corps principaux des chaudières n°s 6, 7 et 12, et les rebords des communications de la chaudière n° 7, avaient par places une teinte bleuâtre. Cette particularité se remarquait spécialement à la chaudière n° 7 ; les tôles ainsi colorées n'avaient pas subi de déformation, et la teinte bleue ne s'étendait qu'à leur partie inférieure ; on ne l'a pas observée sur les parois intérieures des chaudières, ni sur les surfaces de rupture. Ajoutons que plusieurs tôles inférieures, comme la troisième de la chaudière n° 9, et la cinquième de la chaudière n° 19, présentaient de légères déformations consistant en des bosses ayant leur convexité vers l'extérieur.

Il résulte encore des constatations faites par l'association silésienne que les tôles inférieures des corps principaux des vingt chaudières les plus anciennes avaient été remplacées en grande partie par des tôles neuves, à la suite de nombreuses réparations. Il ne restait guère que moitié environ des tôles primitives ; les substitutions avaient naturellement été opérées surtout à l'avant des générateurs, c'est-à-dire dans la région la plus éprouvée par les flammes.

Essais des tôles. — Les cassures des tôles datant de la construction étaient caractérisées par leur gros grain et leur absence de fibres, ce qui dénotait déjà leur qualité inférieure. Ces observations ont été confirmées par des essais à la traction et au pliage qui ont eu lieu à l'usine Borsig, sous la direction d'un ingénieur de l'association silésienne. Les essais ont porté sur six

tôles, toutes choisies parmi celles qui recevaient directement l'action des flammes, c'est-à-dire qui étaient situées au-dessous des corps supérieurs ; cinq d'entre elles étaient d'anciennes tôles de 1871-72 ; la sixième avait été posée en 1886 en remplacement d'une tôle avariée. Voici la provenance de ces six échantillons :

N° 1. — Chaudière inconnue. Vieille plaque arrachée sur un côté dans une rivure, et ailleurs en pleine tôle.

N° 2. — Chaudière n° 6 : quatrième virole. Vieille plaque. Déchirures en pleine tôle et dans la rivure.

N° 3. — Chaudière n° 12 : sixième virole. Vieille plaque déchirée en pleine tôle.

N° 4. — Chaudière n° 7 : cinquième virole. Vieille plaque cassée aux deux rivures transversales.

N° 5. — Chaudière n° 15 : fragment de la deuxième ou de la troisième virole déchiré en pleine tôle. Plaque neuve en fer puddlé posée le 20 avril 1886, par la société de Hubertushütte.

N° 6. — Chaudière n° 7 : neuvième virole. Vieille plaque déchirée dans les rivures, et en pleine tôle à la communication.

Les essais ont donné les résultats qui sont résumés par le tableau ci-dessous :

NUMÉROS des échantillons	SECTION transversale des éprouvettes : Largeur	Épaisseur	Surface	SENS DE LA TRACTION	CHARGE à la rupture : Totale	par millimètre carré de section	SECTION transversale à la rupture : Largeur	Épaisseur	Surface	CONTRACTION POUR 100 de la section primitive	ALLONGEMENT POUR 100 sur 150 millimètres	NATURE de la cassure	ANGLE DE PLIAGE à froid, en degrés	OBSERVATIONS sur les essais au pliage
	mm	mm	mm²		kg	kg	mm	mm	mm²		1			
1	31,4	13,0	408,2	L	14.100	34,5	31,0	12,6	391,0	4	0,67	Moitié grain; métal mal soudé.	23	Éclatement subit jusqu'au milieu sans formation préalable de criques.
1	30,8	13,1	403,5	T	12.800	31,7	30,8	13,0	400,4	0,8			9	
2	31,2	12,8	399,4	L	13.000	32,6	30,7	12,5	383,8	3,9	4	2/3 grain; défauts.	15	Cassure jusqu'au tiers de l'épaisseur.
2	31,1	13,1	407,4	T	8.000	19,6	»	»	»	»	»	2/3 grain; contraction insignifiante.	7	
3	31,0	13,1	406,1	L	13.400	32,9	30,6	12,6	385,6	5	5,67	Mauvaise soudure; cassure feuilletée du côté intérieur.	27	Criques.
3	30,4	13,0	395,2	T	13.000	32,8	»	»	»	»	2,67	Moitié grain. . . . . Rupture au milieu de la pièce. Très mauvaise soudure. Contraction insignifiante.	15	
4	30,3	12,7	384,8	L	13.500	35,1	29,2	12,0	350,4	9	8,67	Superficie et cassure sans défauts apparents.	10	Éclatement complet et subit sans fissures préalables.
4	30,4	12,8	389,1	T	7.950	20,4	»	»	»	»	»	Cassure à gros grains. Contraction insignifiante	10	
5	30,6	13,1	400,9	L	16.600	41,4	26,7	11,2	299,0	25	20	Grain fin. Belle cassure, pareille à une cassure d'acier. .	45	Criques.
5	30,5	13,0	396,5	T	14.800	37,3	27,0	11,3	305,1	23	20	. . . . .	35	
6	30,4	12,8	389,1	L	7.500	19,2	»	»	»	»	»	Allongement et contraction insignifiants. Cassure à gros grains. Défaut de soudure au milieu.	6	Éclatement subit avec forte détonation.
6	31,0	12,6	390,6	T	7.000	17,9	»	»	»	»	»	Rupture à la traction en trois parties	4	

Il résulte à l'évidence de ce tableau que les tôles qui avaient servi à construire les chaudières nos 1 à 20 étaient aigres et cassantes. Plusieurs ont donné un allongement très faible ou même presque nul. Elles se sont rompues ou criquées au pliage sous des angles de quelques degrés, en éclatant parfois subitement sans formation préalable de fissures. Seules, les tôles qui avaient été posées après coup étaient en bon fer; les résultats des essais opérés sur l'échantillon n° 5, prélevé sur la chaudière n° 15, en offrent une preuve certaine. Notons encore que presque toutes les tôles de fer Thomas posées après coup se sont bien comportées et n'ont pas donné lieu, comme les tôles de fer puddlé, à des cassures aux rivures.

II. — RÉSUMÉ DES OPINIONS EXPRIMÉES PAR LES DIVERS GROUPES D'INGÉNIEURS ALLEMANDS.

Avis de l'association silésienne. — Les ingénieurs de l'association silésienne pensent qu'il y a eu dans la catastrophe de Friedenshütte trois phases correspondant aux détonations successives qui ont été entendues par le personnel de l'usine, et trois centres d'explosion ayant pour origines les chaudières nos 6 et 7, la chaudière n° 4, et la chaudière n° 15. D'après eux, le corps principal de la chaudière n° 7 s'est d'abord déchiré, à sa partie inférieure, dans l'une de ses rivures transversales d'arrière, sans faire explosion, mais en produisant une secousse qui a ébranlé la maçonnerie des fourneaux et ouvert une seconde fuite à la rivure transversale située entre la quatrième et la cinquième virole de la chaudière n° 6. Dès lors, les chaudières nos 6 et 7 se sont vidées peu à peu, comme s'était vidée la chaudière à laquelle pareil accident était survenu en mars 1886; leur eau s'est écoulée suivant la pente des carneaux supérieurs, c'est-

à-dire vers les grilles ; elle a ouvert les portes des foyers, projeté au dehors le charbon incandescent qui s'y trouvait et éteint les gaz des hauts fourneaux, permettant ainsi à ces derniers de former avec l'air un mélange explosible. Plus tard, ce mélange a pu gagner les parties les plus éloignées des carneaux, où la maçonnerie n'avait pas été mouillée et était encore assez chaude pour l'enflammer. C'est alors que la première explosion s'est produite ; ses effets ont été différents sur les deux générateurs ; tandis que le corps de la chaudière n° 7, bien que fissuré à l'arrière, était lancé d'une seule pièce, après avoir été arraché de ses bouilleurs, contre le gueulard du haut fourneau n° 1 sur lequel il allait se briser, celui de la chaudière n° 6 se fracturait d'abord sous l'influence de l'explosion de gaz, puis éclatait vers le dehors à la quatrième virole par l'explosion de vapeur, et ses fragments étaient projetés dans des directions opposées ; en même temps, la conduite générale de fumée était détruite derrière les chaudières n°s 6 et 7, ainsi que le mur de séparation situé dans cette conduite entre les chaudières n°s 7 et 8.

L'accident s'est ensuite propagé de la manière suivante, d'après l'association silésienne.

Au nord, l'explosion de la chaudière n° 6 a eu pour effet de rompre dans ses communications la chaudière n° 5, dont le corps supérieur presque tout entier a été projeté dans la direction du nord-est ; la chaudière n° 4 a elle-même été fortement ébranlée, en sorte qu'elle s'est ouverte sous l'influence de la force élastique de la vapeur à la rivure transversale de ses septième et huitième viroles, devenant ainsi un second centre d'explosion ; divisée en deux parties, elle a été lancée dans les directions du sud-ouest et du nord-est, et a déterminé, par répercussion, l'arrachement, la projection ou le déplacement des chaudières n°s 3, 2, 1, 23 et 22.

Au sud, le premier ébranlement avait produit une fissure à la sixième virole de la chaudière n° 12, qui s'était vidée par là en préparant une seconde explosion de gaz. D'autre part, le choc résultant de la destruction des chaudières n°s 6 et 7 a entraîné l'arrachement de la chaudière n° 8 et a en même temps favorisé la rupture de la chaudière n° 15, que la pression de la vapeur a fait éclater du dedans vers le dehors, en envoyant des fragments dans toutes les directions et en achevant de désorganiser ce qui restait encore de la batterie de générateurs. La chaudière n° 15 est ainsi devenue un troisième centre d'explosion ; les chaudières n°s 14 à 9, déjà très éprouvées, n'ont pas pu résister davantage, et leur destruction, à laquelle est venue se joindre celle de la conduite générale de fumée entre les deux cheminées, a été complétée par la deuxième explosion de gaz ayant pour origine la chaudière n° 12 ; les chaudières n°s 16 à 20 ont été pareillement disloquées, projetées ou déplacées par l'explosion de la chaudière n° 15.

En résumé, l'association silésienne estime que les chaudières n°s 4 et 15 ont été détruites par des explosions de vapeur, que la chaudière n° 6 a subi à la fois l'influence d'une explosion de gaz et d'une explosion de vapeur, et que toutes les autres ont été disloquées, projetées et déplacées tant par l'action extérieure des gaz que par les chocs latéraux qu'elles recevaient des chaudières voisines. En retombant sur le sol, les corps des générateurs ont achevé de se briser et de se déformer.

Sur le plan joint à son rapport, ladite association répartit les vingt-deux chaudières de la batterie en quatre catégories, savoir :

1° Celles qui étaient en chômage : n°s 1, 3, 16 et 20 ;

2° Celles qui ont fait explosion sur place : n°s 4 et 15 ;

3° Celles qui ont été vidées sur place et projetées : n°s 6, 7 et 12 ;

4° Celles qui ont été projetées avec leur eau et leur vapeur, et détruites en chemin ou dans leur chute : nos 22, 23, 2, 5, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 17, 18 et 19.

La théorie qu'elle donne de l'accident permet d'expliquer certaines particularités qui ont été constatées lors de l'enquête et parmi lesquelles il convient de citer les suivantes :

1° Les détonations successives entendues par le personnel de l'usine;

2° La teinte bleue des tôles inférieures des corps principaux des chaudières nos 6, 7 et 12, et des rebords des communications de la chaudière n° 7. Cette teinte, qui était plus accusée à la chaudière n° 7, que l'on suppose s'être ouverte la première, n'était pas aussi intense que celle que l'on observe d'habitude dans les chaudières longtemps portées au rouge; elle n'était pas accompagnée, comme dans ces dernières, de gerçures ni de bosses; elle pouvait donc provenir simplement de ce que les chaudières nos 6, 7 et 12, après s'être vidées comme nous l'avons indiqué plus haut, auraient été exposées pendant quelque temps à la réverbération des parois encore chaudes de la maçonnerie des carneaux. Pareil fait s'était déjà produit lors de l'accident de mars 1886;

3° La façon dont les bords des cassures étaient repliés soit vers l'intérieur, soit vers l'extérieur. Par exemple, aux chaudières nos 4 et 15, ces bords étaient généralement courbés vers le dehors, ce qui était l'indice d'une explosion de vapeur; il en était de même à la quatrième virole de la chaudière n° 6, tandis qu'ailleurs, c'était presque toujours le contraire;

4° L'ordre de superposition des fragments appartenant à plusieurs chaudières et qui étaient retombés l'un sur l'autre. Ainsi, on a retrouvé l'avant du tube de niveau d'eau de la chaudière n° 8 sous le corps de la chaudière n° 9, la sixième virole déroulée de la chaudière n° 15

sous le corps de la chaudière n° 10, la chaudière n° 17 sur l'emplacement de la chaudière n° 16, un morceau de la chaudière n° 15 sur l'emplacement de la chaudière n° 7, etc. D'où l'on est amené à conclure que la chaudière n° 15 a fait explosion après la chaudière n° 7 et avant la chaudière n° 10, que la destruction de la chaudière n° 8 a précédé celle de la chaudière n° 9, et celle de la chaudière n° 16 celle de la chaudière n° 17.

Toutes ces circonstances concordent parfaitement avec la version qui précède, mais, d'autre part, cette version est trop précise dans ses détails et repose sur un trop petit nombre de faits pour qu'on puisse y attacher une grande confiance; elle a en outre le tort, selon nous, d'imaginer une double explosion de gaz des hauts fourneaux qui ne nous paraît rien moins que démontrée, mais en faveur de laquelle l'association silésienne a relevé les arguments suivants :

1° La séparation presque générale des corps principaux des chaudières et de leurs bouilleurs suivant leurs communications, les bouilleurs restant sur place et les corps étant projetés à grande distance, ce qui paraît justifier l'existence d'une force agissant entre les bouilleurs et les corps des chaudières;

2° La dislocation et le déplacement des quatre chaudières vides, qui ne peuvent évidemment provenir que d'une action extérieure;

3° La destruction complète de la maçonnerie du massif des générateurs jusqu'au-dessous des bouilleurs;

4° La démolition de la conduite générale de fumée entre les deux cheminées, ainsi que l'éparpillement de la plupart des fragments des corps de chaudières dans la direction opposée, et le rassemblement des bouilleurs en avant et à l'ouest du bâtiment des générateurs;

5° L'enfoncement presque général des rivures et des déchirures des tôles vers l'intérieur des chaudières.

Nous reviendrons plus loin sur ces divers points.

L'association silésienne exclut d'ailleurs sans hésitation, comme causes de la catastrophe, une alimentation générale insuffisante, la surpression de la vapeur et l'amincissement des tôles. L'alimentation insuffisante est à rejeter, parce qu'on n'observe la coloration bleue qu'aux chaudières nos 6, 7 et 12, et qu'on peut l'attribuer au rayonnement de la maçonnerie des carneaux après la vidange de ces chaudières ; tout au plus le manque d'eau et, par suite, la négligence des chauffeurs pourraient-ils être invoqués pour expliquer la formation de la cassure entre rivets survenue à la chaudière n° 7, et qui aurait été le point de départ de l'accident. La surpression intérieure est aussi très improbable, car rien n'indique que les soupapes de sûreté aient été surchargées, et il y a lieu de croire, au contraire, que la pression était, lors de l'accident, inférieure à la limite fixée par le timbre ; de plus, s'il y avait eu excès de pression, les déchirures et les bagues déroulées auraient été plus nombreuses. Enfin, l'amincissement des tôles n'a joué aucun rôle, car on n'a observé que des diminutions d'épaisseur presque insignifiantes, et aucune rupture ne s'est produite dans les parties les plus affaiblies, notamment dans les régions où les bouilleurs avaient subi des corrosions intérieures à l'entrée des eaux d'alimentation.

En revanche, l'association silésienne déclare que la mauvaise qualité des tôles des vingt plus anciennes chaudières, qui facilitait singulièrement les cassures entre rivets, surtout dans des générateurs de pareil type et de pareille longueur, a exercé une influence prépondérante sur la gravité et l'étendue du désastre. Un matériel aussi défectueux convenait peu, on en conviendra, pour une batterie de générateurs qui était destinée à fonctionner nuit et jour pendant un grand nombre d'années, en dehors des chômages nécessités par les nettoyages et les réparations.

Avis de la Société régionale des ingénieurs allemands de la Haute-Silésie. — Le rapport dont nous venons de donner l'analyse a été discuté d'une manière très approfondie dans la séance tenue le 19 octobre 1887 par le groupe des ingénieurs allemands de la Haute-Silésie. Plusieurs d'entre eux ont complètement nié l'action des gaz des hauts fourneaux, et surtout le rôle que leur prête l'association silésienne au début de l'accident. Puisque, disent-ils, les voies d'eau ouvertes aux rivures circulaires des chaudières nos 7 et 6 n'ont pas été assez fortes pour provoquer une véritable explosion, la vidange de ces chaudières s'est opérée lentement ; de plus, les fuites d'eau et de vapeur, après avoir ouvert les portes des foyers, ont nécessairement rejeté les gaz au dehors, et ceux-ci se sont librement répandus dans l'atmosphère ; ils n'ont donc pu commencer à former un mélange explosible qu'à partir du moment où les chaudières étant complètement vidées, il leur a été possible de reprendre leur marche normale dans les carneaux ; la formation de ce mélange par diffusion a elle-même demandé un certain temps, et il est permis de croire que les maçonneries s'étaient alors suffisamment refroidies, soit par rayonnement, soit par le contact de l'eau dont elles avaient été arrosées, pour être incapables de produire l'inflammation du mélange détonant. La nature des gaz vient encore à l'appui de ce raisonnement ; les hauts fourneaux de Friedenshütte fabriquaient de la fonte grise pour acier ; d'après M. Bremme, leurs gaz avaient en poids, comme tous ceux des hauts fourneaux de la Haute-Silésie chauffés au coke, la composition moyenne suivante :

Azote	60
Acide carbonique	9
Vapeur d'eau	8
Oxyde de carbone	23
Total	100

Ils renfermaient un quart à peine d'élément combustible; en outre, ils étaient à une assez basse température, à cause du long trajet qu'ils avaient à parcourir pour se rendre à la batterie de générateurs ; ils étaient donc particulièrement difficiles à enflammer, surtout si l'on tient compte de ce qu'ils devaient être additionnés d'une grande quantité d'air et aussi d'une notable proportion de vapeur d'eau provenant des chaudières. Pour justifier une explosion de gaz, il serait plus simple d'admettre que les ouvriers ont laissé éteindre le feu sur les grilles pendant la nuit ; que le courant de gaz, pour une raison quelconque, a été momentanément interrompu, et que revenant ensuite, mais non enflammé, il a formé avec l'air un mélange explosible. Mais dans cette hypothèse même, d'ailleurs fort improbable, on ne s'expliquerait pas l'intensité des phénomènes observés, la projection à d'énormes distances de pièces de fer d'un poids considérable, et l'étendue des dégâts matériels. Les explosions qui se produisent assez fréquemment dans les conduites de gaz des hauts fourneaux n'ont en effet, le plus souvent, que des conséquences insignifiantes; tout se borne à la destruction de la conduite, et celle-ci reste parfois intacte lorsqu'elle présente un clapet de sûreté dans le voisinage; dans les cas assez rares où des mélanges détonants de gaz et d'air se sont enflammés dans les carneaux des chaudières, on n'a pareillement constaté que des avaries peu importantes, tandis que la statistique mentionne des explosions dont les effets ont été presque aussi destructeurs que ceux de Friedenshütte sans qu'on ait pu les expliquer par la seule intervention des gaz.

Pour combattre la succession de deux explosions de gaz admise par l'association silésienne, on a fait observer que les chaudières projetées par la première auraient atteint et brisé la conduite-maîtresse qui s'étendait sur le front d'avant du massif des générateurs et rendu ainsi la seconde explosion impossible : cette objection n'est pas sans réplique, car les deux explosions ont pu se préparer en même temps, et on peut prétendre en outre qu'en cas même de rupture de la conduite-maîtresse, le tirage exercé par les cheminées aurait suffi pour continuer d'aspirer vers elles les gaz affluant par ses deux tronçons, plus ou moins mélangés avec de l'air introduit par les sections rompues.

Les adversaires des conclusions de l'association silésienne ont encore déclaré que la position des débris sur le théâtre de l'accident a pu induire en erreur sur les directions de leurs trajectoires; que les nombreuses cassures observées dans les rivures circulaires peuvent aussi bien avoir été produites par une explosion de vapeur que par toute autre cause, si l'on admet que ces rivures avaient été préalablement affaiblies ; que l'enfoncement des tôles et des rivures vers l'intérieur s'explique par l'aplatissement des pièces projetées sur le sol ; qu'enfin la séparation presque générale des corps principaux des chaudières et des bouilleurs tient à ce que les communications qui les réunissaient était en fer de si mauvaise qualité qu'on pouvait en casser les rebords en leur faisant subir le plus léger pliage. Dans ces conditions, au lieu d'attribuer la teinte bleue des tôles des chaudières nos 6, 7 et 12, à la réverbération des parois rougies des carneaux, il paraît plus simple d'admettre que ces chaudières ont manqué d'eau et sont ainsi devenues la cause déterminante de la catastrophe ; à ce sujet, M. Zander a exprimé l'opinion qu'une première explosion, occasionnée par le manque d'eau, a détruit la conduite commune de vapeur et im-

primé un choc violent aux chaudières voisines, en produisant une détente subite de la vapeur qui a entraîné de nouvelles ruptures et propagé la destruction de la batterie de générateurs jusqu'à ses deux extrémités. Toutefois, l'assemblée n'a pas été aussi catégorique dans ses conclusions ; elle n'a pas fait connaître son opinion sur l'origine du désastre, et elle s'est bornée à repousser, dans les termes suivants, l'hypothèse d'une explosion de gaz : « La Société régionale des ingénieurs allemands de la Haute-Silésie n'admet pas l'explication de l'explosion de Friedenshütte donnée par l'association de surveillance silésienne. S'il est impossible, d'après l'état des lieux, de donner une explication nette de l'accident, la Société régionale se reconnaît du moins autorisée à soutenir qu'il n'a pas été et ne pouvait pas être provoqué par une explosion de gaz. »

Avis de l'association des métallurgistes allemands. — Cet avis est conforme aux conclusions d'un rapport dressé par M. Brunhuber, ingénieur chargé de la direction et de la surveillance des chaudières de l'usine Krupp, à Essen. Il a été adopté par l'assemblée, dans sa séance du 5 février 1888, tenue à Düsseldorf. Nous allons donner une analyse sommaire du rapport de M. Brunhuber.

On ne saurait admettre que, dans une marche régulière de plusieurs hauts fourneaux, les gaz qui en proviennent cessent tout à coup d'être combustibles ; leur composition ne varie pas brusquement d'un instant à l'autre, et il en est de même de leur volume produit dans l'unité de temps. Toutefois, en raison du faible écart qui existe entre leur température d'inflammation et celle qu'ils possèdent en brûlant à air libre, il peut arriver qu'ils s'éteignent sous les chaudières ; c'est précisément pour ce motif qu'on entretenait à Friedenshütte, à l'entrée de chacune d'elles, un feu de poussier de houille ;

mais des faits de ce genre présentent un caractère individuel et accidentel, et l'on doit considérer comme absolument improbable la généralisation et la simultanéité de l'extinction des gaz sous un grand nombre de chaudières. Dès lors, les explosions de mélanges détonants ne peuvent produire que des effets locaux.

M. Brunhuber pense en outre que ces effets ne sauraient avoir une grande intensité ; il en donne pour raison la faible vitesse d'inflammation des mélanges d'air et d'oxyde de carbone. Bunsen a trouvé qu'à la température ordinaire, la vitesse d'inflammation d'un mélange d'oxyde de carbone et d'oxygène, dans la proportion de deux à un en volume, n'est que d'un mètre par seconde ; cette vitesse doit être sensiblement réduite lorsque, comme dans l'espèce, l'oxyde de carbone est associé à des gaz inertes, et lorsque la combustion se fait en présence d'un grand excès d'air. De son côté, M. Brunhuber a cherché à déterminer la vitesse d'inflammation d'un mélange à volumes égaux de gaz des hauts fourneaux et d'air à diverses températures, en appliquant la formule de M. Mallard :

$$V = k \sqrt{\frac{s}{p}} \frac{T - t}{t - \theta},$$

dans laquelle V désigne la vitesse cherchée, k un coefficient dépendant de la nature du mélange et de celle des carneaux, p le périmètre des carneaux, s leur section transversale, T la température de combustion du mélange gazeux, t sa température d'inflammation, et θ sa température initiale. Il a ainsi trouvé, en faisant certaines hypothèses sur les éléments qui entrent dans la formule, et notamment en posant $t = 785°$, ce qui paraît excessif, les valeurs suivantes de V :

pour $\theta = 100°$	$V = 0^m,59$	pour $\theta = 600°$	$V = 3^m,81$
$200°$	$0^m,79$	$700°$	$9^m,00$
$300°$	$1^m,06$	$725°$	$13^m,00$
$400°$	$1^m,52$	$750°$	$22^m,71$
$500°$	$2^m,27$	$775°$	$81^m,00$

et il en conclut que la vitesse d'inflammation reste toujours assez faible en pratique, parce que la température initiale du mélange de gaz et d'air ne lui permet jamais d'atteindre un chiffre élevé. Cela étant, il pense qu'une explosion de gaz sera toujours presque inoffensive, d'autant plus qu'elle ne s'effectuera jamais dans un milieu circonscrit.

Les considérations dans lesquelles M. Brunhuber est entré pour tirer de la détermination de la vitesse d'inflammation d'un mélange d'air et de gaz des hauts fourneaux, la conséquence que la détonation d'un pareil mélange ne peut avoir de suites graves sont loin d'être concluantes ; le grisou, par exemple, mélangé à l'air à la température ordinaire, a une vitesse d'inflammation qui ne dépasse jamais $0^m,62$, ce qui ne l'empêche pas de donner lieu à des explosions d'une extrême violence ; l'effet produit dépend du volume des gaz, de leur nature, et surtout des conditions dans lesquelles se fait leur inflammation. Cet ingénieur nous paraît mieux inspiré lorsqu'il cherche à démontrer que les gaz des hauts fourneaux ne peuvent plus se rallumer au contact de la maçonnerie chaude des carneaux des générateurs, lorsqu'ils ont été éteints pendant quelques minutes. Il base cette appréciation sur les résultats d'expériences qui ont été faites aux forges d'Ilsede, dont l'installation est analogue à celle de Friedenshütte. En marche normale, la température du courant de gaz était de 720 à 750° à une distance de l'entrée variant de $1^m,80$ à $5^m,50$, et de 460 à 470° à une distance de $17^m,10$; on a alors couvert le feu sur les grilles et interrompu l'arrivée des gaz, en tenant

fermées les portes des foyers ; au bout d'une dizaine de minutes, la température avait baissé de plusieurs centaines de degrés et n'était plus que de 331° au maximum à l'entrée, et de 266° à la distance de $17^m,10$; cet abaissement était bien plus rapide encore lorsque les portes des foyers étaient ouvertes. Dans ces conditions, l'inflammation des gaz, après leur extinction, ne peut guère être attribuée qu'à une reprise du feu de houille sur les grilles ; une pareille circonstance peut, de même que l'extinction, se présenter accidentellement, mais comme on n'est pas fondé à supposer que le feu s'est revivifié simultanément sur un grand nombre de grilles, on est conduit une fois de plus à regarder une explosion de mélange détonant comme un incident particulier à une chaudière, tout en reconnaissant que ses effets peuvent, si les circonstances s'y prêtent, se propager et se transmettre aux chaudières voisines.

En résumé, M. Brunhuber s'est efforcé de prouver que les explosions de gaz des hauts fourneaux se distinguent par le peu d'étendue et de gravité de leurs effets. D'après lui, un mélange en parties égales de ces gaz et d'air, détonant en *vase clos*, serait capable de développer une pression de $4^{at},1/2$, mais il est clair que, dans les carneaux des générateurs, qui offrent de larges issues, les pressions réalisées sont toujours très inférieures à cette limite et ne dépassent jamais une fraction d'atmosphère. Il est facile de calculer celle qui aurait dû exister à Friedenshütte au-dessous des corps principaux des chaudières, comme conséquence de la détonation d'un mélange gazeux, pour arracher les communications qui les réunissaient à leurs bouilleurs. En admettant pour le métal de ces communications une résistance de 10 kilogrammes seulement par millimètre carré, cette pression aurait dû être de $3^{at},3/4$; évidemment, ce chiffre n'a pas été atteint, et il en résulte que l'arrachement des communications n'est pas dû à une explosion de gaz. Toutefois, il suffi-

sait d'une pression de 1/3 d'atmosphère, agissant dans le carneau supérieur d'une des chaudières, pour la soulever en masse avec ses bouilleurs et son massif de maçonnerie ; un mélange détonant peut avoir ce résultat, mais serait incapable de donner lieu à des projections à distance, car la chaleur développée par l'inflammation instantanée de toute la masse de gaz contenue dans le carneau supérieur d'un générateur (5 à 6^{m3} à 0°) ne correspondrait pas à un travail de plus d'un million de kilogrammètres, tout à fait insuffisant pour produire des effets mécaniques notables. Il ne reste plus alors qu'un moyen d'expliquer par une explosion de gaz les conséquences désastreuses de l'accident de Friedenshütte ; il consisterait à admettre qu'après avoir été soulevées comme nous venons de le dire, les chaudières sont retombées brusquement et se sont brisées dans leur chute en faisant explosion vers l'extérieur ; mais, s'il en avait été ainsi, les bouilleurs porteraient les traces du choc sur leurs supports, et en outre, ils auraient subi de nombreuses ruptures, tandis qu'ils sont restés intacts pour la plupart, ou se sont simplement divisés en quelques tronçons suivant des rivures circulaires.

N'est-il pas plus simple et plus naturel de supposer qu'une seule chaudière a d'abord fait explosion pour une cause quelconque telle que mauvais état de ses rivures, tôle fissurée, manque d'eau, etc., et a entraîné la destruction de toutes les autres par suite des ébranlements auxquels elles ont été soumises et de l'arrachement de la conduite générale de vapeur? A l'appui de cette opinion déjà émise par M. Zander, M. Brunhuber fait remarquer que la rupture seule de chaque tuyau conduisant au collecteur devait occasionner l'écoulement de $6^{kg},5$ de vapeur par seconde, ce qui correspond à 23.400 kilogrammes par heure, ou encore à 246 kilogrammes par heure et par mètre carré de surface de chauffe ; ce chiffre re-

présente plus de quinze fois l'évaporation normale ; il accuse par conséquent une détente assez brusque, et suffit à expliquer des ruptures subséquentes dans un matériel surmené et en mauvais état ; tel est, du reste, le motif pour lequel les statistiques anglaise et allemande indiquent une forte proportion d'accidents occasionnés par une prise brusque de vapeur. Quant aux énormes dégâts observés à Friedenshütte, ils ont été produits par la quantité considérable de chaleur qui est devenue disponible par l'éclatement même des chaudières ; si on évalue à 30.000 kilogrammes le poids d'eau que chacune d'elles renfermait, à $4^{at},1/2$ la pression effective et à 155° la température intérieure, on voit que cette quantité de chaleur a été de $30.000 \times 55 = 1.650.000$ calories par chaudière, correspondant à un travail d'environ 700 millions de kilogrammètres. Enfin, M. Brunhuber justifie la projection de la majeure partie des fragments vers l'avant du massif par cette considération que la vidange des corps principaux s'est opérée surtout à l'arrière, à cause de la rupture des communications, ce qui a dû entraîner comme conséquence leur déplacement dans le sens opposé.

Conformément à ce rapport, l'association des métallurgistes allemands a déclaré que l'accident de Friedenshütte ne devait pas être attribué à une explosion de gaz des hauts fourneaux.

Avis du comité central des associations prussiennes pour la surveillance des chaudières à vapeur. — Le rapport soumis au comité central des associations prussiennes pour la surveillance des appareils à vapeur a été extrait de deux autres, dont les conclusions étaient concordantes, et qui avaient été rédigés par les ingénieurs en chef de l'association de l'est de la Prusse et de l'association de surveillance de la Prusse rhénane. Il passe en revue diverses causes possibles de l'accident, et les rejette

successivement pour ne retenir que la dernière, qui est l'explosion d'un mélange d'air et de gaz inflammables.

Il exclut d'abord un manque général d'alimentation des dix-huit chaudières en activité; pour créer ainsi un danger, il aurait fallu trop de temps; il n'est pas admissible non plus que les pompes aient refusé leur service, et que l'alimentation ait été insuffisante ou la déperdition d'eau excessive à la fois pour tous les générateurs. Sans doute, les tôles inférieures des corps des chaudières nos 6, 7 et 12, présentaient une teinte bleuâtre à l'extérieur seulement, mais on peut attribuer cette coloration à des dépôts de tartre et à des surchauffes locales; du reste, la chaudière n° 7, qui présentait cette coloration de la façon la plus caractéristique, paraît n'avoir pas fait explosion d'elle-même et avoir été simplement projetée sous l'influence d'une action extérieure.

Un excès de tension de la vapeur est tout aussi invraisemblable; la surpression aurait dû exister en même temps dans les dix-huit chaudières, mais alors leurs trente-six soupapes de sûreté, si elles n'étaient pas calées ou surchargées, se seraient soulevées et auraient offert un large débouché à la vapeur; des fuites se seraient déclarées aux joints, et le tout aurait occasionné un bruit de nature à éveiller l'attention. D'autre part, les machines soufflantes absorbant la majeure partie de la vapeur, la pression ne pouvait s'élever rapidement dans les chaudières qu'au cas où ces machines se seraient arrêtées; or, leur arrêt aurait précisément suspendu le dégagement des gaz combustibles. Quant à la houille brûlée sur les grilles, elle était en quantité trop faible et de qualité trop médiocre pour donner un excédent de pression. Le rapport ajoute que, pour faire sauter les générateurs, la tension de la vapeur aurait dû être notablement supérieure à dix atmosphères, puisque vingt et une chaudières avaient subi avec succès l'épreuve officielle à cette pression, en 1886 et 1887, à la suite de grosses réparations.

L'accident n'ayant pu se produire par l'une ou l'autre des deux circonstances qui viennent d'être indiquées et qui se seraient étendues à toutes les chaudières, on doit se demander s'il n'a pas été la conséquence de l'explosion isolée d'une ou même de deux d'entre elles, et des secousses qui en seraient résultées. A cet égard, le rapport répond qu'en raison du faible diamètre ($0^m,156$) des tuyaux qui réunissaient individuellement les générateurs à la conduite commune de vapeur, comparativement à leur grand volume, l'arrachement de ces tuyaux ne pouvait produire un abaissement brusque de pression, d'autant plus qu'un courant très vif de vapeur existait déjà vers les machines à l'état normal; de plus, les chocs latéraux des chaudières les unes contre les autres, en admettant qu'ils aient pu les rompre, auraient donné aux ruines un aspect tout différent de celui qui a été observé et auraient éparpillé les fragments des générateurs dans toutes les directions, notamment sur les côtés, tandis qu'à peu d'exceptions près, leurs trajectoires ont dessiné vers l'avant une sorte d'éventail partant d'un point situé entre les deux cheminées, et ayant ses branches extrêmes dirigées vers le nord-ouest et le sud-ouest; enfin, l'explosion de proche en proche des vingt-deux chaudières aurait demandé un temps assez long et produit un bruit analogue à celui d'une violente canonnade. La statistique officielle allemande indique du reste que parmi les explosions de générateurs appartenant à une batterie, il en est peu qui aient occasionné des dommages considérables aux chaudières voisines.

La disposition en éventail des trajectoires des débris projetés semble indiquer que l'explosion a commencé par les chaudières du milieu; cette hypothèse est confirmée par les avaries de la conduite générale de fumée qui a

été complètement détruite entre les deux cheminées, tandis qu'elle est restée presque intacte aux deux extrémités. Le rapport énonce que l'état des lieux et l'aspect des fragments des générateurs permettaient d'attribuer la catastrophe à une action *extérieure*, commune à toutes les chaudières ou au moins à un grand nombre d'entre elles, qu'on ne peut trouver que dans la détonation subite d'un mélange d'air et de gaz des hauts fourneaux renfermant peut-être d'autres gaz produits par les foyers chauffés à la houille. Les effets d'une pareille détonation n'auraient sans doute pas été considérables si les tôles avaient été de bonne qualité; il n'en était malheureusement pas ainsi, et, en marche normale, cette imperfection du matériel se traduisait par des fissures en pleine tôle et des cassures aux rivures qui obligeaient à de fréquentes réparations, à telles enseignes que, comme nous l'avons signalé plus haut, la moitié environ des tôles inférieures des corps principaux des générateurs avaient dû être remplacées depuis l'origine. Cet état de choses était aggravé par les tensions et les dilatations irrégulières inhérentes à l'emploi des gaz des hauts fourneaux; dans ce mode de chauffage, surtout lorsque les gaz brûlent difficilement, comme c'est ici le cas, la zone où la combustion a le plus d'activité se déplace d'un instant à l'autre, et les tôles sont ainsi soumises à des efforts variables qui, dans des chaudières de ce système et de cette longueur, sont, comme la statistique le démontre, de nature à détruire rapidement leurs assemblages et à créer un danger; on conçoit donc que les générateurs de Friedenshütte se soient trouvés, sans même que le personnel de l'usine en eût conscience, et sans qu'il en eût été averti par des signes extérieurs, dans des conditions particulièrement favorables à une destruction complète.

La force produite par l'explosion des gaz a dû, d'après

le rapport, prendre naissance derrière les chaudières et vers le milieu de la batterie, entre les deux cheminées; c'est pour cela que la conduite générale de fumée a été violemment écrasée dans cette région, et dans cette région seule : on a constaté que sa paroi d'avant a été poussée vers celle d'arrière. Ainsi s'expliqueraient de même les autres circonstances de l'accident, telles que la maçonnerie du massif rasée jusqu'à la sole des carneaux inférieurs, les fragments des corps supérieurs presque tous lancés vers l'avant et en éventail, les bouilleurs déplacés du même côté; ces derniers, ayant été soumis à la pression des gaz sur toute leur surface extérieure, ont été soustraits aux effets de projection qu'ont subis les corps principaux sur lesquels cette pression ne pouvait agir qu'à la partie inférieure.

Cette hypothèse admise, au moins pour les chaudières du milieu, il ne s'agit plus que d'examiner si les gaz des hauts fourneaux seuls ont pu donner lieu à l'explosion, ou s'ils ont dû être additionnés pour cela d'une certaine quantité de gaz de houille.

Le comité central pense d'abord que l'explosibilité des gaz des hauts fourneaux ne peut être contestée; le danger qui en résulte varie naturellement avec la composition de ces gaz, notamment avec leur proportion d'oxyde de carbone; mais, dans toutes les usines où on les emploie au chauffage des chaudières, on a soin de munir les tuyaux en tôle dans lesquels ils passent de clapets de sûreté, parce que les explosions y sont assez fréquentes. On cite même quelques exemples d'explosions qui se sont produites dans les carneaux des chaudières, sans avoir occasionné, il est vrai, de dégâts matériels importants. Les accidents de cette nature sont faciles à expliquer : le courant gazeux peut être interrompu par une circonstance quelconque, telle qu'une explosion dans la conduite d'amenée, un arrêt des machines soufflantes au moment

de la coulée, une obstruction de haut fourneau, ou l'ouverture simultanée des obturateurs des gueulards. Quand ensuite les gaz affluent de nouveau, ils peuvent, s'ils ne trouvent pas de feu sur les grilles, ne pas se rallumer immédiatement, se répandre dans les carneaux, non brûlés et mélangés d'air, et enfin détoner par suite d'une reprise du feu de houille ou de leur contact avec la maçonnerie des carneaux portée au rouge. Si on admet que la dilatation produite par leur inflammation est capable de donner lieu à une pression de 1 kilogramme, le déplacement des générateurs sous une pareille action se trouve aisément expliqué, car il suffit, comme on l'a vu tout à l'heure, de l'existence de 1/3 d'atmosphère de pression dans les carneaux supérieurs des chaudières, pour les soulever avec leurs bouilleurs et la maçonnerie qui les entoure.

Toutefois, si le comité central regarde comme suffisante cette explication des phénomènes observés, il se montre disposé, pour justifier péremptoirement l'intensité de leurs effets, à admettre que les gaz des hauts fourneaux étaient mélangés, dans l'espèce, à des gaz de houille. De cette manière, leur pouvoir explosif devait être augmenté dans de larges proportions, car il ne résultait plus seulement de l'oxyde de carbone provenant des hauts fourneaux, mais encore et surtout de l'hydrogène carboné fourni par la distillation de la houille.

Moyennant cette seconde hypothèse, il n'est plus nécessaire d'admettre l'extension de l'explosion à toutes ou à presque toutes les chaudières ; on peut lui attribuer une étendue plus restreinte, puisque son action doit être considérée comme beaucoup plus énergique.

De minuit à une heure du matin, dit le rapport, les ouvriers du poste de nuit prennent leur repas. Ils ont peut-être, pour cette raison, chargé très fortement les grilles, et cette surcharge a pu avoir pour conséquence

l'extinction des gaz des hauts fourneaux; en effet, le charbon employé était de la houille pulvérulente, que l'on devait souvent mouiller avant de l'introduire dans les foyers ; il en résultait facilement une couverture complète des feux; dès lors, les gaz éteints des hauts fourneaux arrivés pendant cette période de feu mort ont peu à peu rempli les carneaux, en s'y mélangeant avec de l'air et en formant avec lui et avec les gaz provenant de la distillation de la houille un mélange très explosif. On ne peut décider si l'inflammation de ce mélange s'est faite sur une grille, ou au contact des briques incandescentes des carneaux, ou même dans la gaine principale de fumée; ces trois suppositions sont, dans l'opinion du comité, parfaitement admissibles et conduisent au même résultat. On voit, dans tous les cas, qu'il faut éviter, autant que possible, de brûler à la fois sous une même chaudière de la houille et des gaz des hauts fourneaux.

En définitive, le comité central des associations prussiennes pour la surveillance des chaudières à vapeur a voté l'ordre du jour suivant :

« Par un concours fâcheux de circonstances, un mélange explosif de gaz et d'air formé dans les carneaux s'est enflammé subitement.

« L'action de l'explosion des gaz a déterminé dans les chaudières une dislocation locale qui, vu leur longueur, leur mode de construction et la mauvaise qualité de leurs tôles, a pu se continuer d'une manière relativement facile. L'explosion des gaz a été la cause d'un ébranlement et d'un déchirement des chaudières, à la suite desquels elles ont éclaté. »

Ces conclusions ne sont pas nettes, car tout en attribuant la catastrophe à une explosion de gaz dont l'étendue n'est même pas indiquée, elles permettent de supposer que cette explosion n'a produit qu'une première

dislocation des générateurs, qui aurait été suivie de leur éclatement, et il n'est pas dit explicitement que l'action de la vapeur a été étrangère à ce dernier effet.

La portée de l'avis qui précède est encore atténuée par le préambule du rapport que le comité central a approuvé, dans lequel il est dit que la véritable cause de l'accident de Friedenshütte restera toujours dans l'ombre, et que l'on doit se borner à en rechercher l'explication qui présente le plus de vraisemblance.

III. — OBSERVATIONS ET CONCLUSIONS PERSONNELLES DU RAPPORTEUR.

Comme le comité central des associations prussiennes, nous croyons qu'il régnera toujours quelque incertitude sur l'origine et les causes déterminantes du désastre de Friedenshütte; mais, cette réserve faite, il nous semble que cette assemblée aurait dû tirer des conclusions toutes différentes de l'enquête très minutieuse à laquelle l'accident a donné lieu, et il nous paraît résulter d'une manière presque certaine des constatations de l'association silésienne qu'il faut y voir une explosion ordinaire de chaudières à vapeur, dont la gravité des conséquences est le seul caractère spécial.

Examinons d'abord s'il existait dans plusieurs chaudières à la fois une circonstance commune de nature à amener la catastrophe.

On a indiqué le manque d'eau, l'excès de pression de la vapeur, et la formation dans les carneaux d'un mélange détonant de gaz inflammables et d'air.

Les raisons invoquées par le comité central des associations prussiennes nous portent à rejeter l'hypothèse d'un manque d'eau général; nous ajouterons que si l'explosion d'un générateur bien alimenté peut parfois n'être

pas suivie d'effets dynamiques importants, on ne comprendrait pas qu'une batterie de chaudières presque vide ait pu déterminer des phénomènes de destruction et de projection comparables à ceux qui se sont produits.

Nous éliminons pareillement l'hypothèse d'une tension exagérée de la vapeur. Outre que rien dans l'enquête ne peut faire soupçonner l'existence d'une surpression, il faut considérer qu'un arrêt prolongé des machines soufflantes aurait seul pu la créer, mais qu'alors les gaz des hauts fourneaux auraient cessé d'affluer sur les foyers et que, de cette manière, la diminution dans la consommation de la vapeur aurait eu pour contre-partie une réduction équivalente dans sa production.

Quant à l'inflammation subite d'un mélange détonant d'air et de gaz des hauts fourneaux, chargés ou non de gaz de houille, nous n'y croyons pas davantage, surtout en tant qu'action générale exercée sur la batterie de générateurs. Nous rappellerons à ce sujet les observations de M. Brunhuber : en marche normale, la quantité et la composition des gaz des hauts fourneaux ne changent pas brusquement; ces éléments varient dans des limites plus restreintes encore quand les gaz proviennent, non plus d'un seul, mais de plusieurs appareils dont l'association a pour effet de masquer les variations individuelles de régime. L'usine de Friedenshütte renfermait quatre hauts fourneaux; ce n'est donc pas à un motif de ce genre que l'on peut attribuer l'extinction simultanée des gaz autour de plusieurs chaudières. Il n'est pas probable non plus qu'ils aient cessé d'affluer par suite de l'ouverture de tous les gueulards ou de l'arrêt de toutes les machines soufflantes au même instant, ni d'une explosion dans la conduite d'amenée; enfin, l'obstruction d'un seul haut fourneau, déjà improbable en elle-même, ne peut être invoquée, puisque les autres auraient continué à fournir à la consommation des géné-

rateurs. Cela étant, l'extinction des gaz doit être regardée comme un fait spécial à chaque chaudière ; elle n'a pu se généraliser que si les deux chauffeurs et leur aide ont été assez négligents pour laisser tomber les feux sur plusieurs grilles à la fois, ou assez maladroits pour les couvrir d'une quantité exagérée de poussier de houille.

Avec un mélange détonant exclusivement composé de gaz des hauts fourneaux et d'air, il faut admettre qu'un assez grand nombre de chaudières ont participé à l'extinction des gaz ; ce nombre se réduit au contraire très sensiblement dans l'hypothèse de l'intervention des gaz de houille, à cause de leur plus grand pouvoir explosif. Le degré de négligence ou de maladresse à imputer aux ouvriers varie suivant qu'on se place dans l'un ou l'autre cas.

Dans la séance de la Société régionale des ingénieurs allemands de la Haute-Silésie, M. Minssen, ingénieur en chef de l'association silésienne, a déclaré que dix minutes environ avant l'explosion, un des chauffeurs causait avec un manœuvre en dehors du bâtiment des chaudières. Les cadavres des trois ouvriers attachés aux générateurs ont été retrouvés sur l'emplacement même de la chambre de chauffe ; ces hommes étaient donc à leur poste, et rien n'autorise, en l'absence de preuves contraires, à dire qu'ils n'ont pas fait leur devoir. On ne saurait émettre des doutes à ce sujet, que si les faits relevés à l'enquête ne permettaient pas d'attribuer l'accident à une autre cause, mais nous verrons précisément qu'il est facile de l'expliquer de la manière la plus simple, sans qu'il soit nécessaire d'incriminer les malheureux qui en ont été victimes.

L'état des lieux leur fournit une première justification. Supposons en effet que, contrairement à notre opinion, les gaz se soient éteints en même temps sous plusieurs chaudières. Il paraît résulter des expériences d'Ilsede, qu'ils

ne pouvaient se rallumer qu'au contact d'un feu de grille, et que, si des bâtiments ont été incendiés par des briques incandescentes, celles-ci provenaient de carneaux dans lesquels les gaz n'avaient pas cessé longtemps de brûler. Il est peu probable que plusieurs feux se soient ranimés simultanément de manière à concourir à l'explosion du mélange détonant ; son inflammation a eu vraisemblablement une origine unique, et si on admet qu'elle s'est propagée aux chaudières voisines, elle n'a pu le faire que par la conduite générale de fumée, au sud de la cloison existant entre les chaudières n°s 7 et 8. C'est du reste ainsi que, d'après les partisans de l'explosion de gaz, cette conduite serait devenue le principal point de départ de la force qui aurait repoussé les bouilleurs vers l'avant et projeté en éventail, du même côté, les corps principaux des chaudières. Mais, en ce cas, comment expliquer que son mur antérieur, c'est-à-dire le plus voisin du massif, soit venu, comme on l'a constaté, s'appliquer contre le mur d'arrière ? Si les gaz avaient réellement fait explosion dans la gaine principale de fumée, les deux parois de celle-ci auraient été écartées ; leur rapprochement vers les cheminées prouve au contraire que la force explosive a pris naissance ou s'est propagée, non plus en arrière des générateurs, mais sur leur emplacement même, en avant de la conduite générale servant à l'évacuation des produits de la combustion. Ajoutons encore que cette conduite a été complètement obstruée par les décombres entre les deux cheminées, tandis qu'on l'aurait retrouvée vide si elle avait été le théâtre d'une explosion de gaz.

Ces observations nous paraissent de nature à faire abandonner l'hypothèse d'un mélange détonant ayant agi simultanément sur plusieurs chaudières, et par suite à disculper les ouvriers chargés de l'entretien des feux.

Il faut considérer, en outre, qu'une explosion de ce

genre, même avec addition de gaz de houille, n'aurait pas pu occasionner, à elle seule, la destruction de la batterie de générateurs et d'une partie de l'usine. On est donc amené, dans tous les cas, à conclure qu'il y a eu explosion de vapeur, et le doute ne peut subsister que sur la question de savoir si cette explosion a été causée, facilitée ou aggravée par quelque action *simplement locale* des gaz combustibles. Leur intervention, réduite à ces proportions, devient plus acceptable; mais, dans l'espèce, elle reste encore tellement sujette à caution, et il est si facile de s'en passer pour interpréter les circonstances de l'accident, que nous croyons vraiment inutile d'y insister davantage.

Pour nous, la seule cause du désastre de Friedenshütte réside dans le mauvais état de la batterie de générateurs, à l'exception des chaudières n°s 22 et 23. Les vingt autres dataient de 1872; elles avaient été construites à une époque où les produits métallurgiques étaient souvent médiocres, et où il n'était pas encore entré dans les usages de vérifier la qualité des tôles de générateurs par des essais de résistance; en fait, les tôles des chaudières n°s 1 à 20 étaient aigres, cassantes, et les expériences dont les résultats sont relatés ci-dessus montrent qu'elles manquaient de ductilité. Elles devaient donc, à l'usage, donner lieu à des mécomptes, et c'est ce qui n'a pas manqué d'arriver. Les cassures aux rivures se sont multipliées; celles qui se produisaient des rivets au matage étaient généralement assez apparentes à froid, mais celles qui suivaient les lignes de rivets étaient plus difficiles à découvrir; des fissures se sont en même temps déclarées en pleine tôle, et il a fallu exercer une surveillance attentive et procéder à de nombreuses réparations pour éviter des accidents. Malgré toutes les précautions prises, l'une des chaudières s'est, comme nous l'avons vu, rompue en service au mois de mars 1886;

cette avarie a été l'occasion d'une revue générale des appareils et de nouvelles réparations à la suite desquelles vingt et une chaudières ont subi l'épreuve officielle en 1886 et 1887. La situation était d'autant plus dangereuse qu'avec le chauffage par les gaz des hauts fourneaux, le lieu de la combustion la plus active n'était pas toujours le même, ce qui entraînait pour les tôles les plus voisines des foyers, des alternatives de tension et de dilatation aggravées encore par les refroidissements provenant de l'ouverture des portes de chargement; le type même des chaudières ne convenait guère pour ce mode de chauffage, car la différence très notable de température entre les carneaux supérieurs et inférieurs fatiguait les communications reliant les corps principaux aux bouilleurs. On comprend que, dans ces conditions, il ait été nécessaire de remplacer, depuis 1872, la moitié environ des tôles inférieures des corps principaux.

Les ingénieurs allemands font toutefois remarquer que les épreuves par pression hydraulique faites en 1886 et 1887 permettaient de compter sur l'efficacité des réparations exécutées en dernier lieu. A notre avis, cela est loin d'être démontré. M. Cornut, ingénieur en chef de l'association des propriétaires d'appareils à vapeur du nord de la France, a publié en effet une statistique des épreuves légales opérées, avec le concours de cette association, par les ingénieurs des mines des départements du Nord et du Pas-de-Calais, de laquelle il résulte qu'un certain nombre de chaudières auraient été timbrées comme ayant subi l'épreuve avec succès, si les visites extérieures et intérieures de l'association, faites pendant et après l'essai, n'y avaient révélé l'existence de défauts importants. De plus, M. Cornut a fait voir, d'après les statistiques officielles, qu'un assez grand nombre d'explosions paraissent avoir été facilitées, sinon provoquées par l'épreuve elle-même et la fatigue exceptionnelle qui en a été la conséquence. De cette double

série d'observations, il conclut que les essais à la presse hydraulique demandent à être faits avec des soins tout particuliers pour présenter des garanties complètes de sécurité, et peuvent même, s'il en est autrement, constituer un danger en augmentant, sans qu'on s'en aperçoive, des défauts déjà existants ou en en créant de nouveaux. C'est peut-être ce qui est arrivé dans les dernières épreuves des chaudières de Friedenshütte. Notons encore que ces chaudières avaient eu depuis lors le temps de subir de nouvelles avaries, en raison de leur manque de solidité que les réparations n'avaient qu'imparfaitement corrigé, du service très rude auquel elles étaient soumises, et des efforts spéciaux supportés par les rivures à la jonction des tôles de nature différente qui constituaient leurs corps principaux.

En un mot, nous sommes porté à croire, et en cela nous ne faisons que partager l'avis unanime des ingénieurs allemands, qu'à la veille de la catastrophe, les générateurs des hauts fourneaux de Friedenshütte étaient extrêmement fatigués, et par conséquent exposés à sauter tous ensemble, dès qu'une circonstance quelconque viendrait rompre l'état d'équilibre instable de tout le système.

Cette circonstance, nous la trouvons dans l'explosion même de l'une des chaudières; un accident de ce genre n'aurait eu probablement que des conséquences limitées s'il était survenu à une batterie de générateurs solide, convenablement ménagée et bien entretenue; dans l'espèce au contraire, il pouvait et devait amener les suites les plus redoutables.

Comment cette explosion initiale s'est-elle produite? A cet égard, on en est réduit à des conjectures. Nous avons déjà dit que nous ne croyons pas à l'inflammation d'un mélange détonant d'air et de gaz combustibles, même sous un seul générateur; l'association silésienne pense que la formation d'un pareil mélange a pu être favorisée

par des fuites d'eau et de vapeur à quelques-unes des chaudières, et elle a échafaudé sur cette hypothèse toute une théorie que sa complication et son originalité excessive rendent invraisemblable. On peut encore invoquer un abaissement particulier du niveau de l'eau, par suite de déperdition ou de manque d'alimentation; il en serait résulté une altération rapide, et enfin la rupture d'une ou de plusieurs rivures; la coloration bleue des tôles inférieures des chaudières n°s 6, 7 et 12, s'expliquerait de cette manière, mais on peut l'attribuer aussi à des surchauffes locales provenant d'un feu intense et facilitées par des dépôts intérieurs; de plus, si l'eau avait manqué, l'explosion première aurait été peu énergique et sa transmission aux autres chaudières plus difficile.

Quant à l'influence de l'amincissement des tôles, il n'y a pas lieu de s'y arrêter; les épaisseurs de construction étaient largement suffisantes: les corps principaux travaillaient à raison de 3 kilogrammes seulement par millimètre carré en pleine tôle et de 5 kilogrammes dans les rivures, les bouilleurs à raison de 2^{kil},5 et de 4 kilogrammes; l'usage avait peu altéré les épaisseurs et ces chiffres n'étaient presque pas dépassés; enfin aucune déchirure n'a été constatée dans les parties les plus corrodées.

Selon nous, la première explosion a été occasionnée, comme toutes celles qui en ont été la conséquence, par le mauvais état de la chaudière qui en a été l'objet. L'exemple de ce qui s'est passé au mois de mars 1886, montre que sous la seule influence de la pression intérieure et dans les conditions ordinaires, les chaudières de Friedenshütte étaient exposées à se rompre. On est donc fondé à croire que, dans la nuit du 24 au 25 juillet 1887, l'une d'elles s'est déchirée brusquement; en éclatant, elle a détruit la conduite générale de vapeur, et exercé en même temps sur les chaudières contiguës des chocs latéraux qui, à cause du peu de solidité de ces

chaudières, ont amené leur destruction. Ces dernières à leur tour, en faisant explosion, ont produit le même effet sur les chaudières voisines, et l'accident s'est ainsi étendu de proche en proche jusqu'aux deux extrémités de la batterie, sans même que sa propagation ait pu être arrêtée par les chaudières qui n'étaient pas en service.

Cette explication si simple et si naturelle, uniquement basée sur des faits réels et indiscutables, conduit à rejeter sans hésitation l'hypothèse de l'intervention des gaz explosibles. Elle est d'ailleurs en parfait accord avec les résultats de l'enquête de l'association silésienne et avec l'état des lieux après l'accident, ainsi que nous allons le démontrer.

L'explosion ne s'étant pas produite d'un seul coup, mais ayant atteint successivement les diverses chaudières, sa durée a été d'une minute environ, et elle s'est traduite par les trois ou quatre détonations qui ont été entendues par le personnel de l'usine, subitement réveillé au milieu de la nuit.

Les rivures transversales, préalablement altérées, étaient des lignes de moindre résistance; les arrachements se sont donc faits de préférence le long de ces rivures, et il y a eu relativement peu de déchirures en pleine tôle; les fragments étaient en général formés d'une ou de plusieurs viroles; un petit nombre seulement s'étaient développés, mais cette circonstance n'exclut pas l'explosion par cause intérieure, qui est d'ailleurs accusée par l'apparence des débris de la chaudière n° 15 et de quelques morceaux déroulés des chaudières n°s 2, 6 et 7.

En retombant sur le sol ou en se heurtant contre les bâtiments, les fragments cylindriques des chaudières se sont déchirés, rompus et aplatis; ils se sont ainsi déformés de l'extérieur vers l'intérieur, c'est-à-dire que les bords de leurs cassures se sont repliés vers le dedans, et que leurs bosses ont pris leur convexité du même côté.

On ne peut évidemment expliquer que dans leur ensemble les phénomènes complexes que présente une explosion aussi considérable que celle dont nous nous occupons. Il nous serait donc impossible d'indiquer les raisons pour lesquelles chaque chaudière, prise individuellement, a été projetée dans telle ou telle direction; quelques-unes ont échappé à la règle générale qui semble avoir présidé à la destruction des autres; mais, en gros, voici ce qui a dû se passer.

Les rivures circulaires situées à la partie antérieure et inférieure des corps principaux, c'est-à-dire près des foyers, étant les plus fatiguées, ont dû céder les premières à l'action des chocs latéraux et de la secousse résultant de l'arrachement de la conduite générale de vapeur. Cela étant, les corps cylindriques des générateurs du milieu de la batterie, depuis le n° 6 jusqu'au n° 14, se sont soulevés à l'avant, en se détachant de leurs bouilleurs qui étaient retenus par la maçonnerie environnante. Les communications ont peu résisté, à cause de la qualité médiocre du métal qui les constituait. Les fonds antérieurs et les premières viroles des corps principaux ont alors été librement projetés dans l'espace sous un certain angle, dans la direction des hauts fourneaux, tandis que leurs parties postérieures allaient écraser la sole des générateurs et démolir la conduite générale de fumée *en rapprochant son mur d'avant de son mur d'arrière*. On a remarqué qu'à proximité de la gaine de fumée, le terrain avait subi une compression énergique qui lui avait donné une pente sensible vers les cheminées (V. Pl. I, *fig.* 5).

On n'a pas retrouvé les dernières viroles ni les fonds postérieurs des chaudières n°s 8, 9, 10, 13 et 15, qui ont sans doute été déplacés vers l'arrière. Les trajectoires de ces pièces, si on avait pu les tracer, auraient peut-être modifié l'apparence en éventail de l'éparpillement des débris de l'explosion; mais en admettant qu'il en fût autrement, cette disposition se justifie d'une façon tout à

fait satisfaisante par les considérations très simples dans lesquelles nous venons d'entrer, lesquelles donnent en même temps la cause de l'écrasement du sol de la batterie de générateurs près des cheminées, et de la destruction de la conduite transversale de fumée par le déplacement de son piédroit antérieur.

Les chaudières situées au nord et au sud du massif ne paraissent pas avoir été soulevées à l'avant, comme celles du milieu; aussi leurs débris se sont-ils répandus dans toutes les directions, en passant au-dessus de la gaine transversale de fumée sans la démolir. Cette gaine est donc restée intacte aux deux extrémités, où l'on cesse en même temps d'observer la disposition en éventail des trajectoires des fragments projetés.

Plusieurs chaudières, par exemple celles portant les nos 5 et 18, se sont retournées en faisant explosion, c'est-à-dire que leur arrière a tendu à venir prendre la place de leur avant, et inversement; la chaudière n° 5 a été ainsi projetée presque tout entière vers le nord-est, alors que d'autres, comme les nos 7, 11, 12 et 14, étaient lancées en totalité ou en presque totalité vers l'avant. Le retournement des chaudières nos 5 et 18 a sans doute été provoqué par la rupture d'une rivure longitudinale à l'une de leurs extrémités; cette évolution n'a pu se faire sans occasionner un grand désordre parmi les chaudières du voisinage, et a dû aider beaucoup à la propagation de l'accident dans les régions occupées par les chaudières vides.

Quant aux bouilleurs, ils ont été ouverts à leur partie supérieure, principalement à l'arrière, par suite de l'arrachement de leurs communications; ils ont été ainsi soumis à une pression agissant de haut en bas, et ils ont, en outre, été amenés à quelque distance vers l'avant, en dépit de la maçonnerie qui les entourait de tous côtés, et qui a été déplacée avec eux. La destruction du massif a été ainsi complétée jusqu'au niveau du sol.

Il nous paraît impossible d'indiquer exactement la chaudière qui a été le point de départ de la catastrophe. Si l'on en jugeait par la violence de l'action de la vapeur, il faudrait admettre que la chaudière n° 15 a sauté la première; l'association silésienne pense que ce sont plutôt les chaudières nos 7 et 6; nous ne nous prononcerons pas à cet égard, mais nous croyons qu'il faut se tenir en garde contre les déductions que cette association prétend tirer de l'ordre de superposition des fragments provenant de générateurs différents : dans l'ouragan de fer et de briques qui s'est abattu sur l'usine et l'a détruite en partie, il s'est produit des bouleversements, des chocs et des ricochets qui ne permettent pas de prendre en considération des particularités de ce genre.

Si la statistique n'a pas encore enregistré de catastrophes aussi considérables dans leurs effets destructifs que celle de Friedenshütte, c'est qu'il existe peu de batteries d'un pareil nombre de générateurs, et qu'on rencontre rarement des circonstances aussi favorables à l'extension d'une explosion. Cependant, nous pouvons citer des exemples d'accidents dans lesquels des batteries assez importantes ont été complètement détruites, sans qu'on puisse alléguer l'action des gaz explosifs dans les carneaux.

Le 8 avril 1863, cinq générateurs ont éclaté d'un seul coup dans le laminoir Mossend, près de Glasgow. M. l'ingénieur en chef Fletcher n'a pas hésité à attribuer cet accident à la rupture d'une des chaudières, et à la dislocation qu'elle a entraînée parmi les autres. De leur côté, les ingénieurs allemands ont expliqué la propagation du désastre par la chute brusque de pression qui a eu lieu simultanément dans tout le groupe de générateurs.

Le 26 décembre 1876, dans la fabrique de sucre de Saint-Hilaire-Cottes (Pas-de-Calais), une batterie de cinq chaudières a été détruite dans des conditions analogues, en marche normale, les valves de prise de vapeur ou-

vertes. Trois seulement de ces chaudières étaient en pression; les vides alternaient avec les pleines. L'une d'elles, située à une extrémité de la batterie, a sauté par suite d'un concours de circonstances telles que le mauvais état de l'appareil, un excès de pression, etc.; sa destruction a amené celle du reste de la batterie, malgré l'intercalation des deux chaudières vides.

La catastrophe de Friedenshütte s'est produite à peu près dans les mêmes circonstances que les précédentes, et ses conséquences n'ont été plus étendues et plus graves que parce que la batterie renfermait vingt-deux chaudières au lieu de cinq.

En résumé, nous concluons de la façon suivante :

Tout en faisant, au sujet de l'origine de l'explosion de Friedenshütte, la part de l'incertitude qui résulte de la disparition de tous ses témoins immédiats et de la destruction complète de la batterie de générateurs, il y a lieu de croire que cette catastrophe ne doit pas être attribuée à une action extérieure aux chaudières, c'est-à-dire à la détonation d'un mélange explosif d'air et de gaz combustibles accumulé dans les carneaux.

Il semble probable, au contraire, d'après les résultats de l'enquête et d'après la disposition des lieux après l'accident, que celui-ci a été uniquement causé par le mauvais état des générateurs, qui avaient été construits en tôles de qualité inférieure et n'étaient plus assez solides, malgré d'importantes réparations, pour résister aux efforts qu'ils avaient à supporter. Dans ces conditions, l'explosion de l'une des chaudières a entraîné de proche en proche la destruction ou le déplacement de toutes les autres, par suite des chocs latéraux auxquels elles étaient incapables de résister, et de la chute brusque de pression qui s'est produite à leur intérieur.

STATISTIQUE
de l'Industrie minérale de la France.

TABLEAUX COMPARATIFS DE LA PRODUCTION DES COMBUSTIBLES MINÉRAUX, DES FONTES, FERS ET ACIERS, EN 1887 ET EN 1888 (*).

I. — Combustibles minéraux.

PRODUCTION PAR DÉPARTEMENT.

DÉPARTEMENTS	NATURE DU COMBUSTIBLE.	PRODUITS 1887	PRODUITS 1888
		tonnes	tonnes
Allier	Houille	882.668	888.779
Alpes (Basses-)	Lignite	23.565	29 145
Alpes (Hautes-)	Anthracite	6.401	5 970
Ardèche	Houille et anthracite	30.202	36.093
	Lignite	2.093	1.807
Aude	Idem	282	130
Aveyron	Houille	758.746	809.567
	Lignite	4.556	3.823
Bouches-du-Rhône	Idem	406.715	364.865
Cantal	Houille	27.848	42.320
	Lignite	450	596
Corrèze	Houille	1.688	2.802
Côte-d'Or	Houille et anthracite	9.255	11.127
Creuse	Houille	150.870	186.251
Dordogne	Idem	215	370
	Lignite	900	430
Drôme	Idem	243	270
Gard	Houille	1.801.279	1.791.614
	Lignite	16.553	17.348
Hérault	Houille et anthracite	207.841	228.704
	Lignite	344	222
Isère	Anthracite	126.676	140.920
	Lignite	1.266	720
Jura	Idem	600	143
Landes	Idem	»	663
Loire	Houille et anthracite	2.943.946	3 311.922
Loire (Haute-)	Houille	203 602	228.036
Loire-Inférieure	Anthracite	12.737	10.040
Lot	Houille	2.963	3.041
Maine-et-Loire	Anthracite	32.905	31.750
Mayenne	Idem	49.392	48.853
Nièvre	Houille	181.050	178.931
Nord	Houille et anthracite	4.197.795	4.499.220
Pas-de-Calais	Houille	7.119.633	7.864.865
Puy-de-Dôme	Houille et anthracite	209.798	191.359
Pyrénées-Orientales	Lignite	2.258	1.792
Rhône	Houille	33.331	34.395
Saône (Haute-)	Idem	186.471	202.836
	Lignite	7.849	8.664
Saône-et-Loire	Houille et anthracite	1.267.861	1.377.301
Sarthe	Anthracite	13.066	10.958
Savoie	Idem	10 124	9.770
Savoie (Haute-)	Idem	132	120
Sèvres (Deux-)	Houille	12.520	16.260
Tarn	Idem	314.060	334.500
Var	Idem	»	589
	Lignite	1.733	419
Vaucluse	Idem	7.455	6.768
Vendée	Houille	14.907	14.365
Vosges	Lignite	745	507
Récapitulation	Houille et anthracite	20.809.982	22.513.628
	Lignite	477.607	438.312
Totaux		21.287.589	22.951.940
Augmentation			1.664.351

(*) Ces tableaux ont été publiés, par ordre de M. le Ministre des Travaux publics, au *Journal officiel* du 5 mars 1889. Les chiffres concernant l'année 1888 sont extraits des états *semestriels* fournis par les Ingénieurs des mines et, par suite, *provisoires;* tandis que la statistique de 1887, résultant du dépouillement des états *annuels*, contient des chiffres *définitifs*.

GROUPES GÉOGRAPHIQUES DE BASSINS.	PRODUITS 1887 tonnes	PRODUITS 1888 tonnes	BASSINS ÉLÉMENTAIRES (*).	DÉPARTEMENTS OÙ LES BASSINS SONT SITUÉS.	PRODUITS 1887 tonnes	PRODUITS 1888 tonnes
I. — Houille et Anthracite.						
Nord et Pas-de-Calais.	11.317.428	12.364.085	Valenciennes	Pas-de-Calais, Nord	11.317.428	12.364.085
			Le Boulonnais (Hardinghen)	*Pas-de-Calais*	»	»
Loire	2.989.023	3.357.817	Saint-Etienne (et Rive-de-Gier)	Loire, Rhône	2.941.865	3.310.197
			Sainte-Foy l'Argentière	Rhône	33.331	34.395
			Communay	Isère	11.746	11.500
			Le Roannais (Roanne)	Loire, *Rhône*	2.081	1.725
Gard	1.831.481	1.827.707	Alais	Gard, Ardèche	1.807.947	1.799.716
			Aubenas	Ardèche	18.890	23.300
			Le Vigan	Gard	4.644	4.691
Bourgogne et Nivernais.	1.497.055	1.611.057	Creusot et Blanzy	Saône-et-Loire	1.121.437	1.226.660
			Decize	Nièvre	181.050	178.931
			Epinac et Aubigny-la-Ronce	Saône-et-Loire, Côte-d'Or	116.874	121.230
			Bert	Allier	38.889	43.698
			La Chapelle-sous-Dun	Saône-et-Loire	33.707	36.238
			Sincey, *Forges*	Côte-d'Or, *Saône-et-Loire*	5.098	4.300
Tarn et Aveyron	1.075.769	1.147.108	Aubin	Aveyron	743.132	793.602
			Carmaux	Tarn	314.060	334.500
			Rodez	Aveyron	15.614	15.965
			Saint-Perdoux	Lot	2.963	3.041
Bourbonnais	994.214	988.529	Commentry (et Doyet)	Allier	810.797	813.470
			Saint-Eloy	Puy-de-Dôme	150.435	143.448
			L'Aumance (Buxière-la-Grue)	Allier	32.982	31.611
			La Queune (Fins et Noyant)	*Allier*	»	»
Auvergne	290.813	318.267	Brassac	Haute-Loire, Puy-de-Dôme	233.459	239.835
			Champagnac et Bourg-Lastic	Cantal, Puy-de-Dôme	47.770	68 647
			Langeac	Haute-Loire	9.584	9.785
Hérault	207.841	228.704	Graissessac, *Roujan*	Hérault	207.841	228.704
Vosges méridionales	186.471	202.836	Ronchamp	Haute-Saône	186.471	202.836
Creuse et Corrèze	152.773	180.423	Ahun	Creuse	143.506	177.577
			Bourganeuf	Creuse	7.364	8.474
			Sablès (Tarnaise et Maurienne) et A...			
A pes occidentales	131.587	145.280	Le Drac (La Mure)	Isère	114.219	128.700
			Maurienne-Tarentaise et Briançon	Hautes-Alpes, Savoie	16.525	15.740
			Oisans et *le Graisivaudan*	Isère	711	720
			Chablais et Faucigny	Haute-Savoie	132	120
Ouest	135.527	132.226	Le Maine	Mayenne, Sarthe	62 458	59.811
			Basse-Loire	Loire-Inférieure, Maine-et-Loire	45.642	41.790
			Vouvant et Chantonnay	Deux-Sèvres, Vendée	27.427	30.625
			Saint-Pierre-la-Cour	*Mayenne*	»	»
			Le Cotentin (Littry, le Plessis)	*Calvados, Manche*	»	»
Maures	»	589	Les Maures (Fréjus)	Var, *Alpes-Maritimes*	»	589
Pyrénées	»	»	*Ibantelly, Durban et Ségure*	*Basses-Pyrénées, Aude*	»	»
Totaux pour les houilles.	20.809.982	22.513.628			20.809.982	22.513.628
II. — Lignite.						
Provence	432.013	394.429	Fuveau (Aix)	Bouches-du-Rhône, Var	407.080	365.030
			Manosque	Basses-Alpes, *Vaucluse*	23.565	29.145
			La Cadière	Var	1.368	254
Comtat	25.362	25.146	Bagnols, Orange, Banc-Rouge, *Vagnas*	Ardèche, Gard, Vaucluse	20.687	20.496
			Méthamis	Vaucluse	3.091	3.023
			Barjac et *Célas*	Gard	1.584	1.627
			Montoulieu	*Hérault*	»	»
Vosges méridionales	8.594	9.171	Gouhenans, *Gémonval*	Haute-Saône	7.849	8.664
			Norroy	Vosges	745	507
Sud-Ouest	9.529	8.433	Millau et Trévezel	Aveyron, Gard	5.295	4.600
			Estavar, Larquier, *Orignac*, *Saint-Lon*	Pyrénées-Orientales, Landes. *Hautes-Pyrénées*	2.258	2.455
			Murat	Cantal	450	596
			Simeyrols et la Chapelle-Péchaud	Dordogne	900	430
			La Caunette	Aude, Hérault	626	352
Haut-Rhône	2.109	1.133	La-Tour-du-Pin	Isère	1.266	720
			Hauterives, *Montélimar*	Drôme	243	270
			Douvres	Jura, *Ain*	600	143
			Entrevernes et Chambéry	*Haute-Savoie, Savoie*	»	»
Totaux pour les lignites.	477.607	438.312			477.607	438.312
Totaux généraux.	21.287.589	22.951.940			21.287.589	22.951.940

(*) Les bassins dont les mines n'ont pas été exploitées dans l'année et les départements correspondants ont leurs noms en *italiques*.

II. — Industrie sidérurgique.

PRODUCTION DES FONTES.

DÉPARTEMENTS	DÉSIGNATION de LA FONTE suivant la nature du combustible.	1887 FONTES d'affinage.	1887 FONTES de moulage ou moulée en 1re fusion.	1887 PRODUCTION totale.	1888 FONTES d'affinage.	1888 FONTES de moulage ou moulée en 1re fusion.	1888 PRODUCTION totale.
		tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
Allier	Au coke	19.087	9.064	28.151	18.090	8.361	26.451
Ardèche	Au coke	34.164	13.050	47.214	27.719	10.214	37.933
Ardennes	Au coke	18.298	»	18.298	20.475	»	20.475
Ariège	Au coke	9.632	»	9.632	7.064	300	7.364
Aveyron	Au coke	6.746	»	6.746	6.465	»	6.465
Bouches-du-Rhône	Au coke	13.536	»	13.536	19.539	1.711	21.250
Charente	Au bois	»	»	»	»	286	286
Cher	Au coke	»	»	4.590	»	7.500	14.525
	Au bois	»	»		»	800	
	Mixte	»	4.590		»	6.225	
Dordogne	Au bois	730	»	730	225	»	225
Gard	Au coke	66.669	7.120	73.789	46.789	8.205	54.994
Gironde	Au bois	400	570	970	»	500	500
Isère	Au coke	13.064	18	13.307	13.635	10	13.945
	Au bois	210	15		228	72	
Landes	Au coke	41.574	4.700	49.185	45.216	7.547	58.675
	Au bois	1.928	983		4.277	1.635	
Loire	Au coke	29.798	1.738	31.536	34.078	83	34.161
Loire-Inférieure	Au coke	6.090	18.248	24.338	2.826	10.057	12.883
Lot-et-Garonne	Au coke	»	14.051	14.051	200	13.780	13.980
Marne (Haute-)	Au coke	31.842	27.259	63.148	15.050	25.900	43.589
	Mixte	»	4.047		»	2.639	
Meurthe-et-Moselle	Au coke	561.437	209.405	770.842	668.059	242.950	911.009
Meuse	Au coke	»	5.210	5.762	»	2.800	3.090
	Au bois	»	»		»	»	
	Mixte	»	552		»	290	
Nord	Au coke	198.521	24.794	223.315	206.010	25.683	231.693
Pas-de-Calais	Au coke	91.489	6.431	97.920	85.394	»	85.391
Pyrénées-Orientales	Au bois	4.022	»	4.022	3.815	»	3.815
Rhône	Au coke	5.709	3.090	8.799	5.520	4.438	14.958

RÉCAPITULATION.

Fonte	Au coke	1.202.648	344.088	1.546.736	1.296.645	369.539	1.666.184
	Au bois	9.082	2.615	11.697	10.285	3.353	13.638
	Mixte	»	9.189	9.189	»	9.154	9.154
Totaux		1.211.730	355.892	1.567.622	1.306.930	382.046	1.688.976
Augmentations					95.200	26.454	121.354

PRODUCTION DES FERS.

DÉPARTEMENTS.	MODE DE FABRICATION DU FER.	1887 RAILS.	1887 FERS marchands et spéciaux.	1887 TÔLES.	1887 PRODUCTION totale.	1888 RAILS.	1888 FERS marchands et spéciaux.	1888 TÔLES.	1888 PRODUCTION totale.
		tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
Aisne	Puddlage	»	»	495	495	»	»	371	371
Allier	Puddlage	207	22.022	7.131	29.360	334	24.412	6.885	31.631
Ardennes	Puddlage	»	44 319	9.743	64.290	»	43.338	10.095	67.851
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	5.792	4.436		»	9.278	5.140	
Ariège	Puddlage	»	6.361	»	6.361	»	4.208	»	5.331
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	»	»		»	1.123	»	
Aube	Puddlage	»	4.026	»	4.976	»	4.529	»	5.476
	Affinage au charbon de bois	»	950	»		»	947	»	
Aveyron	Puddlage	116	4.200	930	11.562	»	5.141	»	10.200
	Réchauffage de vieux fers et riblons	116	5.270	930		»	5.059	»	
Bouches-du-Rhône	Puddlage	»	180	»	880	»	901	»	1.457
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	700	»		»	556	»	
Charente	Affinage au charbon de bois	»	»	»	220	»	8	»	223
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	220	»		»	215	»	
Cher	Affinage au charbon de bois	»	560	»	560	»	627	»	627
Corse	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	70	»	70	»	»	»	»
Côte-d'Or	Puddlage	»	5.681	541	7.649	»	4.535	338	7.873
	Affinage au charbon de bois	»	327	»		»	410	250	
	Réchauffage de vieux fers	»	1.100	»		»	2.340	»	
Côtes-du-Nord	Puddlage	»	835	»	4.570	»	545	»	3 945
	Réchauffage de vieux fers	»	3.735	»		»	3.400	»	

PRODUCTION DES FERS (*suite*).

DÉPARTEMENTS.	MODE DE FABRICATION DU FER.	1887 RAILS.	1887 FERS marchands et spéciaux	1887 TÔLES.	1887 PRODUCTION totale.	1888 RAILS.	1888 FERS marchands et spéciaux	1888 TÔLES.	1888 PRODUCTION totale.
		tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
Dordogne	Puddlage	»	1.370	»	2.370	»	1.100	»	2.245
	Affinage au charbon de bois	»	1.000	»		»	330	»	
	Réchauffage de vieux fers	»	»	»		»	815	»	
Doubs	Puddlage	»	»	»	11.453	»	137	758	10.203
	Affinage au charbon de bois	»	6.129	1.015		»	5.307	412	
	Réchauffage de vieux fers	»	3 051	1.258		»	3.100	489	
Eure	Réchauffage de vieux fers	»	760	»	760	»	2.900	»	2.900
Gard	Puddlage	19	11 546	»	14.870	102	11.435	»	14.103
	Réchauffage de vieux fers et riblons	41	3.264	»		»	2.566	»	
Garonne (Haute-)	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	1.212	»	1.212	»	1.286	»	1.286
Gironde	Affinage au charbon de bois	»	250	»	250	»	»	»	»
Ille-et-Vilaine	Réchauffage de vieux fers	»	150	»	150	»	106	»	106
Isère	Puddlage	»	2.635	38	5.155	»	1.139	»	4.009
	Réchauffage de vieux fers	»	2.462	»		»	2.870	»	
Jura	Puddlage	»	5.329	1.614	8.903	»	8.765	3.804	13.884
	Affinage au charbon de bois	»	795	»		»	163	102	
	Réchauffage de vieux fers	»	665	500		»	850	200	
Landes	Puddlage	»	181	»	2.440	»	385	»	5.147
	Affinage au charbon de bois	»	1.426	»		»	1.555	»	
	Réchauffage de vieux fers	»	833	»		»	3.207	»	
Loir-et-Cher	Réchauffage de vieux fers	»	50	»	50	»	23	»	23
Loire	Puddlage	»	23.687	9.268	37.361	»	23 410	8.143	37.111
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	4.406	»		»	5 558	»	
Loire-Inférieure	Puddlage	»	4.526	675	10.816	»	4.066	1.071	8.111
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	5.615	»		»	2.974	»	
Lot-et-Garonne	Affinage au charbon de bois	»	32	»	32	»	»	»	140
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	»	»		»	140	»	
Marne (Haute-)	Puddlage	»	41.418	3 589	61.657	»	54.438	4.645	88.718
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	16.650	»		»	29.635	»	
Meurthe-et-Moselle	Puddlage	»	32.376	8.292	42.168	»	33.142	8.026	42.368
	Réchauffage de vieux fers	»	1.500	»		»	1.200	»	
Meuse	Puddlage	»	7.385	»	7.993	»	9.722	»	10.717
	Réchauffage de vieux fers	»	608	»		»	995	»	
Nièvre	Puddlage	»	3.613	»	5.049	»	5.278	»	6.672
	Affinage au charbon de bois	»	1.111	279		»	926	173	
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	46	»		»	295	»	
Nord	Puddlage	99	234.617	32.143	285.631	102	234.286	40.531	303.511
	Réchauffage de vieux fers	»	19.695	8.867		»	22.025	6.607	
Oise	Puddlage	»	11,333	1.342	14.770	»	10.070	1.301	13.027
	Affinage au charbon de bois	»	393	342		»	»	598	
	Réchauffage de vieux fers	»	1.360	»		»	1.058	»	
Orne	Puddlage	»	200	»	200	»	200	»	200
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	146	»	325	»	»	»	430
Pas-de-Calais	Affinage au charbon de bois (foyers catalans)	»	179	»		»	430	»	
Pyrénées-Orientales	Affinage au charbon de bois	»	174	»	174	»	191	»	191
Rhin (Haut-) (Territoire de Belfort)	Affinage au charbon de bois	»	170	»	170	»	170	»	170
Saône (Haute-)	Affinage au charbon de bois	»	142	900	1.082	»	130	907	1.080
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	»	40		»	»	43	
Saône-et-Loire	Puddlage	»	60.875	6.466	68.126	»	63.550	7.020	71.564
	Affinage au charbon de bois	»	2	783		»	»	994	
Sarthe	Affinage au charbon de bois	»	32	»	32	»	37	»	37
Savoie	Affinage au charbon de bois	»	5	»	5	»	9	»	9
Savoie (Haute-)	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	1.175	680	1.855	»	1.106	775	1.881
Seine	Puddlage	»	2.048	»	47.645	»	826	»	52.726
	Réchauffage de vieux fers	»	45.597	»		»	51.900	»	
Seine-Inférieure	Réchauffage de vieux fers	»	569	»	569	»	546	»	546
Seine-et-Oise	Réchauffage de vieux fers	»	3.311	»	3 311	»	2.572	»	2.572
Somme	Puddlage	»	814	»	2.526	»	808	»	2.061
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	1 712	»		»	1.253	»	
Tarn	Puddlage	»	906	»	1.447	»	602	»	1.034
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	541	»		»	432	»	
Vosges	Affinage au charbon de bois	»	47	»	47	»	27	»	27
Yonne	Réchauffage de vieux fers	»	13	»	13	»	15	»	15

RÉCAPITULATION.

Fer	Puddlé	441	554.949	82 607	617.997	538	550.847	92 978	644.363
	Affiné au charbon de bois	»	13 545	3.319	16.864	»	10.278	3.436	13.714
	Obtenu par réchauffage de vieux fers et riblons	157	119.921	16.671	136.749	»	162.508	13.254	175.762
	Totaux	598	668.415	102.597	771.610	538	723.633	109 668	833.839
	Diminution					60	»	»	»
	Augmentations					»	55.218	7.071	62.229

OBSERVATION. — Les fers bruts ou massiaux transformés en produits marchands dans des départements autres que ceux où ils ont été fabriqués ne figurent pas sur le tableau, afin d'éviter un double emploi.

DÉPARTEMENTS.	MODE DE FABRICATION DE L'ACIER.	1887 RAILS.	1887 ACIERS marchands.	1887 TÔLES.	1887 PRODUCTION totale.	1888 RAILS.	1888 ACIERS marchands.	1888 TÔLES.	1888 PRODUCTION totale.
		tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
Aisne	Fusion au foyer Bessemer	»	»	479	479	»	»	644	644
Allier	Fusion au foyer Bessemer	100	»	»		25	»	»	
	Fusion au four Siemens-Martin	»	7.115	»		»	6.440	»	
	Puddlage	»	406	3.603	11.527	»	981	2.714	10.360
	Cémentation	»	13	»		»	20	»	
	Fusion au creuset	»	290	»		»	180	»	
Ardennes	Fusion au foyer Bessemer	»	6.685	8.136		»	8.204	9.044	
	Fusion au four Siemens-Martin	»	»	2.900		»	»	3.300	
	Cémentation	»	6	»	18.218	»	7	»	21.096
	Fusion au creuset	»	35	»		»	27	»	
	Réchauffage de vieil acier	»	11	445		»	14	500	
Ariège	Fusion au four Siemens-Martin	»	2.284	»		»	1.421	»	
	Puddlage	»	965	»	3.496	»	452	»	2.087
	Cémentation	»	165	»		»	113	»	
	Fusion au creuset	»	82	»		»	101	»	
Aube	Fusion au foyer Bessemer	»	2.498	»	2.498	»	2.950	»	2.950
Côte-d'Or	Fusion au foyer Bessemer	»	1.778	15		»	885	»	
	Fusion au four Siemens-Martin	»	»	»		»	33	170	
	Affinage au charbon de bois	»	130	»	2.123	»	977	41	2.266
	Cémentation	»	100	»		»	100	»	
	Fusion au creuset	»	100	»		»	60	»	
Côtes-du-Nord	Puddlage	»	24	»	24	»	15	»	15
Doubs	Fusion au foyer Bessemer	»	700	680	1.380	»	1.748	»	2.995
	Puddlage, affinage au charbon de bois	»	»	»		»	481	766	
Gard	Fusion au foyer Bessemer	23.812	868	»	40.534	18.270	914	»	34 722
	Fusion au four Siemens-Martin	8.333	7.506	15		5.211	10.327	»	
	Fusion au four Siemens-Martin	»	1.929	»		»	1.924	»	
Isère	Puddlage	»	1.692	»	4.321	»	1.333	»	3.859
	Cémentation	»	200	»		»	95	»	
	Fusion au creuset	»	500	»		»	507	»	
Jura	Fusion au foyer Bessemer	»	245	»	2.724	»	3.122	»	9.355
	Fusion au four Siemens-Martin	1	1.236	1.242		»	3.826	2.407	
Landes	Fusion au foyer Bessemer	26.413	1.830	»	30.003	30.313	1.435	»	34.288
	Fusion au four Siemens-Martin	»	2.060	»		»	2.540	»	
Loire	Fusion au foyer Bessemer	»	»	»		459	2.552	400	
	Fusion au four Siemens-Martin	783	24.293	10.311		337	26.995	16.071	
	Puddlage, affinage au charbon de bois	»	3.012	»	54.536	»	3.049	»	67.613
	Cémentation	»	737	»		»	738	»	
	Fusion au creuset	»	5.478	115		»	6.823	199	
Marne (Haute-)	Fusion au foyer Bessemer	»	8.853	607	9.160	»	13.504	831	16.327
	Fusion au four Siemens-Martin	»	»	»		»	1.992	»	
Meurthe-et-Moselle	Fusion au foyer Bessemer (procédé Thomas)	25.183	11.836	2.812		21.818	11.850	1.179	
	Fusion au four Siemens-Martin	»	»	»	41.265	»	1.635	»	37.814
	Puddlage	»	828	552		»	799	533	
	Fusion au creuset	»	54	»		»	»	»	
Meuse	Fusion au foyer Bessemer (procédé Thomas)	»	1.679	»	5.558	»	2.000	»	6.155
	Fusion au four Siemens-Martin	»	3.879	»		»	4.455	»	
Morbihan	Fusion au four Siemens-Martin	»	»	10.250	10.250	»	»	10.000	10.000
Nièvre	Fusion au four Siemens-Martin	»	8.673	656		»	7.501	216	
	Fusion au four Siemens-Martin	»	535	»	9.897	»	1.140	185	9.072
	Puddlage	»	27	6		»	27	3	
	Fusion au creuset	»	»	»		»	»	»	
Nord	Fusion au foyer Bessemer	48.596	28.587	4.662		40.329	43.678	5.825	
	Fusion au four Siemens-Martin	4.562	564	518	87.664	3.549	1.016	647	95.212
	Cémentation	»	25	»		»	»	»	
	Fusion au creuset	»	150	»		»	168	»	
Oise	Fusion au four Siemens-Martin	»	150	1.102	1.252	»	380	1.573	1.953
Pas-de-Calais	Fusion au foyer Bessemer	61.462	»	»	61.462	50.985	»	»	50.985
Rhin (Haut-) (Territoire de Belfort)	Fusion au four Siemens-Martin	»	2.700	»	2.700	»	2.830	»	2.830
Saône-et-Loire	Fusion au foyer Bessemer	3.934	6 350	11.061		4.302	8.763	13 534	
	Fusion au four Siemens-Martin	»	16.449	4.250	45.519	»	12.510	7.528	48.749
	Réchauffage de vieil acier	»	2	3.473		»	43	2.069	
Savoie	Fusion au foyer Bessemer	»	»	»	83	»	22	»	81
	Fusion au four Siemens-Martin	»	83	»		»	59	»	
Seine	Fusion au foyer Bessemer	»	616	»	1.230	»	1.357	»	1.778
	Fusion au four Siemens-Martin	»	614	»		»	421	»	
Tarn	Puddlage	»	809	»		»	878	»	
	Cémentation	»	245	»	1.749	»	227	»	1 983
	Fusion au creuset	»	695	»		»	878	»	
Vosges	Fusion au foyer Bessemer	»	1.660	»	1.660	»	»	1.660	1.660
Usines secondaires non dénommées (*)	Réchauffage de lingots Bessemer et Thomas	»	33.350	»	34.000	»	40.730	»	41.160
	Réchauffage de lingots Martin	»	650	»		»	430	»	
RÉCAPITULATION. — Acier.	Fondu au foyer Bessemer	189.200	107.235	28.452	324.887	166.501	143.714	33.117	343.332
	Fondu au four Siemens-Martin	13.709	90.498	39.557	143.764	9.097	90.356	45.628	145.081
	Puddlé et de forge	»	8.377	4.155	12.532	»	10.105	4.239	14.344
	Cémenté	»	1.491	»	1.491	»	1.300	»	1.300
	Fondu au creuset	»	7.411	121	7.532	»	8.771	112	8.883
	Obtenu par réchauffage de vieil acier	»	2.643	445	3.088	»	9.977	2.729	12.706
	Totaux	202 909	217.655	72.730	493.294	175.598	264.223	85.825	525.646
	Diminution					27.311	»	»	»
	Augmentations					»	46.568	13.095	32.332

(*) Les départements dans lesquels des lingots et des barres brutes d'acier ont été expédiés pour être ouvrés dans des usines non dénommées, et dont la production n'est connue que dans l'ensemble et non dans le détail, sont les suivants : Allier, Côte-du-Nord, Isère, Jura, Loire-Inférieure, Meuse, Morbihan, Nièvre, Nord, Oise, Haut-Rhin, Rhône, Haute-Saône et Haute-Savoie.

OBSERVATION. — La production annuelle de 1888, indiquée ci-dessus, ne concorde pas avec le total que donnent les chiffres des deux semestres, ceux du premier semestre ne contenant pas les aciers obtenus par le réchauffage de lingots dans les usines secondaires non dénommées, aciers dont la production peut être évaluée à 21.000 tonnes environ.

NOTICE SUR L'ENSEIGNEMENT

DE

L'ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DES MINES

Par M. ADOLPHE CARNOT,
Ingénieur en chef des mines, Inspecteur de l'École.

L'enseignement de l'École supérieure des mines a reçu depuis quelques années d'importantes modifications, qui, après avoir été étudiées avec le plus grand soin par le Conseil de l'École, ont reçu l'approbation du Ministre des travaux publics.

En publiant les nouveaux programmes des cours, rédigés par les professeurs de l'École, il a paru utile d'y ajouter, sous forme de préambule, une courte notice destinée à faire connaître les réformes récemment introduites et à donner une idée générale du système d'enseignement de l'École des mines, qui, sur divers points, a servi de type pour l'organisation d'autres établissements d'enseignement supérieur.

Élèves. — On sait que l'École des mines de Paris, fondée d'abord spécialement en vue de former les ingénieurs du corps des mines, a dû bientôt ouvrir ses portes à d'autres jeunes gens, qui cherchaient à se préparer à différentes carrières de l'industrie; elle a dû admettre aussi des étrangers, les uns envoyés par leurs gouvernements à titre de fonctionnaires, les autres venant chercher les moyens d'instruction nécessaires pour se faire une place dans l'industrie privée de leur pays.

Les élèves appartiennent, en définitive, à trois catégories différentes :

1° les *élèves ingénieurs*, qui se recrutent exclusivement parmi les élèves de l'École polytechnique, auxquels leur rang de sortie permet le choix de leur carrière; ils entrent seuls au service de l'État et sont toujours en très petit nombre.

2° Les *élèves externes*, dont l'admission se fait par voie de concours; la plupart ont suivi les cours préparatoires qui se font à l'École même et où ils n'ont été admis qu'après un premier examen; quelques-uns sortent de l'École polytechnique; d'autres, plus rares encore, se présentent au concours après des études faites au dehors.

3° Les *élèves étrangers*, qui sont admis à la suite d'examens de capacité, permettant de reconnaître s'ils sont en état de suivre utilement les cours; quelques-uns ont d'avance une place marquée dans l'administration de leur pays, et viennent puiser à l'École des mines une instruction technique, qu'ils ne trouveraient pas chez eux; d'autres sont simplement recommandés à titre privé par les ambassadeurs ou chargés d'affaires de leur pays.

Une quatrième catégorie est celle des *auditeurs libres*, français ou étrangers, qui sont autorisés par le ministre des travaux publics à suivre en tout ou en partie les cours de l'École des mines, mais sans participer à aucun des exercices pratiques, sans avoir aucun examen à subir et sans pouvoir obtenir aucun diplôme, ni aucun certificat à leur sortie de l'École. Les auditeurs libres ne sont pas comptés au nombre des élèves proprement dits et jouissent seulement de la faculté de suivre certains des cours, pour lesquels ils se sont fait inscrire.

L'enseignement est commun aux trois catégories d'é-

lèves proprement dits; cependant les élèves étrangers, dont le nombre n'est pas limité par un concours d'admission, comme celui des élèves externes, ne peuvent participer aux exercices pratiques que dans la mesure du nombre des places disponibles dans les laboratoires et les salles de dessin.

La durée des études spéciales est de trois ans, sans parler de l'année préparatoire, sur laquelle nous reviendrons tout à l'heure.

A la fin de chacune des années scolaires, les *élèves ingénieurs* et les *élèves externes* subissent des examens sur tous les cours afférents à cette année d'étude.

Les *élèves étrangers* ne sont pas astreints à suivre la totalité des cours; mais ils déclarent, au commencement de l'année, quels cours ils demandent à suivre, et ils subissent ensuite les examens de fin d'année correspondants.

COURS PRÉPARATOIRES.

La communauté de toutes les études techniques entre les élèves sortis de l'École polytechnique et les élèves externes exige que ces derniers n'arrivent à l'École des mines qu'avec des connaissances mathématiques et physiques assez approfondies. Aussi le programme d'admission a-t-il dû embrasser toutes les parties fondamentales des sciences enseignées à l'École polytechnique.

Mais comme il était très difficile aux candidats de trouver dans d'autres établissements d'instruction le moyen d'acquérir les connaissances exigées, on reconnut dès longtemps la nécessité de créer pour eux des *Cours préparatoires;* l'institution de ces cours à l'École des mines date de 1844.

Ils ont toujours été maintenus depuis cette époque, comme indispensables au recrutement de l'École, dont ils sont la véritable pépinière.

Les cours préparatoires sont suivis par trois catégories d'élèves : les *élèves titulaires français*, admis à l'École à la suite d'un concours; les *élèves titulaires étrangers*, qui ont été recommandés par les représentants de leurs pays et ont dû satisfaire à un examen de capacité; enfin les *auditeurs libres*, français ou étrangers, qui ont été autorisés par le ministre des travaux publics à assister aux leçons, mais qui ne peuvent prendre part ni aux exercices pratiques, ni aux examens.

Admission. — Les connaissances exigées pour l'admission aux cours préparatoires diffèrent par quelques réductions sur les sciences mathématiques de celles exigées pour l'admission à l'École polytechnique; en outre, le programme en a été rédigé (depuis 1886) dans des termes plus généraux, de manière à laisser plus de latitude aux examinateurs dans leur façon d'interroger et d'apprécier la valeur des candidats, qui sont d'ailleurs beaucoup moins nombreux.

Ce programme comprend : l'arithmétique, l'algèbre, la géométrie plane et à trois dimensions, la géométrie descriptive, la trigonométrie rectiligne et sphérique, la géométrie analytique, la physique (notions relatives à la pesanteur et à la statique des liquides et des gaz, à la lumière et à la chaleur), la chimie des métalloïdes et les principaux traits de la cosmographie et de la géographie.

Les examens d'admission ont lieu vers le 20 octobre et l'ouverture des cours le 3 novembre. La durée des cours est d'environ sept mois; ils sont suivis par les examens de fin d'année, qui se terminent à la fin du mois de juin.

Enseignement. — L'enseignement préparatoire a été l'objet de remaniements importants en 1887; le nombre des leçons attribuées à la mécanique et à la physique a été presque doublé, de manière à permettre aux

professeurs de donner des développements, que justifie amplement l'importance du rôle que ces sciences jouent dans l'industrie moderne; celui des leçons de géométrie descriptive et de stéréotomie a été quelque peu réduit, tandis que l'analyse infinitésimale et le cours de chimie générale se maintenaient sensiblement dans les mêmes limites qu'antérieurement.

Les quatre professeurs chargés des cours préparatoires disposent donc aujourd'hui du nombre de leçons ci-après indiqué :

Analyse et géométrie descriptive.	45 leçons.
Mécanique.	50 —
Physique.	45 —
Chimie générale.	50 —

Les leçons ont lieu chaque matin, à 9 heures, et, en outre, deux fois par semaine, à 2 heures de l'après-midi.

Les élèves s'absentent de l'École entre 11 heures et midi et demi pour le déjeuner; ils restent à l'École jusqu'à 4 heures et consacrent ce temps à des exercices de dessin graphique : épures, représentation de divers appareils mécaniques, lavis, lever de pièces de machines et croquis d'ateliers. Au mois de mai, les élèves sont occupés à des manipulations de chimie dans les laboratoires, lorsque les élèves des cours spéciaux les ont quittés pour s'occuper des examens de fin d'année.

Les heures restantes de la journée sont laissées aux élèves pour étudier leurs notes de cours et pour consulter, à la bibliothèque, les ouvrages qui peuvent leur être utiles.

Examens. — Le degré d'instruction des élèves est constaté, comme il l'a été de tout temps, par des examens de fin d'année sur chacune des matières de l'enseignement; mais en outre, depuis trois ans (1886), les élèves ont à subir, pendant le cours de l'année, des examens partiels, qui les obligent à revoir avec soin toutes

les parties de leurs cours et les aident à se mieux rendre compte de ce qu'ils savent et de ce qu'ils ignorent, à une époque où il est encore possible de combler les lacunes.

Une vingtaine de jours, dix au mois de janvier, dix au mois de mars, sont consacrés à la préparation des quatre examens partiels, qui correspondent aux quatre cours que les élèves ont à suivre. Les notes obtenues entrent, pour une part, avec la note de l'examen final, dans le calcul des points de mérite. Les notes d'exercices pratiques et les points d'assiduité s'y ajoutent pour donner tous les éléments du classement de fin d'année.

Ce classement, qui n'avait autrefois qu'une valeur morale, en quelque sorte, car il se trouvait dépourvu de toute sanction efficace, a pris une toute autre importance depuis quelques années, par suite des dispositions nouvelles proposées par le conseil de l'École et consacrées par l'arrêté ministériel du 25 juin 1883.

Admission aux cours spéciaux. — Les élèves classés dans les premiers rangs et qui ont subi toutes les épreuves d'une manière satisfaisante sont aujourd'hui dispensés des examens, que leurs camarades auront à subir au mois d'octobre, et inscrits en tête de la liste d'admission.

L'avantage d'une telle situation est un puissant encouragement au travail, et l'on a pu remarquer en effet une amélioration notable dans les examens de fin d'année, depuis que cette disposition a été mise en vigueur.

Une mesure analogue a été prise à l'égard des élèves de l'École polytechnique; ceux d'entre eux qui ont obtenu à leur sortie un nombre de points représentant une moyenne générale au moins égale à 12 sur 20 et qui demandent à être admis comme élèves externes de l'École des mines peuvent être dispensés des épreuves et inscrits à la suite sur la liste d'admission. Mais cette mesure ne

s'applique qu'à un petit nombre d'élèves, quatre ou cinq en général, pris dans l'ordre même de leur classement de sortie ; le nombre en est limité à l'avance par le Conseil, afin de réserver toujours un nombre suffisant de places disponibles pour le concours du mois d'octobre.

Ce concours a lieu du 15 au 20 octobre, entre les élèves des cours préparatoires, qui ont été ajournés, et les autres candidats français, qui se sont fait inscrire avant le 1er octobre au Ministère des travaux publics.

Les examens portent sur les différentes matières qui font l'objet de l'enseignement des cours préparatoires : analyse infinitésimale et géométrie descriptive, mécanique, physique et chimie générale.

Le jury d'examen est composé des quatre professeurs des cours préparatoires.

COURS SPÉCIAUX DE L'ÉCOLE DES MINES

Enseignement. — L'enseignement de l'École des mines a principalement pour objet la connaissance des matières minérales, leur recherche dans le sol, leur exploitation et leur utilisation ; mais, en outre, l'instruction des élèves est complétée par des cours sur certains points essentiels ou sur les conditions générales de l'industrie moderne : machines, chemins de fer, construction, législation, économie industrielle.

Un cours d'art militaire répond au besoin des élèves qui occupent dans l'armée une situation définie par la loi.

Enfin des leçons de langues allemande et anglaise sont destinées à faciliter aux élèves la lecture des ouvrages scientifiques ou industriels écrits dans ces langues et les voyages dans les principaux districts industriels de l'étranger.

L'ensemble de cet enseignement a été, en 1887, de la part du Conseil des professeurs et du Conseil de perfectionnement, l'objet d'une revision très attentive ; toutes les mesures proposées par ces Conseils ont reçu l'approbation du Ministre des travaux publics et sont entrées en vigueur, en 1887, en 1888 ou même en 1889. C'est donc l'état actuel de l'enseignement, dont nous aurons à parler, en le comparant à l'état antérieur et notamment en faisant ressortir les différences que présentent les nouveaux programmes avec ceux qui ont été publiés lors de la précédente exposition universelle, en 1878.

Les réformes ont eu pour principal but la création ou le développement de certains cours, répondant à des branches d'industrie nouvelles ou jusque-là trop négligées, et une réduction corrélative de quelques autres parties de l'enseignement, afin de ne pas trop augmenter le nombre total des leçons ; il a fallu se préoccuper en même temps de la coordination et de l'ordre de succession des différents cours, de telle façon que les uns servissent, en quelque sorte, d'introduction aux autres, et qu'il ne se produisît entre eux ni lacunes, ni redites inutiles.

On s'est d'ailleurs attaché à conserver à l'enseignement de l'École des mines ce qui fait son caractère spécial.

On a évité de trop élargir le cadre des études, pour ne pas en faire une préparation générale à toutes les carrières de l'industrie ; on s'est attaché, au contraire, à développer et à approfondir le plus possible toutes les connaissances qui se rattachent à l'industrie minérale, en même temps qu'aux machines et aux chemins de fer, de manière à avoir, sur tous ces points, un enseignement vraiment supérieur.

En même temps, on a cherché à compléter l'instruction technique des élèves, en donnant le plus de place possible aux exercices pratiques, qui sont un des meilleurs moyens d'exciter chez eux l'esprit de recherche et d'initiative.

Cours oraux. — Nous parlerons d'abord des cours de création récente, ou qui ont subi récemment d'importantes transformations ; puis nous reviendrons aux cours, qui forment, depuis longtemps, le fonds de l'enseignement de l'École.

L'un des cours nouveaux est celui de *chimie industrielle*, comprenant : la fabrication et l'utilisation des gaz pour le chauffage et l'éclairage ; la préparation et l'emploi des chaux, plâtres, mortiers et ciments ; la fabrication des verres, du cristal, des émaux, de la faïence et de la porcelaine ; les propriétés et l'emploi des explosifs et enfin la photographie.

On a, d'autre part, institué une série de leçons sur l'*électricité* ayant pour objet sa production industrielle et ses principales applications, leçons bien nécessaires à raison du rôle si important que joue l'électricité dans le monde moderne.

Le cours de *construction* a été complété par une quinzaine de leçons sur la *construction des machines*, le travail des métaux et l'organisation des ateliers de construction.

Le cours de *législation* et le cours d'*économie politique et industrielle*, autrefois réunis et resserrés dans un trop petit nombre de leçons, ont été confiés à deux professeurs différents et doublés d'étendue.

Le cours de *chemins de fer* a de même été doté d'un nombre de leçons double de celui dans lequel il était obligé de se renfermer auparavant.

Il en est de même du cours de *paléontologie*, dont on a d'ailleurs augmenté l'importance, en même temps que l'étendue, en ajoutant à l'étude des animaux fossiles des différents âges celle des végétaux fossiles et principalement de ceux qui ont vécu pendant la période carbonifère.

Enfin, le cours de *géologie appliquée*, allégé, d'une part,

des notions d'agriculture, qui ont paru sortir du cadre spécial des études de l'École, a vu doubler, d'autre part, le nombre de ses leçons consacrées à l'étude des gîtes minéraux, de leurs conditions géologiques, de leur exploitabilité, enfin à l'étude des sources minérales.

Pour faire place aux cours nouveaux et au développement des anciens cours que nous venons de citer, sans réduire le temps consacré aux exercices pratiques, il a fallu demander quelques sacrifices à d'autres cours en même temps que l'on augmentait d'une heure la durée de la présence journalière des élèves à l'École.

La principale réduction a porté sur la *géologie générale*, que le professeur a accepté de condenser en une seule année, tandis qu'il en comprenait deux jusqu'en 1887.

On a, d'ailleurs, facilité cette transformation en plaçant le cours de géologie dans la deuxième année d'études, de manière à le faire toujours précéder par les cours de minéralogie et de paléontologie, qui se font en première année et qui lui fournissent les notions préliminaires indispensables. En outre, les élèves de l'École sont initiés à l'étude des roches éruptives par dix leçons spécialement consacrées à la pétrographie et à l'étude microscopique des lames minces, à laquelle ils se trouvent, d'ailleurs, préparés à l'avance par le cours de minéralogie.

Il nous reste à parler de cours, qui ont une haute importance dans l'enseignement de l'École, mais qui n'ont subi que des transformations graduelles, par le fait des professeurs eux-mêmes, sans avoir été l'objet de grandes augmentations ou de grandes réductions délibérées par le conseil de l'École.

Le cours d'*exploitation des mines* et l'étude des *machines* ont aujourd'hui deux chaires distinctes, tandis qu'ils étaient réunis jusqu'en 1888 entre les mains d'un seul et

même professeur, qui traitait alternativement, chaque année, l'une ou l'autre matière devant deux promotions à la fois. L'organisation nouvelle a le grand avantage de permettre d'initier les élèves à l'art des mines dès le début de leurs études spéciales, et, par conséquent, de leur donner les éléments d'instruction théorique nécessaires pour tirer tout le parti possible de leur premier voyage dans les districts miniers et industriels.

Le cours de *métallurgie* continue à se faire dans l'espace de deux années, en sorte que les élèves, en entrant à l'École, étudient en premier lieu tantôt le fer, la fonte et l'acier, tantôt les métaux autres que le fer. L'étendue de ce cours, bien qu'elle ait subi une faible réduction, ne permet pas de la concentrer en une seule année.

Il en est de même du cours de *docimasie* ou *chimie analytique minérale*, dont une année comprend les métalloïdes, les métaux alcalins, alcalins terreux et terreux, et diverses applications aux gaz, aux eaux, aux terres végétales, tandis que l'autre année s'applique à tous les métaux proprements dits; les métaux communs y tiennent la plus grande place, mais sans que les métaux rares soient cependant négligés.

Le cours de *minéralogie*, comprenant la cristallographie géométrique et physique et la description des espèces minérales, a beaucoup changé de forme, par suite des progrès de la science; mais il a conservé le nombre de leçons, qui lui était depuis longtemps attribué.

Ce cours a continué à être ouvert aux personnes étrangères à l'École, en même temps qu'aux élèves; il en est de même des cours de géologie générale et de paléontologie, qui sont ouverts au public comme s'appliquant à des sciences pures, tandis que les cours de sciences appliquées ne sont accessibles qu'aux élèves ou aux personnes munies d'autorisations particulières.

Le nombre des leçons de *topographie*, comprenant les

levers sur le terrain et les opérations souterraines ainsi que le nivellement, n'a pas été modifié; mais on a jugé utile de changer l'époque où elles sont professées et de la placer le plus près possible de celle où se font les exercices pratiques, c'est-à-dire au mois de juin.

Quant à l'enseignement de l'*art militaire*, il a subi une transformation complète; au lieu d'un cours de fortification, que les élèves de l'École des mines allaient suivre une fois par semaine à l'École des ponts et chaussées, on a obtenu en 1887 qu'il y eût désormais un cours d'*artillerie*, professé spécialement pour les élèves et dans une salle de l'École des mines, changement d'autant plus justifié que les ingénieurs des mines sont appelés à faire leur service militaire dans l'artillerie, tandis que les ingénieurs des ponts et chaussées sont classés dans le génie.

Pour terminer l'énumération des principales transformations subies dans ces dernières années par l'enseignement de l'École, il faut encore ajouter que le nombre des leçons de *langue allemande* a été augmenté et porté de trois à quatre par semaine, deux pour le cours inférieur et deux pour le cours supérieur, tandis que les leçons de *langue anglaise*, suivies par un nombre d'élèves beaucoup moindre, sont restées au nombre de trois par semaine.

On peut résumer dans le tableau suivant le parallèle numérique des leçons professées sur les différentes matières dans les deux années 1878 et 1889 :

COURS SPÉCIAUX.	NOMBRE DE LEÇONS en 1878.	NOMBRE DE LEÇONS en 1889.	COURS SPÉCIAUX.
Exploitation des mines	47	47	Exploitation des mines.
Métallurgie	91	84	Métallurgie.
Docimasie	84	80	Chimie analytique.
		32	Chimie industrielle.
Minéralogie	43	42	Minéralogie.
Paléontologie	20	34	Paléontologie animale.
		8	Paléontologie végétale.
Géologie générale	84	42	Géologie générale.
		10	Pétrographie.

COURS SPÉCIAUX.	NOMBRE DE LEÇONS en 1878.	NOMBRE DE LEÇONS en 1889.	COURS SPÉCIAUX.
Géologie technique	20	42	Géologie appliquée.
et Agriculture	12		
Topographie	12	12	Topographie.
Machines	47	35	Machines.
Chemins de fer	19	42	Chemins de fer.
		7	Applications de l'électricité.
Construction	25	25	Construction et résistance des matériaux.
		17	Construction de machines.
Législation et économie industrielle	25	42	Législation.
		27	Économie industrielle.
Fortification	20	20	Artillerie.
COURS PRÉPARATOIRES.			COURS PRÉPARATOIRES.
Analyse et mécanique	53	50	Mécanique.
Géométrie descriptive et applications	30	45	Analyse, géométrie descriptive et applications.
Physique	24	45	Physique.
Chimie générale	50	50	Chimie générale.

Succession des cours. — L'ordre de succession des différents cours doit être réglé avec soin d'après plusieurs sortes de considérations : il importe en effet que certaines connaissances soient déjà acquises avant d'en aborder d'autres ; c'est ainsi que la minéralogie et la paléontologie doivent être étudiées avant la géologie, qui les met à contribution l'une et l'autre ; la géologie appliquée ne vient que plus tard et trouve à s'appuyer sur la géologie, l'exploitation des mines et les notions économiques. D'autre part il est d'un grand intérêt que les élèves possèdent, avant leurs voyages d'instruction, certaines notions théoriques qui leur permettront d'en tirer le meilleur parti ; nous avons déjà invoqué cette raison pour placer toujours dans la première année d'études le cours d'exploitation des mines, avec son complément naturel la préparation mécanique des produits extraits des mines.

Il convient aussi que les élèves aient suivi les leçons de chemins de fer, afin de pouvoir faire utilement, au cours de leurs voyages, les comparaisons qui se présentent à

leurs yeux sur les différentes lignes ferrées qu'ils ont à parcourir ; les notions d'économie politique et industrielle leur sont également nécessaires pour donner toute l'attention voulue aux conditions commerciales et à l'organisation du travail dans les divers établissements qu'ils devront visiter. Aussi a-t-on jugé bon de placer ces deux cours dans la seconde année d'études, c'est-à-dire avant les voyages principaux des élèves.

Les élèves de *première année* suivent les cours d'exploitation des mines, de métallurgie, de chimie analytique, de chimie industrielle, de minéralogie et de paléontologie. Les leçons de topographie se font après les examens de fin d'année et précèdent immédiatement les exercices pratiques.

Les élèves de *deuxième année* suivent la seconde partie des cours de métallurgie et de chimie analytique et les cours de géologie générale, de machines et de résistance des matériaux, de chemins de fer, enfin d'économie politique et industrielle.

Les élèves de *troisième année :* les cours de construction et de construction de machines, d'électricité, de législation des mines, de géologie appliquée et d'artillerie.

En outre des leçons techniques, les élèves des trois promotions suivent des leçons de langue allemande ou de langue anglaise. Tous les élèves français sont astreints à suivre l'un de ces deux cours, à leur choix, et à passer l'examen correspondant. Le second cours et le second examen restent facultatifs. Les élèves étrangers ne sont pas soumis à la même obligation.

L'enseignement oral de l'École des mines est complété par des *exercices pratiques*, auxquels on doit attacher une grande importance, parce qu'ils mettent les élèves directement aux prises avec quelques-uns des problèmes, qu'ils auront à résoudre dans la suite de leur carrière, et par des *voyages d'instruction*, qui ont une influence dé-

cisive sur le développement des facultés nécessaires à l'ingénieur.

Exercices pratiques. — Les *exercices pratiques* consistent en travaux de laboratoire, travaux de dessin ou préparation de projets, étude des collections minérales, visites industrielles et excursions géologiques.

Les élèves sont guidés, dans ces différents exercices, par les professeurs des cours correspondants ; mais on a soin de leur laisser faire par eux-mêmes le plus possible, parce que rien ne vaut autant que l'effort personnel pour développer l'esprit d'initiative et apprendre aux élèves à triompher seuls des difficultés qu'ils rencontrent.

Aussi ont-ils plus de temps pour le travail personnel et sont-ils de plus en plus livrés à eux-mêmes, à mesure qu'ils sont plus avancés dans leurs études.

Les élèves de première et de deuxième année ont trois heures par jour et ceux de troisième année jusqu'à cinq heures par jour à consacrer aux exercices pratiques.

Tous les élèves ne pouvant pas être admis en même temps au laboratoire et au dessin, chaque promotion est divisée en deux séries, qui se succèdent par périodes alternatives de deux, de trois et enfin de quatre semaines.

Au *laboratoire*, les élèves sont spécialement exercés à l'analyse chimique minérale, en commençant par les essais qualitatifs et poursuivant par des analyses quantitatives de plus en plus difficiles, portant soit sur des matières minérales naturelles, soit sur des produits d'usines.

Au *dessin*, ils s'occupent successivement de la reproduction de dessins et de lavis de machines, de fours, etc., puis de projets, où ils ont à étudier les formes et à calculer les dimensions des appareils en vue d'un but déterminé à remplir.

Lorsqu'ils arrivent en troisième année, leurs exercices pratiques se transforment en de véritables *concours* : ils passent quatre semaines de suite au laboratoire, pour faire l'analyse complète des échantillons qui leur sont remis par le directeur des laboratoires ; le reste du temps est consacré à l'exécution de trois projets, avec dessins, mémoires et devis, sur des bases fixées par le conseil de l'École : ces projets sont relatifs à des questions d'*exploitation*, de *métallurgie* ou de *machines* et doivent être étudiés à fond, comme il convient pour des élèves qui sont à la veille de devenir ingénieurs.

En dehors de l'analyse minérale et des dessins et projets, les élèves de première et de deuxième années sont encore occupés à d'autres travaux pratiques. Ils sont exercés, dans un laboratoire spécial, à la taille des plaques minces et à l'examen microscopique des minéraux et des roches ; ils ont à leur portée, dans une autre salle, qui leur est toujours ouverte, des collections de minéraux, de fossiles et de roches, qu'ils s'habituent à reconnaître ; ils peuvent, en outre, recourir aux magnifiques collections minérales de l'École des mines, qui sont visibles pour eux, comme pour le public, trois fois par semaine pendant toute l'année (mardi, jeudi et samedi), et qui leur sont spécialement ouvertes tous les jours de la semaine à l'époque des examens.

Vers la fin de l'année, ils visitent différents ateliers et usines à Paris ou dans les environs, au point de vue des machines, des opérations industrielles ou de l'organisation du travail, sous la direction de professeurs ou d'anciens élèves de l'École. Ils font, avec le professeur de géologie, des excursions autour de Paris et jusqu'à une certaine distance, et terminent par une grande course géologique, qui ne dure pas moins de huit jours, et qui est pour eux à la fois une distraction à leurs travaux ordinaires et une excellente occasion d'apprendre à étudier sur place les différentes formations géologiques.

Examens. — L'enseignement oral et les exercices pratiques se terminent vers le 15 avril; ils sont aussitôt suivis de la période des *examens de fin d'année*, qui se prolonge jusqu'à la fin de mai. Six semaines, en effet, sont nécessaires pour la série de ces examens, une semaine de préparation étant réservée pour chacun d'eux. Ce temps ne semble pas trop long pour repasser à fond toutes les parties de chaque cours. C'est, pour presque tous les élèves, une véritable période de labeur, les uns luttant entre eux avec une noble émulation pour les premières places, les autres, moins bien classés, poussés par la crainte d'examens insuffisants, qui pourraient compromettre leur avenir.

Examens, travaux pratiques, projets, journaux de voyage, etc., tout concourt à établir le classement des élèves, soit pour le passage d'une division dans une autre, soit pour leur sortie de l'École. Les notes sont échelonnées entre 0 et 20; chacune est affectée d'un coefficient spécial et fournit ainsi un certain nombre de points, qui sont transportés intégralement d'une année à la suivante. (Jusqu'aux réformes de 1887, une partie seulement des points obtenus était conservée d'une année à l'autre.) Le total des points obtenus détermine le rang de classement de chaque élève.

Mais, afin d'éviter que les élèves négligent telle ou telle matière, dont le coefficient serait peu élevé, et laissent ainsi des lacunes dans leur instruction, le règlement exige que la moyenne de toutes les notes d'un élève ne descende jamais au-dessous de 12, soit en première, soit en seconde, soit en troisième année. Il exige aussi que les trois notes les plus basses ne forment pas un total inférieur à 24. Tout élève qui ne satisferait pas à ces deux conditions cesserait de faire partie de l'École.

Si une seule note descend à 8, l'élève n'est pas forcément exclu; mais il appartient au Conseil de l'École

d'apprécier les résultats de son travail et de déclarer l'exclusion, s'il ne les juge pas suffisants.

Après les examens de *première année*, les élèves restent pendant un mois au laboratoire, occupés d'analyses chimiques et n'ayant à suivre, en dehors de ce travail, que douze leçons de topographie; puis ils sont interrogés sur ce cours et consacrent le mois de juillet à des exercices pratiques de lever de plans, soit à la surface du terrain, soit dans les galeries souterraines des anciennes carrières situées sous la ville de Paris.

Voyages d'instruction. — Vers le 1er août ils quittent l'École, les uns pour aller dans leurs familles, d'autres pour faire leur stage militaire; mais tous doivent, pendant les vacances, faire un voyage d'instruction ou plutôt un *séjour* d'un mois environ dans l'un des principaux districts miniers et métallurgiques de la France ou de la Belgique. Les élèves-ingénieurs sont placés sous la direction de l'ingénieur en chef de l'arrondissement minéralogique, où ils se rendent.

Tous doivent, en rentrant à l'École, le 3 novembre suivant, remettre un compte rendu détaillé de leur voyage ou de leur séjour, compte rendu qui sera soumis à l'examen de l'un des professeurs de l'École et dont la note entrera dans le calcul des points pour le classement suivant.

Après les examens de *deuxième année*, les élèves externes consacrent trois mois, avant ou après leur stage militaire, à visiter des mines, des usines, des établissements de construction de machines, des ateliers de chemins de fer, etc. Une partie du voyage (un mois au moins), doit se faire en France ou pays de langue française; le reste peut être fait à l'étranger, lorsque les élèves en savent assez bien la langue.

Les élèves-ingénieurs sont tenus de faire un voyage

de cent jours, en France ou en Belgique, d'après un programme qu'ils proposent, mais que peut modifier le Conseil de l'École et qui est définitivement arrêté par le Ministre.

Les observations faites au cours du voyage sont consignées au fur et à mesure dans le *journal* de chaque élève, accompagnées de dessins et de croquis cotés. Le Conseil de l'École, attachant un grand prix à ce que la rédaction soit faite sur place, au cours du voyage et non pas au retour et à l'aide de documents écrits ou imprimés, exige que les journaux de voyage de seconde année soient, comme les comptes rendus de première année, remis à l'École le jour même de la rentrée, c'est-à-dire le 3 novembre. Ils sont soumis à l'examen de deux professeurs et la moyenne des notes obtenues sert au calcul du classement de troisième année.

Prix. — L'association amicale des anciens élèves de l'École des mines a institué une médaille spéciale pour récompenser celui des élèves externes dont le journal de voyage a été jugé le meilleur. La désignation du lauréat est faite par le Conseil de l'École, qui, après avoir consulté les notes des premiers examinateurs, soumet ceux des journaux qui ont obtenu les notes les plus élevées à l'examen comparatif d'une commission de professeurs; toutes les garanties d'une juste appréciation se trouvent ainsi réunies. La médaille est décernée au lauréat dans une séance générale de la société des anciens élèves et il en est fait mention dans le diplôme de l'élève, qui a obtenu cette récompense.

Les élèves-ingénieurs qui se sont le plus distingués pendant la durée de leurs études, reçoivent également des prix, qui leur sont accordés par le Ministre des travaux publics et dont les titulaires sont désignés par le Conseil de l'École et par le Conseil de perfectionnement.

Fin des études. — Les élèves-ingénieurs doivent encore, après la troisième année scolaire, faire un dernier voyage d'instruction qui n'est pas exigé des élèves externes. Ce voyage, d'une durée de cent jours, a lieu en pays étranger. Il en est rendu compte dans un *journal*, qui doit être remis à l'École le 3 novembre. Mais les élèves ont, en outre, à remettre, avant le 31 décembre de la même année, deux *mémoires* sur des sujets désignés ou approuvés par le Conseil de l'École, mémoires pour la rédaction desquels ils peuvent consulter non seulement leurs notes, mais les publications françaises et étrangères, à la condition de citer toujours les sources de leurs informations. Ces travaux, auxquels on attache beaucoup d'importance et qui peuvent être comparés à de véritables thèses de facultés, sont, comme les précédents, soumis à l'examen des professeurs et la moyenne des notes obtenues, affectée d'un coefficient élevé, peut influer sur le classement définitif; les meilleurs mémoires sont parfois jugés dignes d'un autre genre de récompenses et proposés pour l'insertion dans les *Annales des mines*.

Après cette longue série d'épreuves, les *élèves ingénieurs* sont classés d'une façon définitive, puis déclarés *hors concours* et enfin nommés *ingénieurs ordinaires des mines de troisième classe* par décret du Président de la République. Ils sont appelés, suivant l'ordre de classement, à choisir entre les postes devenus vacants dans le service de l'État.

Les *élèves externes*, qui ont, pendant leurs trois années d'études spéciales, justifié des connaissances nécessaires, obtiennent un *diplôme* d'« ancien élève externe de l'École nationale supérieure des mines, apte à exercer la profession d'ingénieur. »

Les *élèves étrangers* reçoivent, à leur sortie de l'École, des *certificats d'études*, sur lesquels sont inscrites toutes les notes qu'ils ont obtenues pour les examens et les exercices pratiques, auxquels ils ont pris part.

Gratuité de l'enseignement. — L'enseignement de l'École des mines est resté jusqu'ici entièrement gratuit; il a été question pour l'avenir d'une rétribution annuelle, mais la solution n'est pas encore intervenue. Les élèves externes, les élèves étrangers et les auditeurs libres des cours spéciaux et des cours préparatoires ont seulement à verser une somme de cinquante francs pour garantie de dégâts. La portion non dépensée de cette somme, inscrite sous le nom de *masse*, est remboursée à chacun à sa sortie de l'École.

Discipline. — Les élèves doivent être présents à l'École de 9 heures à 11 heures du matin, et, dans l'après-midi, de midi 1/2 à 5 heures; ils peuvent rester facultativement jusqu'à 6 heures dans les salles de dessin ou la bibliothèque. Ils ne restent obligatoirement, jusqu'à 6 heures, que les jours où ont lieu les leçons de langue étrangère qu'ils doivent suivre.

Les cours ont lieu à 9 heures du matin, à midi 1/2 ou à 3 heures, enfin les leçons de langues à 5 heures.

En dehors des heures de leçons, les élèves doivent être dans leurs salles de dessin, ou au laboratoire, ou à la bibliothèque.

La présence est constatée par la signature des élèves sur un registre, à 9 heures, à midi 1/2 et à 5 heures, et au moyen d'appels faits dans l'intervalle par un officier-surveillant. Les absences, qui n'ont pas été autorisées par le directeur ou l'inspecteur de l'école ou qui n'ont pas été justifiées par un certificat de maladie délivré par le médecin de l'école, sont portées au compte de l'élève et entrent dans le calcul du classement.

A cet effet, il est attribué à chaque élève 20 points d'assiduité par année scolaire ; chaque manque à l'appel ou défaut de signature fait perdre un demi-point et peut, par conséquent, influer sur le classement final. L'état

des points d'assiduité est d'ailleurs porté tous les mois à la connaissance des élèves par un tableau affiché dans les corridors de l'École.

Dans le cours d'une année scolaire, la perte des 20 points d'assiduité entraîne l'exclusion de l'École.

Nous compléterons cette notice par un tableau général de l'emploi du temps pendant l'année préparatoire et les trois années d'études spéciales. La durée des leçons n'est pas uniforme; elle varie, en général, de $1^h\,1/4$ à $1^h\,3/4$. Pour les calculs, nous leur supposerons une durée moyenne de $1^h\,1/2$, sauf pour les langues étrangères où elle est de 1 heure seulement.

La durée des exercices pratiques, en ce qu'ils ont d'obligatoire, s'en déduit naturellement; mais nous ne pouvons naturellement pas tenir compte du temps donné par les élèves à l'étude de leurs cours en dehors des heures de présence obligatoire.

EMPLOI DU TEMPS.

Année préparatoire.

	Nombre d'heures dans l'année.	
Leçons de mécanique	75	285
— analyse et géométrie descriptive	67 1/2	
— physique	67 1/2	
— chimie générale	75	
Exercices de dessin et lavis	497	560
Manipulations de chimie	63	
Préparation des examens	six semaines.	

COURS SPÉCIAUX.

Première année.

(y compris les mois de juin et juillet).

Leçons d'exploitation des mines	70 1/2	385 1/2
— métallurgie	63	
— chimie analytique	60	
— chimie industrielle	48	
— minéralogie	63	
— paléontologie animale	51	
— paléontologie végétale	12	
— topographie	18	
— langue allemande ou anglaise	42	

	élèves ingén.	élèves exter.	
Dessins et projets d'exploitation et de métallurgie	200	270	530
Exercices d'analyse minérale	300	230	
Exercices de minéralogie et de paléontologie		30	
Préparation des examens		six semaines.	
Exercices de topographie		quatre semaines.	

Deuxième année.

Leçons de métallurgie	63	399
— chimie analytique	60	
— géologie et pétrographie	78	
— machines et résistance des matériaux	52 1/2	
— chemins de fer	63	
— économie industrielle	40 1/2	
— langue allemande ou anglaise	42	
Projets de métallurgie et de machines	200	410
Exercices d'analyse minérale	180	
Exercices de pétrographie	30	
Visites industrielles et courses géologiques	pour mémoire.	
Préparation des examens	six semaines.	

Troisième année.

Leçons de géologie appliquée	63	271 1/2
— construction et construction de machines	63	
— législation	63	
— applications de l'électricité	10 1/2	
— artillerie	30	
— langue allemande ou anglaise	42	
Analyses de concours	120	560
Projets de concours d'exploitation, machines et métallurgie	440	
Préparation des examens	quatre semaines.	

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DES MINES

TABLEAU DU CORPS ENSEIGNANT AU 1er JANVIER 1889

DIRECTEUR : M. Haton de la Goupillière, Inspecteur général des mines de 2e classe, membre de l'Institut.

INSPECTEUR : M. Carnot (Ad.), Ingénieur en chef des mines de 1re classe.

COURS SPÉCIAUX.

Exploitation des mines.
M. Ledoux, Ingénieur en chef de 2e classe . . . . . Professeur.

Métallurgie.
M. Lodin, Ingénieur ordinaire de 1re classe . . . . . Professeur.

Chimie analytique minérale.
M. Carnot (Ad.), Ingénieur en chef de 1re classe . . . . . Professeur.

Chimie industrielle.
M. Le Chatelier (H.), Ingénieur ordinaire de 1re classe . . . . . Professeur.

Minéralogie.
M. Mallard, Inspecteur général de 2e classe . . . . . Professeur.

Paléontologie.
M. Douvillé, Ingénieur en chef de 2e classe . . . . . Professeur.
M. Zeiller, Ing. en ch. de 2e cl. . . Chargé de leçons de paléontologie végétale.

Géologie.
M. Bertrand (M.), Ingénieur en chef de 2e classe . . . . . Professeur.

Géologie appliquée.
M. Fuchs (E.), Ingénieur en chef de 1re classe . . . . . Professeur.

Topographie.
M. Pelletan (A.), Ingénieur ordinaire de 1re classe . . . . . Chargé de leçons.

Machines.
M. Sauvage, Ingénieur ordinaire de 1re classe . . . . . Professeur.

Chemins de fer.
M. Vicaire, Ingénieur en chef de 1re classe . . . . . Professeur.

Applications de l'électricité.
M. Potier, Ingénieur en chef de 1re classe . . . . . Chargé de leçons.

Construction.
M. Résal, Inspecteur général de 2e classe, membre de l'Institut. Professeur.

Législation des mines.
M. Aguillon, Ingénieur en chef de 1re classe . . . . . Professeur.

Économie politique et industrielle.
M. Cheysson, Ingénieur en chef des ponts et chaussées de 1re cl. Professeur.

Artillerie.
M. Priou, chef d'escadron d'artillerie . . . . . Professeur.

Langue allemande.
M. Bossert, Inspecteur général de l'Université.

Langue anglaise.
M. Elwall, professeur au lycée Henri IV.

COURS PRÉPARATOIRES.

Analyse, géométrie descriptive et applications.
M. Pelletan (A.), Ingénieur ordinaire de 1re classe . . . . . Professeur.

Mécanique.
M. Moutard, Inspecteur général de 2e classe . . . . . Professeur.

Physique.
M. Potier, Ingénieur en chef de 1re classe . . . . . Professeur.

Chimie générale.
M. Chesneau, Ingénieur ordinaire de 2e classe . . . . . Professeur.

EXERCICES PRATIQUES.

Travaux graphiques.
M. Lenoir, sous la direction des professeurs d'exploitation, de machines et de métallurgie.

Analyses chimiques.
M. Rigout, sous la direction des professeurs de chimie analytique, industrielle et générale.

PROGRAMMES DES COURS

DE

L'ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DES MINES

COURS SPÉCIAUX

COURS D'EXPLOITATION DES MINES.

M. Ch. LEDOUX, ingénieur en chef des mines, Professeur.

I. — NOTIONS PRÉLIMINAIRES. — RECHERCHE DES MINES.

1re Leçon.

Objet du cours. — Notions sur la formation des terrains. — Terrains éruptifs ou cristallins. — Terrains sédimentaires. — Couches; cassure, failles, dykes. — Filons et amas. — Allure des gîtes; toit, mur, puissance, inclinaison, affleurement. — Plissements, plateures, dressants, crochons, amincissements. — Exemples.

2e Leçon.

Structure, remplissage, gangues, salbandes des filons.

Variations de richesse des filons en direction, en inclinaison. — Exemples.

Gîtes de contact.

Terminaison des filons en direction.

Champs de fracture; parallélisme; croisements.

Passage des rejets. — Règle de Schmidt. — Méthode graphique. — Méthode trigonométrique.

3e Leçon.

Découverte des gîtes. — Prévisions générales fournies par la géologie et la paléontologie. — Exemples. — Prolongements des gîtes connus. Bassin du Nord. — Indications locales. Vieux travaux. Reprise des anciennes exploitations. — Indications minéralogiques. — Indications magnétiques.

Travaux de recherches. — Travaux sur les affleurements.

Attaque en galeries. — Descente dans les filons. — Sondages.

Exemples.

II. — SONDAGES.

4e Leçon.

Sondages. — Têtes de sonde. — Tiges en fer ou en bois. — Guides et parachutes. — Coulisse. — Contrepoids. — Joints à chute libre. — Trépans. — Cuiller. — Alésoir. — Outils de curage. — Vérificateur. — Carottes.

5e Leçon.

Tubage. — Tuyaux provisoires et définitifs. — Enfoncement, réenfoncement, arrachement des tubes.

Engin extérieur. — Chevalet. — Treuil.

Accidents. — Déviation. — Coincement. — Rupture de tiges. — Éboulement. — Chute d'objets dans le trou. — Outils spéciaux.

Curage à courant d'eau continu.

Sondage à la corde ou américain. — Outils spéciaux. Trépans. — Coulisse (Jar). — Pompe à sables. — Élargisseur. — Installation au jour. — Mode de travail.

6e Leçon.

Sondage au diamant.

Mode d'exécution des sondages.

Résultats économiques.

Applications des sondages. — Recherches de mines. — Coups de sonde dans l'intérieur pour percer aux eaux ou dans le mauvais air.

Exploitation de l'huile de pétrole. — Exploitation du sel gemme.

Théorie des puits artésiens. — Boitouts.

III. — ABATAGE DES ROCHES.

7e Leçon.

Abatage des roches. — Degrés de dureté.

Travail à la main. — Pelles, râbles, râteaux. — Pioches, pinces, coins de terrassier.

Pic au rocher. — Pic à la veine. — Rivelaine. — Coins et masses. — Travail au pic. — Sous-cave ou havage. — Entailles. — Travail du piqueur. — Résultats économiques.

Aiguille infernale. — Aiguille Levet. — Cartouche Guibal. — Cartouche à la chaux.

Travail par l'eau. — Géant de Californie. — Travail par dissolution. — Congélation.

Travail dans les roches dures. — Masse. — Massette. — Pointerolle.

Travail par le feu.

8e Leçon.

Tirage à la poudre. — Forage. — Massette, curette, fleuret, drague, barre à mine.

Exécution du travail. — Choix de l'emplacement.

Détermination des charges. — Avance. — Règle de Vogel. — Exemples numériques.

Bourrage. — Épinglette. — Bourroir.

Amorçage. — Fétu. — Canettes. — Mèche de sûreté.

Inflammation. — Précautions. — Long feu, raté.

Perfectionnements. — Tirage au tasseau. — Sciure de bois. — Simultanéité des coups.

Tirage par l'électricité. — Machine Bornhardt. — Exploseur Bréguet. — Fils conducteurs. — Amorces.

9e Leçon,

Étude du mode d'action de la poudre. — Poudres lentes, poudres brisantes. — Mesure de la force des explosifs. — Méthode Nobel. — Méthode de Saint-Étienne.

Poudre ordinaire. — Poudre comprimée.

Explosifs nitrés. — Coton-poudre. — Nitroglycérine. — Dynamite. — Dynamite-gomme.

Emploi des explosifs dans les mines grisouteuses. — Recherches de MM. Mallard et Le Chatelier. — Dangers de la poudre noire.

Explosifs atténués à l'azotate d'ammoniaque.

Résultats économiques de l'emploi des explosifs.

10e Leçon.

Procédés mécaniques de perforation.

Perforatrices à main.

Perforatrices à moteur mécanique. — Perforatrices rotatives Leschot, Brandt.

Perforatrices à percussion. — Emploi de l'air comprimé. — Résultats économiques.

Perforatrice Dubois et François, perfectionnements divers. — Indications sur les systèmes de perforatrices les plus connus. — Affûts pour galerie. — Affûts pour puits.

Résultats économiques. — Exemples.

Haveuses mécaniques. — Excavateur.

IV. — PUITS ET GALERIES.

11e Leçon.

Généralités sur le soutènement. — Boisage. — Essences. — Achat, conservation, façon des bois. — Outils du boiseur. — Boisage d'une taille. — Buttes, rallonges, esclimbes.

Boisage des galeries. — Cadres complets ou incomplets. — Prix de revient.

Avancement en galerie. — Travail en terrain ébouleux, palplanches. — Poussage, picotage.

12e Leçon.

Boisage des puits. — Boisage en terrain ébouleux. — Prix de revient.

Muraillement. — Matériaux, mortier, pierres sèches.

Muraillement des galeries. — Section complète ou simplifiée.

Plein cintre. — Anse de panier. — Courbe à plusieurs centres.

Muraillement en terrain ébouleux. — Prix de revient du muraillement des galeries.

Muraillement des puits. — Forme de la section. — Épaisseur.

Mode d'exécution. — Roulisse. — Cadre porteur. — Muraillement en terrain ébouleux, trousse coupante. — Prix de revient du muraillement des puits.

Points singuliers : croisements, recettes, écuries.

13e Leçon.

Soutènements métalliques dans les galeries et dans les puits.

Tunnels. — Disposition des puits. — Travail à section entière ou à section divisée. — Méthode descendante. — Méthode montante.

Galerie de faîte ou galerie de base. — Méthode mixte.

Élargissement des tunnels. — Travail en terrain ébouleux. — Travail en terrains coulants. — Tunnel de la Tamise. — Méthode Pœtsch.

Fonçage des puits à niveau bas. — Organisation du travail. — Méthode rapide de Gneisenau.

Élargissement. — Approfondissement. — Machine auxiliaire.

Fonçage sous stot. — Ouvrage descendant. — Ouvrage montant. — Prix de revient.

Fonçage en terrains aquifères. — Cuvelage et trousses à picoter. — Cuvelages en bois, en fonte, en maçonnerie. — Organisation d'une avaleresse. — Prix de revient.

14e Leçon.

Fonçage à niveau plein. — Procédé Kind et Chaudron. — Prix de revient.

Passage des terrains boulants. — Trousse coupante. Procédé Triger.

Procédé Pœtsch par congélation.

V. — MÉTHODES D'EXPLOITATION.

15e Leçon.

Aménagement général d'une mine.

Travaux d'aménagement. — Travaux préparatoires.

Aménagement par galeries en pays accidenté.

Aménagement par puits. — Nombre des orifices d'accès.

Dimensions des puits. — Étages. — Champ d'exploitation.

Ordre d'exploitation des étages.

Choix de la méthode d'exploitation.

16e Leçon.

Méthodes d'exploitation applicables aux filons et aux gîtes d'origine filonienne.

Méthode par gradins : gradins droits ou renversés. — Puissance réduite. — Organisation du travail. — Prix de revient.

Méthode horizontale en long.

Exploitation des filons puissants et des amas. — Méthode en travers, avec remblais. — Méthode en travers par dépilage.

Exploitation des amas irréguliers.

Exemples d'exploitation de gîtes puissants. — Exploitation d'Almaden.

17e Leçon.

Méthode d'exploitation par piliers et galeries avec estaus et piliers abandonnés. — Calcul du rendement. — Exemples, Stassfurt.

Exploitation du sel gemme, Hallstadt, Varangeville.

Exploitation des gîtes sédimentaires.

Méthodes applicables aux couches minces. Grandes tailles droites ou à mi pente. — Tailles chassantes. — Déboisage des tailles.

Maintenages. — Exemples.

18e Leçon.

Exploitation des couches d'épaisseur moyenne.

Méthodes par traçage et dépilage ; méthode par massifs longs ; variantes. — Exemples.

Méthode par massifs courts. Pannel work. — Traçage en demi-pente.

Méthode mixte avec piliers abandonnés (Newcastle).

19e Leçon.

Exploitation des couches puissantes. — Généralités.

Méthodes par foudroyage ; méthode par massifs longs, méthode inclinée, méthode horizontale. — Exemples.

Méthode par foudroyage avec piliers abandonnés (Staffordshire).

Généralités sur les remblais. — Chambres d'éboulement. Carrières. — Introduction des remblais. — Exemples.

Tassement des remblais. — Affaissements à la surface. — Direction et limite des affaissements. — Prix de revient des remblais.

20e Leçon.

Exploitation par remblais complets : méthode inclinée, méthode horizontale, méthode verticale, méthode par rabatage.

Exemples.

21e Leçon.

Exploitation à ciel ouvert. — Exemples.

Exploitation des ardoisières.

Exploitation de la tourbe.

VI. — ROULAGE.

22e Leçon.

Transports à ciel ouvert. — Brouette. — Tombereau. — Wagon.

Résultats numériques.

Transports souterrains. — Portage à dos. — Traînage sur patins. — Chemins de bois et chiens de mine.

Navigation souterraine.

Circulation aérienne. — Câble porteur. — Câble moteur. — Données numériques.

Chemins de fer souterrains. — Rails. — Traverses. — Attaches.

Coût d'établissement. — Croisements et changements de voie.

23e Leçon.

Résistance au roulement. — Influence des courbes et des pentes.

Jeu de la voie. — Pente d'équilibre. Pente d'égale résistance.

Matériel roulant. — Roues folles ou calées. — Graissage. — Caisse en bois ou en tôle. — Wagonnets. — Bennes.

Locomotives souterraines.

24e Leçon.

Plans inclinés automoteurs. — Plans à simple ou à double effet. — Mécanisme. — Frottement sur la poulie.

Poulie Fowler. — Tambours. — Rouleaux.

Freins. — Régulateurs de vitesse. — Exemples.

Chariot porteur. — Parachute.

Résultats économiques.

Plans bisautomoteurs.

Balances.

25e Leçon.

Traction mécanique.

Traction en palier ou en rampe. — Exploitation en vallée.

Système corde-tête et corde-queue.

Système de la corde sans fin.

Système de la chaîne traînante.

Système de la chaîne flottante.

Résultats économiques.

Installation de la force motrice dans les mines.

Moteurs animés. — Généralités sur ce genre de moteurs. — Leur mode d'emploi dans les mines, leur rendement économique, données numériques.

Moteurs hydrauliques.

Moteurs à vapeur. — Tuyaux de conduite de vapeur. — Pertes.

Moteurs à air comprimé. — Moteurs Compound. — Rendement.

VII. — EXTRACTION.

26e Leçon.

Appareils d'extraction.

Câbles. — Câbles ronds, plats ou coniques. — Câbles diminués. — Chaînes.

Chanvre, aloës, fer ou acier. — Résistance. — Poids.

Durée, surveillance, remplacement, retournement. — Coupage de la patte. — Graissage.

27e Leçon.

Matériel d'extraction. — Bennes et cuffats. — Transbordements. Guidages en fil de fer. Guidages en bois ou en fer.

Cages.

Parachutes.

Molettes. — Évite-molettes.

Bobines. — Bobine folle. — Tambours.

28e Leçon.

Chevalement en bois, en fer, en maçonnerie.

Organisation des recettes intérieures. — Clichage. — Taquets hydrauliques.

Recettes extérieures. — Fermeture. — Culbuteurs ou basculeurs. — Rivages.

Spout. — Drop.

29e Leçon.

Moteurs d'extraction. — Emploi de l'homme, du cheval. Treuil. — Baritel.

Données numériques.

Emploi de la force hydraulique. — Balance d'eau. — Roues hydrauliques, machine à colonne d'eau.

Moteurs à vapeur. — Machines à un cylindre et à engrenages.

Machine Colson. — Machines à deux cylindres couplés à action directe.

30e Leçon.

Adaptation spéciale aux machines d'extraction des organes décrits dans le Cours de machines. — Coulisses. Tiroirs. — Contre-pression. Effets de l'avance.

Servo-moteur.

Cames et soupapes.

Frein. — Frein à pédale. — Frein à contre-poids. — Frein à vapeur.

Signaux. — Avertisseur.

Emploi de la détente. — Détente variable à la main. — Système par coulisse et tiroir à recouvrement. — Systèmes Audemar et Audemar-Kraft.

31e Leçon.

Détente variable par le régulateur. — Système de Couillet. — Système Mailliet. — Système Sulzer.

Détente fixe automatique. — Système Guinotte.

Résultats pratiques. — Consommation de vapeur dans les machines d'extraction des différents systèmes. — Surface de chauffe correspondante.

Calcul des dimensions des cylindres d'une machine d'extraction.

32e et 33e Leçons.

Régularisation des efforts. — Contrepoids par câbles ou par chariots. — Système Devillaine ou Koepe. — Variante avec deux câbles.

Bobines. — Propriétés géométriques. — Discussion de l'équation du troisième degré qui exprime les variations du moment résistant.

Tambours coniques. — Tambours cylindro-coniques. — Tambours spiraloïdes.

Emploi de la condensation dans les machines d'extraction. — Difficultés spéciales qu'il présente.

Prix de revient de l'extraction.

Systèmes divers d'extraction. — Appareils oscillants. Extraction atmosphérique.

Translation des ouvriers. — Échelles. — Cages. — Fahrkunst.

VIII. — ÉPUISEMENT.

34e Leçon.

Hydrologie souterraine.

Défenses extérieures. — Défenses intérieures. — Serrements cylindriques ou sphériques en bois, en maçonnerie, en métal.

Plates-cuves.

Captage des eaux. — Pentes. — Galeries d'écoulement. — Exemples.

Épuisement par bennes ou par cuves guidées.

Pompes foulantes ou élévatoires.

Pompe Rittinger.

Organes des pompes. — Chapelles. — Clapets. — Pistons. — Tiges.

Maîtresses-tiges en bois ou en fer.

35e Leçon.

Pompes foulantes au fond pour grands ou petits épuisements. Exemples.

Pompes à répétition placées dans le puits. — Moteur à simple effet, type Cornouailles, type à traction directe. — Contre-poids. — Exemples.

Moteurs à double effet à mouvement alternatif. — Machine de Kladno. — Machine de la Concorde.

36e Leçon.

Moteurs à mouvement continu. — Machine du Bleyberg.

Machine horizontale à deux cylindres et à engrenages. Régénérateur Bochkoltz.

Calcul de la force du moteur et du contre-poids. — Rendement comparé des différents types. — Coût d'établissement.

Pompes d'avaleresse. — Disposition du moteur. — Exemples.

Moyens divers d'épuisement. — Pulsomètres.

IX. — AÉRAGE.

37e Leçon.

Augmentation de la température du sol avec la profondeur. — Influence sur les hommes et les chevaux. — Tracé des grands tunnels alpins.

Atmosphère souterraine. — Causes de soustraction de l'oxygène. — Dégagements nuisibles. — Acide carbonique. Acide sulfhydrique. Grisou.

Composition et propriétés du grisou. — Température de combustion du mélange explosif. — Retard à l'inflammation. — Vitesse dans un milieu agité. — Onde explosive.

Gisement du grisou. — Dégagement lent. — Dégagement instantané. — Influence de la pression barométrique.

38e Leçon.

Ventilation.

Expression de la résistance au mouvement de l'air dans une mine.

Tempérament (Guibal). — Orifice équivalent (Murgue).

Mesure des volumes partiels et du volume total. — Corrections. — Instruments employés.

Aérage naturel; sa mesure. — Plans d'aérage. — Surveillants d'aérage.

Ventilation naturelle. — Diffusion. — Courant naturel. — Portes. — Galandages. — Canards ou carnets d'aérage. — Goyot. — Crossing.

39e Leçon.

Foyers d'aérage. — Dispositions diverses. — Théorie mécanique des foyers.

Aérage mécanique. — Pluie artificielle. — Ejecteur. — Ventilateurs. — Ventilateurs à bras. — Ventilateur à force mécanique. — Anciens systèmes à piston, à cloche, à vis. — Ventilateur à force centrifuge. — Théorie de ces ventilateurs.

Ventilateur Combes. — Ventilateur à ailes inclinées. — Ventilateur Guibal.

40e Leçon.

Ventilateurs à grande vitesse. — Ventilateurs Ser, Schiele. — Ventilateurs à la suite. — Orifice de passage. — Courbe caractéristique. — Rendement mécanique et rendement manométrique. — Données numériques.

Ventilateurs volumogènes. — Théorie de ces ventilateurs. — Type Fabry. — Type Lemielle. — Orifice de passage. — Rendement. — Aménagement du courant. — Aérage ascendant. — Division en plusieurs branches.

X. — SERVICES DIVERS.

41e Leçon.

Éclairage. — Anciens procédés. — Lampes de sûreté, Davy, Mueseler, Boty.

Transmission de la flamme à travers les treillis. — Influence des courants d'air. — Influence des éléments de la lampe. — Cuirasse. — Double treillis.

Lampe Marsaut. — Emploi de la lampe de sûreté comme indicateur de grisou. — Écran Mallard et Le Chatelier. — Lampe Pieler.

Lampisterie. — Postes de rallumage à l'intérieur.

Coups de grisou. — Influence des poussières. — Précautions spéciales relatives à l'emploi des explosifs. — Effets des coups de feu.

Incendies. — Causes. — Moyens préventifs.

Sauvetage. — Appareils respiratoires.

42e Leçon.

Organisation du travail dans les mines. — Personnel administratif. — Personnel technique. — Ingénieurs. — Maîtres-mineurs et porions. — Ouvriers. — Recrutement des ouvriers. — Modes divers de paiement des ouvriers mineurs et leur influence sur le rendement.

Établissement du prix de revient. — Main-d'œuvre. — Fournitures de magasin. — Frais généraux. — Amortissement.

Exemples de prix de revient de mines de houille et de mines métalliques.

XI. — PRÉPARATION MÉCANIQUE DES MINERAIS.

43e Leçon.

Généralités et principes fondamentaux. — Débourbage, triage et scheidage. — Tables de triage, fixes, tournantes, sans fin.

Broyage. — Concasseurs, cylindres, bocards, meules.

44e Leçon.

Classement par grosseurs. — Classement des grenailles et des sables.

Grilles fixes ou à secousses. — Tôles perforées. — Toiles métalliques.

Trommels simples ou étagés.

Classement des matières fines. — Labyrinthe. — Spitzkasten. — Classeur Dorr.

Classement par l'air.

45e Leçon.

Traitement des grenailles et des sables.

Théorie du criblage à la cuve. — Mouvement du grain dans l'eau stagnante. — Action de l'eau en mouvement sur les grains en repos. — Discussion comparative.

Cribles mobiles. — Cribles fixes ou à piston, continus ou discontinus.

Cribles filtrants du Hartz.

46e Leçon.

Traitement des sables fins et des schlamms. — Caisson allemand. — Table dormante.

Table à secousse. — Table Rittinger.

Table tournante.

Round Buddle.

Lavage de l'or. — Batée. — Pan. — Berceau. — Sluice box.

Installation d'un atelier de préparation mécanique.

Données économiques.

47e Leçon.

Application des principes précédents au cas spécial des charbons.

Criblage, triage et lavage des charbons. — Broyeur Carr.

Lavoirs intermittents. — Lavoirs continus. — Lavoirs à feldspath.

Installation d'un atelier de triage et de lavage des charbons.

Données économiques. — Exemples.

COURS DE MÉTALLURGIE.

M. LODIN, ingénieur des mines, Professeur.

Première année.

1re Leçon.

Définition de la métallurgie.

Métallurgie générale. — Étude : 1° des agents métallurgiques; 2° des procédés; 3° des appareils.

Délimitation de la chimie et de la métallurgie. — Rôle joué par l'ouvrier en métallurgie. — Nécessité de la création d'une population ouvrière spéciale.

Travail des femmes et des enfants, relativement peu important en métallurgie. — Travail des hommes adultes. — Durée. — Mode de règlement. — Participation éventuelle aux bénéfices.

Questions économiques. — Établissement des prix de revient. — Frais de premier établissement. — Amortissement. — Frais spéciaux. — Frais généraux. — Fonds de roulement.

Voie sèche. — Voie humide. — Électro-métallurgie.

Définition de divers termes usuels. — Trempe. — Liquation. — Cristallisation. — Calcination. — Carbonisation. — Cuisson. — Fusion. — Fonte crue. — Distillation. — Sublimation. — Cémentation. — Grillage. — Rôtissage. — Affinage. — Raffinage.

2e Leçon.

Minerais en général. — Prises d'essai.

Laitiers et scories. — Fusibilité des silicates. — Emploi des fondants.

Combustibles en général. — Effets de la fossilisation.

Bois. — Propriétés physiques et chimiques. — Cendres de bois. — Indications sommaires sur la production du bois.

3e Leçon.

Tourbes de diverses catégories. — Bois fossiles. — Lignites secs et lignites gras. — Houilles sèches, grasses de diverses catégories, maigres. — Anthracite. — Graphite. — Cannel coal. — Pétroles.

Propriétés de ces divers combustibles.

4e et 5e Leçons.

Préparation physique des combustibles. — Concassage de l'anthracite en Amérique.

Préparation mécanique des tourbes.

Indications sommaires sur le triage et le lavage des houilles.

Altération des menus de houille à l'air. — Avantages de l'agglomération.

Matières agglomérantes. — Chauffage et malaxage des pâtes. — Classification des machines à comprimer les agglomérés.

Description des principaux types de ces machines (Mazeline, Middleton, Couffinhal, Revollier, Evrard, etc.)

Frais d'agglomération.

Dessiccation du bois et de la tourbe.

6e Leçon.

Fabrication du charbon de bois en meules et en tas allongés.

Description et théorie de l'opération.

Tentatives faites pour perfectionner la carbonisation.

Rendement et frais de l'opération.

7e et 8e Leçons.

Carbonisation de la tourbe.

Carbonisation de la houille en tas, en cases ou en fours à parois pleines.

Fours à parois chauffées. — Fours plats, fours belges, fours Appolt, Bauer, Lürmann, etc.

Propriétés du coke. — Frais de carbonisation.

9e et 10e Leçons.

Matériaux réfractaires naturels.

Produits réfractaires artificiels ; leur classification.

Argiles réfractaires : leurs propriétés. — Préparation des pâtes. — Moulage. — Séchage. — Cuisson.

Organisation d'une fabrication de produits réfractaires. — Frais de fabrication.

Briques de silice.

Produits réfractaires basiques.

11e Leçon.

Combustion en général. — Pouvoir calorifique des corps simples et des composés employés en métallurgie.

Combustion des gaz. — Point d'inflammation. — Température de combustion.

Conditions pratiques de la combustion. — Vitesse de propagation de l'inflammation. — Formes et proportions des flammes. — Influence du mélange préalable. — Chambres de combustion.

12e Leçon.

Combustion des liquides. — Appareils servant à l'opérer.

Combustion des solides. — Chauffes à grille. — Leur théorie. — Types principaux de fourneaux avec chauffes à grille. — Fours à vent. — Réverbères. — Fours à dôme et fours de galère.

Types divers de grilles.

13e Leçon.

Inconvénients de l'emploi des grilles. — Tentatives faites pour l'éviter.

Fours à cuve, à grille ou à tuyères. — Zones de combustion. — Notions générales sur les échanges de chaleur dans les fours à cuve.

Détermination du profil intérieur des fours à cuve.

14e Leçon.

Gazéification. — Ses avantages et ses inconvénients. — Production du gaz à l'air et du gaz à l'eau. — Gaz de distillation.

Types divers de gazogènes à grille.

Gazogènes à tuyères. — Gazogènes distillateurs.

15e Leçon.

Influence du chauffage préalable de l'air destiné à la combustion des gaz. — Fours Boetius et Bicheroux. — Récupérateurs E. Müller, Ponsard, etc. — Régénérateurs Siemens.

Avantages et inconvénients de la récupération ou de la régénération.

16e et 17e Leçons.

Principes généraux de la construction des fours.

Revêtement intérieur et extérieur.

Emploi des armatures métalliques et de la réfrigération systématique.

Cheminées. — Théorie du tirage.

Machines soufflantes diverses : 1° appareils à entraînement (trompes, injecteurs) ; 2° ventilateurs à force centrifuge ; 3° ventilateurs rotatifs ; 4° machines soufflantes à mouvement alternatif. — Étude de ces diverses machines.

Conduites et régulateurs de vent.

Indications sommaires sur les appareils mécaniques employés en métallurgie.

FER.

18e et 19e Leçons.

Propriétés chimiques du fer.

Combinaisons du fer avec le carbone, le silicium, le phosphore, le soufre, le manganèse, le chrome, le cuivre, etc.

Composés ternaires ou multiples.

Oxydation du fer et réduction des oxydes de fer. — Dédoublement de l'oxyde de carbone en présence des oxydes de fer.

20e Leçon.

Minerais de fer. — Leurs propriétés. — Influence des corps étrangers qu'ils peuvent contenir.

21e et 22e Leçons.

Préparation des minerais de fer. — Concassage et débourbage. — Grillage. — Son utilité à divers points de vue. — Grillage en tas, en cases ou en fours de divers types.

Production directe du fer. — Forges catalanes. — Procédés Siemens, Chenot, etc. — Hauts fourneaux. — Leur origine et leur développement progressif. — Réactions principales qui se produisent à leur intérieur.

Profil intérieur du haut fourneau. — Diamètre aux tuyères. — Inclinaison des parois. — Volume intérieur. — Diamètre du gueulard. — Types élancés et trapus.

23e, 24e, 25e et 26e Leçons.

Dispositions générales des hauts fourneaux. — Types anciens, à massifs extérieurs volumineux. — Types modernes à enveloppe extérieure métallique. — Types sans revêtement extérieur.

Fondations. — Construction du massif intérieur. — Accessoires de l'ouvrage, tuyères à eau, tympes à eau, etc.

Fermetures diverses du gueulard. — Prises de gaz. — Conduite de gaz. — Dispositions pour arrêter les poussières, etc.

Types divers de monte-charges.

Soufflerie et régulateurs.

Chauffage du vent. — Appareils en fonte de divers types.

Appareils en terre réfractaire (Cowper, Whitwell, etc.).

Accessoires de ces appareils.

Buses. — Manomètres et pyromètres, etc.

Personnel du haut fourneau.

Mise en feu d'un haut fourneau. — Travail normal.

Enlèvement du laitier ; tentatives faites pour l'utiliser.

Coulée de la fonte en sable ou en lingotières.

27e et 28e Leçons.

Réactions du haut fourneau. — Descente des charges. — Introduction de divers métalloïdes dans la fonte.

Influences qui modifient l'allure. — Balance thermique d'un fourneau. — Relations entre l'allure et la nature de la fonte produite. — Classification des fontes ordinaires.

Production des fontes spéciales.

Consommations. — Exemples divers.

29e Leçon.

Accidents qui peuvent arriver au haut fourneau. — Allure sèche et allure froide. — Accrochages. — Dégradations diverses des parois. — Formation de loups dans le creuset.

Suspensions de travail. — Explosions de diverses natures. — Mise hors feu.

Choix de l'emplacement des usines à fonte. — Dispositions de ces usines. — Frais de fabrication de la fonte.

30e Leçon.

Fonderie. — Travail en première ou en deuxième fusion. — Emploi du réverbère et du cubilot pour refondre la fonte.

Réactions chimiques de la deuxième fusion.

Procédés de moulage. — Emploi du sable vert, du sable étuvé, de la terre. — Moulage en coquille.

Matériel des fonderies. — Exemples de moulages divers.

Frais du travail de moulage.

Fonte malléable. — Réactions de la cémentation oxydante. — Pratique de cette opération.

31e Leçon.

Principes généraux de l'affinage de la fonte.

Affinage au bas foyer. — Procédé comtois. — Description du procédé. — Réactions qui s'y produisent.

Variantes diverses de l'affinage au bas foyer. — Mazéage préalable.

Frais de l'affinage au bas foyer. — Comparaison avec la méthode catalane.

Tentatives diverses faites pour améliorer les conditions du travail.

32e, 33e et 34e Leçons.

Mazéage au coke, au bas foyer ou sur sole. — Réactions. — Frais de l'opération.

Puddlage. — Ses origines. — Puddlage sec et puddlage bouillant.

Réactions dans l'une ou l'autre variante.

Travail mécanique des loupes. — Cinglage. — Laminage des barres brutes. — Description et étude des appareils employés dans ces deux opérations.

Résultats économiques du puddlage ordinaire.

Choix des fontes destinées au puddlage. — Additions diverses au cours de l'opération.

Perfectionnements apportés au four à puddler et aux appareils de cinglage et d'étirage.

Puddlage mécanique. — Fours Danks, Bouvard, Pernot, etc.

Fabrication de l'acier soit au bas foyer, soit au four à puddler. — Modifications à apporter aux appareils et à la conduite du travail. — Triage des barres et corroyage.

35e, 36e, 37e et 38e Leçons.

Affinage sur sole à l'état liquide.

Procédé Martin-Siemens. — Emploi des riblons avec affinage partiel. — Affinage systématique par additions de minerai. — Difficultés d'application du procédé sur sole acide.

Construction du four Martin-Siemens. — Préparation des soles acides et des soles basiques. — Dispositions de coulée. — Marche du travail et réactions dans les deux variantes. — Frais de production des lingots.

Procédé Bessemer. — Ses origines. — Soufflerie Bessemer. — Convertisseurs. — Leurs dimensions et leur disposition. — Installations de coulée.

Revêtements acides et revêtements basiques.

Conduite du travail. — Variantes du procédé acide et du procédé basique. — Réactions de l'opération.

Frais de production des lingots.

39e Leçon.

Cémentation du fer. — Théorie de cette opération.

Fusion de l'acier au creuset. — Détails du travail. — Réactions qui s'y produisent. — Additions diverses.

Frais de la cémentation et de la fusion au creuset.

40e, 41e et 42e Leçons.

Elaboration mécanique du fer et de l'acier.

Fabrication du fer en barres. — Cisaillage et paquetage du fer brut. — Réchauffage. — Laminage. — Frais de la fabrication du fer en barres.

Fabrication des fers profilés. — Principes du profilage au laminoir. — Exemples divers. — Emploi du laminoir universel.

Tôles et larges plats. — Détails de leur fabrication.

Plaques de blindage.

Fabrication des rails en fer soudé.

Travail des lingots d'acier. — Défauts que peuvent présenter ces lingots. — Procédés divers pour éviter la production de ces défauts.

Structure intérieure des métaux fondus ou soudés. — Influence du travail mécanique et de la trempe sur le grain et sur les propriétés du métal.

Laminage des rails en métal fondu.

Fours divers de réchauffage des lingots. — Soaking pits. — Dégrossissage au laminoir réversible ou au trio américain. — Profilage définitif avec l'un ou l'autre de ces appareils.

Fabrication des bandages, des essieux, des ressorts, etc.

Conditions économiques générales de la fabrication du fer et de l'acier.

Statistique.

Deuxième année.

1re, 2e, 3e et 4e Leçons.

Résumé de la métallurgie générale.

Définitions diverses. — Influence de la main-d'œuvre et des questions économiques.

Fondants. — Combustibles. — Agglomération. — Dessiccation. — Carbonisation. — Fabrication des produits réfractaires. — Théorie de la combustion.

Chauffes à grille. — Fours à cuve. — Gazogènes. — Fours à récupérateurs et régénérateurs. — Cheminées. — Machines soufflantes. — Conduites et régulateurs de vent.

5e, 6e et 7e Leçons.

Grillage des minerais sulfurés.

Progression du grillage à l'intérieur des fragments de minerai.

Grillage en tas et en cases. — Grillage au réverbère. — Fours rotatifs divers. — Tentatives diverses faites en vue d'utiliser partiellement le soufre ou au moins d'absorber l'acide sulfureux dégagé. — Emploi de ce gaz à la fabrication de l'acide sulfurique. — Kilns. — Fours à moufle, avec ou sans râblage mécanique. — Fours à tablettes. — Fours Gerstenhöfer, Hasenclever, etc.

Condensation des fumées.

CUIVRE.

8e Leçon.

Propriétés du cuivre. — Ses combinaisons avec divers métalloïdes. — Alliages cuivreux.

Minerais de cuivre. — Cuivre natif. — Minerais oxydés, sulfurés, arsénicaux, antimoniaux, etc.

9e Leçon.

Principes généraux de la métallurgie du cuivre.

Traitement des minerais natifs. — Exemple du Lac Supérieur.

Traitement des minerais oxydés. — Ancien traitement de Chessy.

10e Leçon.

Métallurgie primitive des minerais sulfurés.

Exemple d'Ikouno (Japon).

Traitement de ces minerais par la méthode suédoise.

Exemple de Röros.

11e Leçon.

Traitement des minerais zincifères par la même méthode. — Exemple d'Atvida.

Minerais mixtes. — Exemples de Nijné Tagilsk. — Four Raschette. — Exemples de Szaska, de Perm.

Traitement de l'Arizona. — Water jackets.

12e et 13e Leçons.

Méthode anglaise typique. — Emploi exclusif du reverbère. — Étude économique de cette méthode comparée à la méthode suédoise.

14e et 15e Leçons.

Traitement des minerais impurs. — Extra-process anglais. — Refonte des scories. — Séparation des métaux précieux, du nickel et du cobalt. — Méthode du Hartz supérieur. — Méthode de la Stefanshütte. — Traitement de l'énargite aux États-Unis.

Méthodes mixtes de traitement. — Exemples de Kaafiord et de Mansfeld. — Affinage du cuivre au four Siemens. — Emploi du convertisseur David-Manhès.

16e, 17e et 18e Leçons.

Procédés de traitement des minerais de cuivre par voie humide. — Méthodes de Rio Tinto, d'Agordo. — Procédés Henderson, Dœtsch, Hunt et Douglas, etc.

Procédés électrolytiques.

Conditions générales d'établissement des usines à cuivre. — Frais de traitement des minerais. — Statistique.

Travail du cuivre et de ses alliages.

PLOMB.

19e Leçon.

Propriétés du plomb et de ses alliages. — Minerais de plomb.

Principes généraux du traitement des minerais de plomb.

20e Leçon.

Traitement des minerais au bas foyer.

Méthode par grillage et réaction. — Four carinthien. — Réverbères espagnols.

21e Leçon.

Fours du Flintshire et du Derbyshire, de Tarnowitz, d'Albertville et de Poullaouen, du Bleyberg ès Montzen.

Méthode typique par grillage et fonte réductive, à Vialas et aux environs de Carthagène.

22e Leçon.

Fonte de précipitation. — Procédé viennois.

Anciennes méthodes de Tarnowitz et du Hartz. — Méthode actuelle du Hartz. — Fours Kast.

23e et 24e Leçons.

Traitements mixtes au four à réverbère ou au four à cuve.

Travail du Cornwall, au réverbère.

Grillage au moyen de fours perfectionnés et fusion au four à cuve. — Variantes de Pontgibaud, La Pise, Freiberg.

Epuration des plombs bruts par liquation et affinage au réverbère.

Considérations économiques et statistiques sur la métallurgie du plomb.

ARGENT.

25e Leçon.

Propriétés de l'argent et de ses alliages.

Minerais d'argent.

Extraction de l'argent par fonte plombeuse. — Exem-

ples de Kongsberg et de Freiberg. — Désargentation des mattes par imbibition et des cuivres par liquation.

26e Leçon.

Coupellation. — Méthode allemande et méthode anglaise. — Revivification des litharges.

27e Leçon.

Pattinsonage. — Principes de la méthode et considérations théoriques qui s'y rattachent. — Travail en batterie ou par chaudières conjuguées. — Pattinsonage mécanique ou à la vapeur.

28e Leçon.

Désargentation du plomb au moyen du zinc.

Épuration du plomb zingueux. — Traitement des crasses riches.

Électrolyse du plomb d'œuvre.

Frais de désargentation.

29e Leçon.

Traitement des minerais par amalgamation. — Procédé du *patio*.

30e Leçon.

Amalgamation chilienne. — Procédé du *cazo*. — Amalgamation saxonne.

31e Leçon.

Amalgamation dans les *pans*. — Variantes diverses. — Amalgamation des mattes, des speiss et des cuivres noirs.

32e Leçon.

Extraction de l'argent des mattes par les procédés Augustin et Ziervogel, des mattes ou des cuivres noirs par l'acide sulfurique. — Traitements divers par voie humide. — Emploi des hyposulfites.

OR.

33e Leçon.

Propriétés de l'or. — Ses minerais. — Extraction de l'or des minerais natifs. — Traitement des minerais pyriteux. — Chloruration. — Séparation des métaux précieux par affinage.

PLATINE.

34e Leçon.

Minerais de platine. — Métallurgie ancienne du platine. — Méthode de Deville.

ÉTAIN.

Propriétés de l'étain. — Minerais de ce métal. — Nécessité d'une préparation mécanique très complète. — Séparation du tungstène. — Traitement des minerais d'étain au four à cuve et au réverbère. — Raffinage de l'étain brut. — Frais de traitement.

ANTIMOINE.

35e Leçon.

Propriétés. — Minerais. — Fabrication du sulfure d'antimoine fondu. — Fabrication de l'antimoine métallique. — Fonte de précipitation. — Grillage et fonte réductive. — Frais de traitement.

BISMUTH.

Extraction du bismuth de minerais divers ou des fonds de coupelle.

MERCURE.

36e et 37e Leçons.

Propriétés du mercure. — Ses minerais.

Traitement des minerais riches en vases clos (Idria, Littaï).

Extraction par grillage du sulfure. — Emploi de moufles (appareil Patera), de stalles (Hongrie). — Fours à aludels. — Fours d'Idria. — Fours coulants (Hähner, Exeli).

Traitement des minerais mélangés. — Four Knox.

Traitement des menus. — Fours Alberti. — Fours Scot et Hutner. — Four Livermore.

Considérations économiques et statistiques sur la production du mercure.

ZINC.

38e et 39e Leçons.

Propriétés du zinc. — Minerais de zinc. — Principes généraux de la métallurgie du zinc.

Calcination des calamines.

Grillage des blendes avec ou sans utilisation du soufre contenu.

Méthode de distillation *per descensum*. — Anciennes méthodes anglaise et carinthienne.

Méthode silésienne primitive.

Méthode belge primitive. — Comparaison des frais et des résultats obtenus dans les méthodes types.

40e Leçon.

Modifications du type silésien. — Chauffes Boétius ; emploi de gazogènes distincts. — Fours mixtes (Valentin Cocq).

Fours belges modifiés. — Types d'Engis. — Fours Borgnet. — Fours Dor. — Fours Loiseau. — Fours d'Auby.

Fours à régénérateurs et récupérateurs.

41e Leçon.

Utilisation des poussières de zinc.

Fabrication mécanique des creusets à zinc.

Essais d'extraction du zinc au four à cuve. — Procédé Wheterill.

Fabrication du blanc de zinc.

Essais d'extraction du zinc par électrolyse.

Raffinage et laminage du zinc.

Considérations économiques et statistiques sur la production de ce métal.

NICKEL ET COBALT.

42e Leçon.

Minerais de nickel et de cobalt.

Concentration de ces métaux dans des mattes ou des speiss ; extraction finale par grillage et fusion oxydante, ou par voie humide. — Réduction du nickel.

Traitement des minerais oxydés de nickel.

ALUMINIUM.

Production par la méthode de Deville. — Procédé Cowles, etc.

COURS DE CHIMIE ANALYTIQUE (*)

M. Ad. CARNOT, ingénieur en chef des mines, Professeur.
Directeur du laboratoire et du Bureau d'essai.

Première année.

1re et 2e Leçons.

GÉNÉRALITÉS.

Objet du Cours. Analyse chimique qualitative et quantitative. Mesure des poids; mesure des volumes.

Méthodes générales pour *l'analyse qualitative* :

Recherches par la voie sèche.

Emploi du chalumeau; divers modes d'essai.

Emploi de la lampe à gaz; opérations diverses.

Emploi du spectroscope avec la flamme du gaz et avec l'étincelle électrique.

Recherches par la voie humide; indications générales.

Examen micrographique.

3e Leçon.

Analyse quantitative.

Opérations préliminaires. Choix de l'échantillon à analyser. Triage pour analyses minéralogiques; prise d'essai moyenne pour analyses industrielles. — Pulvérisation. Dessiccation. Dessiccation des gaz. Pesée. Balances de précision.

(*) L'enseignement oral est complété par des exercices pratiques d'analyse minérale, auxquels prennent part tous les élèves titulaires de l'École des mines durant leurs trois années d'études.

4e, 5e et 6e Leçons.

Opérations de la *voie sèche*. Production de températures élevées. Calcination dans l'air ou à l'abri de l'air, dans des gaz inertes ou actifs. Fusion : vases, fondants. Distillation. Oxydation. Réduction. Sulfuration. Chloruration.

Opérations de la *voie humide*. Dissolution avec ou sans désagrégation préliminaire. Évaporation. Distillation. Précipitation. Décantation. Filtration. Lavage des précipités. Dessiccation. Calcination. Pesée.

Électrolyse; principes généraux.

Mesure des gaz.

Procédés colorimétriques.

Procédés volumétriques ou par liqueurs titrées. Principes généraux; dosage direct, dosage par reste.

Méthodes par saturation : Alcalimétrie, acidimétrie. Solutions titrées. Indicateurs.

Méthodes par oxydation ou réduction : Oxydimétrie; iodométrie.

Méthodes par précipitation.

7e et 8e Leçons.

MÉTALLOIDES.

HYDROGÈNE.

Préparation de l'hydrogène pur et sec; son emploi comme agent de réduction dans les analyses. Disposition des appareils.

Dosage de l'hydrogène en volume au moyen de l'eudiomètre; dosage en poids après combustion.

OXYGÈNE.

Emploi dans les analyses. Divers modes de préparation : bioxyde de manganèse, chlorate de potasse, chlorure de chaux, bioxyde de baryum.

Caractères et dosage. Oxygène libre. Oxygène en dissolution dans l'eau. Oxygène combiné.

Ozone. — Caractères. Dosage dans l'air.

Eau. — Moyens d'obtenir de l'eau pure; son emploi. Emploi de la vapeur d'eau dans les analyses.

Dosage de l'eau contenue dans les minerais, dans les acides, dans les bases, dans les sels.

Eau oxygénée. — Préparation, emploi.

Dosage de l'oxygène disponible.

9e, 10e, 11e et 12e Leçons.

SOUFRE.

Caractères du soufre libre.

Essai et analyse des minerais de soufre natif. Examen du soufre en canons et de la fleur de soufre.

Hydrogène sulfuré ; préparation, emploi. Sulfhydrate d'ammoniaque. Sulfures alcalins; emploi. Caractères des sulfures solubles et insolubles.

Hydrosulfites. Hyposulfites; caractères, dosage.

Acide sulfureux; préparation. Sulfites; caractères. Dosage.

Hyposulfates; caractères, dosage.

Acide sulfurique; purification. Caractère des sulfates. Dosage.

Détermination par les liqueurs titrées des sulfures, sulfites et hyposulfites. Examen de mélange de ces sels.

Dosage du soufre dans les sulfures métalliques :

Emploi de l'eau régale, de l'acide hypochloreux, de la potasse et du chlore, de l'hypobromite de soude; emploi de l'oxygène, du chlore, du nitre.

SÉLÉNIUM.

Propriétés, caractères. Acide sélénieux; acide sélénique.

Dosage du sélénium dans les sélénites et les séléniates. Sa séparation du soufre. Minéraux du sélénium.

TELLURE.

Propriétés, caractères. Acide tellureux; acide tellurique.

Dosage du tellure. Sa séparation du soufre et du sélénium. Minéraux du tellure.

13e et 14e Leçons.

CHLORE.

Préparation et emploi du chlore dans les analyses par voie sèche et par voie humide.

Acide chlorhydrique; purification, emploi pour la voie sèche et la voie humide.

Chlorures; caractères. Dosage pondéral et volumétrique du chlore. Dosage du chlore libre.

Acide hypochloreux. Chlorures décolorants, procédés chlorométriques.

Chlorates; perchlorates. Dosage.

BROME.

Emploi du brome dans les analyses.

Bromures; leurs caractères. Recherche et dosage du brome dans les bromures seuls ou en présence des chlorures.

Hypobromites; bromates.

15e Leçon.

IODE.

Propriétés. Emploi de l'iode en liqueurs titrées.

Acide iodhydrique, iodures; caractères. Recherche de l'iode.

Dosage dans les iodures seuls ou en présence des chlorures et des bromures. Dosage volumétrique. Recherche de très petites quantités d'iodures dans les eaux.

Iodates et hyperiodates. Dosage.

16e Leçon.

FLUOR.

Propriétés. Acide fluorhydrique.

Fluorures; leurs caractères. Recherche du fluor par voie sèche et par voie humide.

Dosage du fluor dans les fluorures solubles, les fluorures décomposables par l'acide sulfurique et les fluorures insolubles, seuls ou mêlés de silicates.

17e et 18e Leçons.

AZOTE.

Préparation et emploi de l'azote comme gaz inerte.

Ammoniaque. — Son emploi comme réactif.

Caractères. Dosage par les méthodes pondérale, volumétrique et colorimétrique. Recherche et détermination de très petites quantités d'ammoniaque.

Sels ammoniacaux : leur emploi au laboratoire.

Acide azotique. — Son emploi comme réactif; purification. Caractère des azotates; recherche qualitative.

Dosage direct; dosage par transformation en bioxyde d'azote ou en ammoniaque; dosage par l'indigo. Précipitation par les sels de cinchonamine.

Acide azoteux. — Caractères des azotites. Recherche et dosage.

19e Leçon.

PHOSPHORE.

Propriétés. Hydrogène phosphoré; composés oxygénés du phosphore.

Phosphates; caractères; recherche de l'acide phosphorique.

Dosage pondéral et dosage volumétrique. Méthodes diverses en présence de différentes substances.

20e Leçon.

ARSENIC.

Propriétés. Hydrogène arsénié. Arsénites et arséniates Caractères. Dosage de l'arsenic par les méthodes pondérales et volumétriques. Emploi de l'appareil de Marsh; taches, anneau, estimation et dosage.

Minéraux de l'arsenic; analyse.

21e Leçon.

ANTIMOINE.

Propriétés. Hydrogène antimonié; composés oxygénés de l'antimoine.

Caractères des sels. Recherche de l'antimoine.

Dosage pondéral, dosage volumétrique. Séparation de l'antimoine et de l'arsenic par divers méthodes.

Minéraux de l'antimoine; analyse de l'oxyde et du sulfure naturels. Produits de la métallurgie. Analyse. Essai par la voie sèche.

22e Leçon.

VANADIUM.

Propriétés. Composés oxygénés. Caractères des sels hypovanadiques et des vanadates. Sulfosels.

Dosage de l'acide vanadique : sa séparation des acides phosphorique et arsénique. Dosage volumétrique. Dosage colorimétrique.

Minéraux du vanadium. Son existence et son dosage dans certaines scories métallurgiques.

GERMANIUM.

Sa découverte. Propriétés de quelques composés.

Recherche du germanium.

23e, 24e et 25e Leçons.

CARBONE.

Acide carbonique. Carbonates; propriétés. Recherche et dosage de l'acide carbonique en poids et en volume dans les carbonates, dans les eaux, dans l'air.

Oxyde de carbone. Dosage. — Acide oxalique, ses ca-

ractères, son dosage. — Sulfure de carbone; son dosage dans les sulfocarbonates. — Cyanogène, cyanures; dosage.

Dosage de l'hydrogène et du carbone dans les combustibles et les matières organiques en général; appareils, opération.

Dosage de l'azote dans les matières organiques : procédés divers pour le doser en volume ou à l'état d'ammoniaque.

Dosage du soufre, du phosphore, du chlore dans les matières organiques.

Analyse immédiate des diverses variétés de carbone.

Examen des combustibles minéraux et végétaux. Essais préliminaires. Dessiccation, distillation, carbonisation, incinération. Détermination du pouvoir calorifique.

Application aux anthracites, houilles, lignites, cokes, tourbes, bois, charbons de bois. Schistes bitumineux, ozokérite, pétrole.

26e Leçon.

BORE.

Acide borique, borates. Caractères : recherche du bore.

Fluorure de bore; fluoborates.

Dosage de l'acide borique dans les borates anhydres ou hydratés, seuls ou en présence des sulfates, des phosphates, des chlorures et des fluorures.

27e et 28e Leçons.

SILICIUM.

Acide silicique : quartz, silice anhydre, silice hydratée. Silicates : fusibilité, solubilité. Actions des acides et des alcalis. Fluorure de silicium; fluosilicates.

Dosage de la silice : silicates facilement ou difficilement attaquables par les acides; mélanges des deux espèces.

Emploi des acides azotique, chlorhydrique, sulfurique,

des bisulfates, des carbonates alcalins ou alcalino-terreux, de la litharge, des alcalis, de l'acide fluorhydrique ou du fluorure d'ammonium.

Calcination avec le carbonate de chaux et le sel ammoniac pour la détermination des alcalis.

Analyse des silicates renfermant de l'eau, des chlorures, des sulfates ou des sulfures, des phosphates, des borates, des fluorures.

MÉTAUX.

29e Leçon.

SODIUM.

Caractères des sels de sodium; recherche qualitative.

Dosage de la soude. Sa séparation de l'ammoniaque.

Minéraux du sodium. Analyse du sel gemme, du nitrate de soude, du sulfate de soude, de la glaubérite.

Produits industriels. Examen des carbonates de soude.

30e et 31e Leçons.

POTASSIUM.

Caractères des sels de potassium. Recherche qualitative et dosage de la potasse. Séparation de la potasse, de la soude et de l'ammoniaque. Méthodes pondérales; méthode volumétrique.

Minéraux du potassium. Analyse de la carnallite. Examen du chlorure de potassium et des principaux produits industriels.

LITHIUM.

Caractères des sels de lithium. Recherche qualitative. Dosage de la lithine; sa séparation des autres alcalis.

Minéraux du lithium : lépidolite, amblygonite.

RUBIDIUM ET CÉSIUM.

Caractères utilisés pour la séparation et l'extraction de leurs oxydes.

32e Leçon.

BARYUM.

Caractères des sels de baryum. Recherche qualitative et dosage de la baryte.

Minéraux : analyse de la barytine et de la withérite.

Réactifs : sulfure, carbonate, chlorure, azotate, barite caustique, bioxyde de baryum.

STRONTIUM.

Caractères des sels de strontium. Recherche, dosage, séparation de la baryte et de la strontiane.

Minéraux : analyse de la strontianite.

33e et 34e Leçons.

CALCIUM.

Caractères des sels du calcium. Recherche qualitative. Dosage pondéral et volumétrique de la chaux, sa séparation des acides et des bases précédemment étudiés.

Minéraux et produits d'art. Analyse des calcaires suivant leur destination. Examen des chaux grasses ou hydrauliques et des ciments.

Analyse du gypse, du spath fluor, de l'apatite et des phosphates de chaux en général.

MAGNÉSIUM.

Caractères des sels de magnésium. Recherche qualitative. Dosage pondéral et volumétrique de la magnésie. Séparations.

Minéraux. Analyse des sulfates, de la dolomie, des silicates magnésiens.

35e Leçon.

ALUMINIUM.

Caractères des sels d'aluminium et des aluminates. Recherche qualitative. Dosage pondéral et volumétrique de l'alumine. Sa séparation des acides, des alcalis, des terres alcalines.

Minéraux et produits d'art; analyse du corindon, des sulfates et phosphates d'alumine, des silicates alumineux (feldspaths, kaolins, argiles), des aluns, du bronze d'aluminium.

36e Leçon.

GLUCINIUM.

Caractères des sels de glucinium. Dosage de la glucine, sa séparation de l'alumine.

Minéraux. Analyse de l'émeraude.

ZIRCONIUM.

Caractères des sels de zirconium. Dosage de la zircone.

Minéraux. Analyse du zircon.

THORIUM.

Caractères des sels de thorium. Dosage de la thorine.

Minéraux. Analyse de la thorite.

CÉRIUM.

Sels de cérium. Recherche et dosage.

LANTHANE. — DIDYME. — SAMARIUM. — SCANDIUM.

YTTRIUM.

Sels d'yttrium. Recherche et dosage.

ERBIUM. — YTTERBIUM. — TERBIUM. — HOLMIUM.

37e Leçon.

NIOBIUM ET TANTALE.

Caractères de leurs combinaisons; niobates et tantalates. Recherche et dosage du niobium et du tantale.

TITANE.

Caractères de l'acide titanique et des titanates. Recherche qualitative. Dosage de l'acide titanique. Séparations.

Minéraux du titane. Analyse du sphène, du rutile, des fers titanés. Recherche du titane dans les roches basaltiques.

38e Leçon.

EXAMEN DES TERRES VÉGÉTALES.

Éléments minéraux et éléments organiques du sol. Choix des échantillons. Classement par grosseur. Examen de la terre fine. Analyse chimique.

Dosage des éléments de fertilité : acide phosphorique, potasse, chaux, magnésie, azote nitrique, ammoniacal et organique, acide sulfurique, oxyde de fer.

Représentation des résultats :

Examen des amendements et engrais. — Renvoi aux chapitres précédents.

39e Leçon.

ANALYSE DES EAUX.

Eaux servant aux usages domestiques. Recherche des gaz dissous, sels dissous, matières en suspension, matières organiques; examen bactériologique.

Eaux employées dans les chaudières à vapeur.

Analyse rapide. Analyse complète. Essai par l'hydrotimètre.

Indications pour l'analyse des eaux minérales à la source et au laboratoire.

40e Leçon.

ANALYSE DES GAZ.

Air atmosphérique. Détermination des éléments principaux : dosage de l'eau, de l'ammoniaque, de l'acide carbonique, de l'ozone.

Air des mines. Recherche de l'acide carbonique, de l'hydrogène sulfuré, des hydrogènes carbonés.

Appareils spéciaux pour l'évaluation rapide du grisou.

Gaz des fourneaux métallurgiques et industriels. Prise d'essai; analyse. Appareils pour le dosage rapide des principaux éléments gazeux.

Deuxième année.

1re Leçon.

Résumé des notions développées dans le cours de première année sur les procédés d'analyse qualitative et d'analyse quantitative, sur les opérations de voie sèche et de voie humide, sur les déterminations pondérales et volumétriques.

MÉTAUX.

2e Leçon.

MOLYBDÈNE.

Composés principaux : oxyde de molybdène et acide molybdique. Caractères des sels de molybdène et des molybdates. Emploi du molybdate d'ammoniaque pour la recherche de l'acide phosphorique.

Recherche du molybdène. Dosage pondéral et volumétrique. Séparations. Analyse des phosphomolybdates.

Minéraux du molybdène. Analyse du sulfure de molybdène naturel.

3e Leçon.

TUNGSTÈNE.

Composés principaux ; oxydes de tungstène et acide tungstique, tungstates ; leurs caractères. Recherche qualitative du tungstène. Dosage et séparation de l'acide tungstique.

Minéraux du tungstène. Analyse de la scheelite et du wolfram.

4e Leçon.

URANIUM.

Oxydes ; sels uraneux et sels uraniques, uranates ; leurs caractères. Recherche et dosage de l'uranium. Séparation des corps précédemment étudiés. Emploi des solutions uraniques pour le dosage des acides phosphorique, arsénique et vanadique.

Minéraux de l'uranium. Analyse de la pechurane et de l'uranite.

5e Leçon.

CHROME.

Oxydes ; sels de chrome, chromates ; leurs caractères. Recherche qualitative du chrome. Son dosage pondéral et volumétrique. Sa séparation des acides et des alcalis, des terres alcalines et des terres précédemment étudiées.

Minéraux et produits d'art. Analyse du plomb chromaté. Analyse du fer chromé. Essai spécial pour chrome.

6e et 7e Leçons.

MANGANÈSE.

Oxydes ; sels de manganèse, manganates et permanganates ; leurs caractères. Recherche qualitative. Dosage pondéral et électrolytique ; dosage volumétrique et colorimétrique. Séparations.

Minéraux et minerais du manganèse. Essai commercial par différentes méthodes pour déterminer le titre en oxygène. Analyse sommaire et analyse complète pour l'emploi dans les hauts fourneaux et les verreries.

8e, 9e et 10e Leçons.

FER.

Oxydes. Sels ferreux, sels ferriques. Caractères par la voie sèche et la voie humide. Recherche qualitative.

Dosage du fer par les méthodes pondérales, par les méthodes volumétriques appliquées aux sels ferreux et aux sels ferriques. Dosage colorimétrique. Dosage par électrolyse.

Séparation du fer et des acides, des alcalis et des terres alcalines. Séparation du fer et de l'alumine, des terres alcalines et de l'acide phosphorique. Séparation des terres rares. Séparation du fer et du chrome, de l'uranium, du manganèse.

Détermination de l'oxyde ferreux et de l'oxyde ferrique.

11e, 12e et 13e Leçons.

Minéraux et minerais du fer. — Analyse des minerais de fer oxydulé magnétique, de peroxyde de fer anhydre, de peroxyde de fer hydraté, de fer carbonaté spathique et de fer carbonaté lithoïde.

Essai ou analyse des pyrites de fer, pyrites arsenicales, phosphates et phosphosulfates, silicates plus ou moins complexes.

Essais de fer par la voie sèche. Expériences préliminaires ; calcul des fondants ; pratique de l'essai ; discussion des résultats.

14e, 15e, 16e et 17e Leçons.

Produits métallurgiques du fer. — Laitiers de hauts fourneaux. Scories de diverses opérations. Cadmies.

Analyse des principaux produits.

Fontes, fers et aciers. Alliages nouveaux employés par la métallurgie.

Prise d'essai.

Détermination du carbone : Méthodes de voie sèche et de voie humide pour le dosage du carbone total ; dosage du graphite ; méthode colorimétrique pour la détermination du carbone combiné.

Dosage du silicium par voie humide et par voie sèche. Détermination des scories dans le fer.

Dosage du manganèse ; méthodes pondérales et colorimétriques.

Dosage du soufre par différentes méthodes.

Dosage du phosphore par les méthodes pondérale et volumétrique.

Emploi du chlore sec pour détermination du soufre et du phosphore.

Recherche et dosage de l'aluminium, du calcium, du magnésium, du titane, du vanadium, du tungstène, du chrome, du cuivre, du cobalt et du nickel.

Vérification générale par le dosage du fer.

18e, 19e et 20e Leçons.

NICKEL.

Oxydes, sels de nickel, leurs caractères. Recherche et dosage du nickel. Séparations. Électrolyse. Minéraux et minerais du nickel. Produits d'art.

Analyse de la pyrite magnétique nickélifère, du nickel arsenical, de la garniérite ou nouméite, du speiss, du nickel métallique.

Essai des minerais par la voie sèche.

COBALT.

Oxydes, sels de cobalt, leurs caractères. Recherche et dosage du cobalt. Sa séparation des autres métaux. Séparation du cobalt et du nickel ; méthodes volumétriques et pondérales.

Dosage électrolytique.

Minéraux et minerais du cobalt. Produits d'art.

Analyse du cobalt gris, de l'oxyde noir manganésifère, des silicates et aluminates de cobalt.

21e, 22e et 23e Leçons.

ZINC.

Oxyde et sels de zinc. Caractères. Recherche et dosage du zinc. Séparations. Dosage volumétrique et électrolytique.

Minéraux et minerais du zinc.

Analyse de la blende seule ou accompagnée d'autres sulfures ; analyse d'une calamine plus ou moins complexe ; analyse des minerais de zinc grillés ou calcinés, du zinc métallique. Essais pour zinc par les liqueurs titrées.

CADMIUM.

Oxyde et sels de cadmium. Sa séparation du zinc. Électrolyse.

Minéraux et produits d'art. Recherche du cadmium dans les minerais de zinc.

INDIUM.

Oxyde et sels d'indium. Caractères. Recherche dans le zinc ou la blende. Extraction de l'indium.

GALLIUM.

Découverte du gallium. Caractères de la galline. Recherche dans la blende. Séparation. Extraction du gallium.

24e, 25e, 26e et 27e Leçons.

CUIVRE.

Principaux composés du cuivre. Caractères des sels cuivreux et des sels cuivriques. Recherche qualitative.

Dosage du cuivre par les méthodes pondérales; séparation des autres métaux. Méthodes volumétriques et colorimétriques. Dosage et séparation par électrolyse.

Minéraux et minerais du cuivre.

Examen du cuivre natif, du cuivre oxydulé et oxydé, des carbonates et silicates de cuivre, de l'oxychlorure, du cuivre sulfuré, du cuivre panaché, du cuivre pyriteux seul ou mêlé d'autres sulfures métalliques, du cuivre gris et de la bournonite.

Essai des minerais de cuivre par la voie sèche.

Examen des minerais et mattes après grillage, des scories, du cuivre noir, du cuivre rouge, du métal marchand et des alliages de cuivre : laiton, maillechort, etc.

28e et 29e Leçons.

ÉTAIN.

Composés principaux. Caractères des sels stanneux et des sels stanniques; recherche qualitative de l'étain. Dosage et séparations. Dosage électrolytique et volumétrique.

Minéraux et produits d'art.

Analyse de la cassitérite pure; analyse d'un minerai d'étain oxydé, pauvre ou enrichi.

Essai d'un minerai par la voie humide. Essai par la voie sèche.

Analyse de l'étain métallique. Analyse des alliages complexes employés comme métal-antifriction, métal blanc, etc. Examen du fer-blanc, de la potée d'étain, du sel d'étain.

30e et 31e Leçons.

MERCURE.

Principaux composés du mercure. Sels mercureux et sels mercuriques; caractères. Recherche qualitative et dosage du mercure par voie sèche et par voie humide. Séparations.

Minerais et produits d'art :

Analyse du cinabre, examen du vermillon et du mercure métallique.

Essai des minerais par distillation, par amalgamation de l'or, par électrolyse.

32e, 33e, 34e et 35e Leçons.

PLOMB.

Principaux composés. Sels de plomb; caractères. Recherche du plomb. Dosage et séparation. Dosage par liqueurs titrées et par électrolyse.

Minerais et produits d'art :

Analyse d'un minerai sulfuré, plus ou moins complexe, d'un minerai carbonaté et sulfaté, d'une pyromorphite.

Examen des produits métallurgiques et des couleurs. Analyse du plomb métallique.

Essai des minerais de plomb par la voie sèche.

Minerais oxydés et scories; minerais sulfurés, riches et pauvres, purs et impurs.

BISMUTH.

Principaux composés. Sels de bismuth. Caractères. Recherche qualitative. Dosage par les méthodes pondérales. Séparation des autres éléments.

Dosage par liqueurs titrées et par électrolyse.

Minéraux et produits d'art. Analyse d'un minerai sulfuré. Analyse du bismuth marchand. Examen du sous-nitrate.

THALLIUM.

Principaux composés. Sels de thallium. Recherche et dosage du thallium.

36e et 37e Leçons.

ARGENT.

Principaux composés. Caractères des sels d'argent.

Dosage pondéral de l'argent et séparations. Dosage électrolytique. Méthodes volumétriques pour le dosage de l'argent. Application aux alliages usuels.

Minéraux et produits d'art. Essai par la voie sèche des minerais argentifères.

Scorification ou production d'un culot de plomb. Coupellation du plomb. Accidents à craindre.

Variantes dans la façon d'opérer suivant que le minerai est riche ou pauvre, pur ou impur. Procédé mixte pour les minerais blendeux, cuivreux, antimoniaux.

38e et 39e Leçons.

OR.

Principaux composés. Sels d'or et aurates. Caractères. Recherche par voie sèche et par voie humide. Dosage. Séparations.

Alliages d'or et d'argent à divers titres; inquartation. — Alliages d'or et de cuivre; emploi de la pierre de touche. Coupellation. Emploi des acides.

Minéraux et minerais d'or.

Analyse de l'or natif et du tellurure d'or.

Essai par la voie sèche des minerais aurifères. Production de plomb aurifère. Coupellation. Départ.

Essais par amalgamation; procédé mixte, procédé par voie humide, procédé colorimétrique.

Alluvions aurifères.

40e Leçon.

PLATINE.

Principaux composés et alliages. Propriétés du métal. Caractères des sels de platine. Dosage du platine.

Séparation des autres métaux. Analyse des alliages de platine, d'argent et d'or.

Mine de platine.

PALLADIUM.

Métal et principaux composés. Caractères des sels de palladium. Dosage et séparations.

IRIDIUM.

Métal et principaux composés. Caractères des sels. Recherche qualitative et dosage.

RHODIUM.

Métal et principaux composés. Sels de rhodium. Caractères et dosage.

RUTHÉNIUM.

Métal et principaux composés. Caractères et dosage.

OSMIUM.

Métal et principaux composés. Caractères analytiques et dosage de l'osmium.

Examen de la mine de platine.

COURS DE CHIMIE INDUSTRIELLE.

M. H. LE CHATELIER, ingénieur des mines, Professeur.

GAZ D'ECLAIRAGE.

(5 leçons.)

1re Leçon.

GÉNÉRALITÉS SUR LES GAZ COMBUSTIBLES.

Usages des combustibles gazeux, avantages qu'ils présentent sur les combustibles solides.

Nature des gaz combustibles; combustions complète et incomplète. Chaleurs de formation des gaz composés.

Chaleurs de combustion. Chaleurs spécifiques. Températures de combustion; influence de l'échauffement préalable sur la température de combustion.

Pression due à la combustion des mélanges gazeux en vase clos.

Loi du refroidissement des gaz brûlés enfermés dans une enceinte froide.

Dissociation.

2e Leçon.

GÉNÉRALITÉS SUR LA COMBUSTION DES GAZ.

Combustion lente. — Vitesse de combustion; influence de la température, de la pression, du contact de corps solides poreux ou compacts, de la présence de gaz étrangers. — Extinction par agitation.

Combustion vive. — Température d'inflammation. — Retard à l'inflammation.

Vitesse de propagation de la combustion. — Propagation normale; influence de la température, de l'agitation des gaz, des mouvements vibratoires. — Onde explosive.

Pouvoir éclairant. — Éclairage par incandescence : Platine, Magnésie, Zircone.

Précipitation du carbone dans les flammes éclairantes. Influence de la température des gaz; de la nature des carbures, des gaz oxygénés, eau : acide carbonique et air mêlés au gaz combustible. Influence de la vitesse de sortie des gaz. Stabilité des flammes. Combustion complète et incomplète.

Divers types de becs. — Bec-bougie, bec à fente, bec Manchester. Bec Argand. Becs à récupération de chaleur. Becs à incandescence.

Brûleur à gaz mêlés. — Bec Bunsen, chalumeau Schlœsing.

3e Leçon.

DISTILLATION DE LA HOUILLE.

Photométrie. — Méthode de comparaison : Photomètre Regnault, et photomètre Bunsen. — Étalons de lumière : Platine fondant, Carcel, Bougie. Lampe à l'acétate d'amyle. Étalons approchés de Metzger et Giroud. Brûleurs types. Consommation fixe et consommation variable.

Matières premières. — Houille, Cannel Coal et Boghead. — Goudrons, résines, pétrole.

Produits de la distillation. — Gaz : Analyse. Rôle de la benzine, des carbures absorbables par le brome. — Densité. — Température d'inflammation et de combustion. — Limite d'inflammabilité. — Pression en vase clos. — Vitesse de propagation.

Goudrons : Huiles légères, Huiles lourdes et Brai. Benzine, Naphtaline, Anthracène, Phénol.

Coke : Dureté, teneur en cendres.

Distillation de la houille. — Rendement. Influence de la température, de la composition des houilles sur les produits obtenus.

Dépense de matières premières.

4e Leçon.

FABRICATION DU GAZ.

Manutention. — Chemins de fer, canaux, relevage mécanique. — Transports intérieurs.

Appareils de distillation. — Cornues : Têtes de cornues. Obturation. Disposition des cornues dans le four.

Chargement : Travail à la main. Appareils mécaniques. Cornues inclinées.

Chauffage. Emploi de la houille, du coke, du goudron, des gaz de gazogène. Chauffage de l'air, récupération à circulation directe ou à renversement. Économie possible.

Différents types de fours. Fours au coke à sept cornues. Fours Siemens de la Compagnie parisienne. Fours à récupération directe.

Disposition des halles des fours : Arrivée du charbon, extinction et enlevage des cokes.

Dépense de distillation : Frais d'établissement des fours. Entretien des cornues. Chauffage. Main-d'œuvre.

5e Leçon.

CONDENSATION, ÉPURATION, ÉMISSION ET DISTRIBUTION.

Condensation. — Théorie de la condensation. Condensation, mécanique, physique et chimique.

Appareils de condensation : Colonne montante, Barillet, Collecteurs, jeux d'orgue. Condensateur à choc.

Épuration. — Impuretés du gaz : leur nature, leurs inconvénients. Procédés chimiques d'épuration.

Ammoniaque : Caisse à sciure. Lavoir rotatif.

Hydrogène sulfuré : Caisse à oxyde de fer. — Revivification.

Aspirateurs. — Nécessité de l'aspiration. Pompes rotatives, pompes à cylindres.

Gazomètres. — Cuves en maçonnerie, cuves métalliques, gazomètres télescopiques.

Émission du gaz. — Compteurs de sortie; Régulateurs d'émission; Mouchards enregistreurs. Contrôle du gaz comme pureté et pouvoir éclairant.

Canalisation. — Tuyaux en fonte, en fer, en plomb. Obstruction de la canalisation. Pression, influence des dénivellations. Fuites.

Compteurs.

6e Leçon.

GAZ COMPRIMÉ, GAZ A L'HUILE, GAZ A L'EAU, ETC.

Perte de pouvoir éclairant du gaz par la compression.

Gaz de schiste, gaz d'huile végétale, gaz de résine, gaz de pétrole, gaz de goudron.

Gaz à l'eau. — Producteurs à marche alternative. — Élimination de l'oxyde de carbone. — Enrichissement du gaz à l'eau par le gaz de pétrole.

Carburation de l'air. — Influence des variations de température. — Résidus non volatils. — Gaz instantané.

MORTIERS.

(6 leçons.)

7e Leçon.

MORTIERS AÉRIENS.

Nature des mortiers. — Classification.

Mortiers aériens. — Plasticité et durcissement : Influence de la proportion d'eau; de la finesse des grains, de leur forme, du malaxage.

Retrait.— Nécessité du retrait; conséquence du retrait; emploi du sable, de la paille hachée dans les mortiers.

Mortiers argileux. — Nature, mode d'emploi, avantages et inconvénients.

Mortier de chaux grasse. — Propriétés de la chaux : Décomposition du carbonate de chaux par la chaleur;

extinction de la chaux vive. Carbonatation de l'hydrate de chaux.

Fabrication de la chaux vive. — Choix des calcaires; Fours et combustibles. Prix de revient.

Extinction de la chaux. — Par immersion, en tas, à l'air.

Mode d'emploi de la chaux. — Rendement en volume des mortiers sableux. Prix de revient.

8e Leçon.

PLATRE.

Propriétés du sulfate de chaux. — Divers hydrates de sulfate de chaux; température de déshydratation; courbes de solubilité. Sursaturation; rapprochement avec le sulfate de soude. Influence de la compacité, du degré de cuisson du sulfate de chaux sur la rapidité de la dissolution. Cristallisation du plâtre au contact de l'eau. Phénomènes analogues présentés par d'autres sels : sulfate de soude anhydre, sulfate double de chaux et de potasse, aluminate de chaux, silicate de baryte. Mécanisme général du durcissement des mortiers hydrauliques. Rapidité de prise.

Fabrication du plâtre. — Nature de la pierre à plâtre. Cuisson du plâtre en tas, au four à boulanger, au four coulant. Température de cuisson. Inégalité de cuisson. Broyage du plâtre, prix de revient. Essai de cuisson à la vapeur après broyage.

Emploi du plâtre. — Eau de gâchage. Rapidité de prise. Dessiccation. Gonflement. Altération aux agents atmosphériques. Manque d'adhérence. Impossibilité d'ajouter du sable. Plâtre aluné. Stuc.

9e Leçon.

MORTIERS HYDRAULIQUES.

Etude des sels de chaux. — Silicates de chaux. — Silicates anhydres, vitreux et cristallisés. Wollastonite. Péridot calcaire. Pulvérisation spontanée. Silicate tricalcique; sa décomposition par l'eau. Silicate hydraté. Action directe de l'hydrate de chaux sur la silice. Décomposition par l'eau du silicate de chaux. Analogies avec le silicate de baryte.

Aluminates de chaux — Aluminates anhydres cristallisés. Action de l'eau, sursaturation. Aluminate de chaux hydraté. Décomposition par l'eau.

Ferrites de chaux anhydres et hydratés.

Silico aluminate et silico ferrites de chaux.

Mortiers hydrauliques. — Classification : chaux hydraulique. Ciment à prise lente et à prise rapide. Ciment naturel et artificiel. — Pouzzolanes.

Historique : Travaux de Vicat.

10e Leçon.

CHAUX HYDRAULIQUES.

Chaux hydraulique. — Calcaires à chaux hydraulique : Calcaire siliceux ou argileux. Influence des proportions et de l'état de la silice.

Cuisson de la chaux hydraulique.

Extinction de la chaux hydraulique. Nécessité d'une extinction prolongée, d'une température élevée pendant l'extinction, de quantités d'eau rigoureusement dosées.

Broyage et blutage.

Prix de revient.

Ciment de grappier. — Grappiers ou résidus de l'extinction. Incuits, chaux insuffisamment éteinte. Chaux noyée. Grappier de ciment.

Fabrication du ciment de grappier. Extinction à l'air des grappiers. Blutage. Broyage. Sablette.

Propriétés des chaux. — Durée de prise. Allure du durcissement. Conditions d'emploi.

11e Leçon.

CIMENTS.

Ciment Portland ou à prise lente artificielle. — Nature des pâtes : Défaut d'homogénéité des calcaires. Nécessité des mélanges. Nature des matières mélangées : Craie et argile, calcaires marneux, chaux et ciment rapide.

Confection des pâtes. — Mélange à l'état liquide, à l'état pâteux, ou à l'état solide. Bassins de décantation. Dessiccation par les chaleurs perdues.

Cuisson des ciments. — Four anglais ; four circulaire ; four coulant. Produits de la cuisson : Roches scorifiées ; poussières lourdes ; incuits. Relation entre la composition des pâtes et le degré de cuisson nécessaire.

Broyage et blutage. — Concasseurs. Cylindres. Meules. Broyeurs à boulets. Extinction à l'air et silotage.

Prix de revient.

Ciments naturels lents et rapides. — Nature des calcaires ; cuisson. Qualités et défauts. Prix de revient.

Propriétés des ciments. — Durée de prise ; allure du durcissement ; gonflement ; altération aux agents atmosphériques et à la mer.

12e Leçon.

Pouzzolanes. — Nature siliceuse des pouzzolanes : Argile cuite, matières vitreuses ; Mâchefer ; laitiers de hauts fourneaux.

Ciment de laitier. — Composition des laitiers. Influence de la trempe. Addition d'agrégat. Inconvénients du sulfure de calcium. Prix de revient.

Essais des chaux et ciments. — Qualités nécessaires : Durée de prise, durcissement définitif ; absence de gonflement ; adhérence aux matériaux de construction ; résistance aux agents atmosphériques, à l'eau de mer ; absence de porosité.

Nature des essais. — Relation douteuse entre les résultats des essais et les qualités des ciments.

Durée de prise. — Influence de la température, de la nature et de la quantité d'eau de gâchage. Aiguille Vicat.

Densité réelle et apparente. — Influence de la finesse, du tassement.

Durcissement. — Arrachement et écrasement. Section des briquettes.

Fendillement et gonflement. — Influence de la dessiccation, de la température.

VERRES.

(7 leçons.)

13e Leçon.

PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES CORPS VITREUX.

Propriétés caractéristiques des verres. — Homogénéité et transparence ; fusion pâteuse et viscosité.

Nature des verres. — Éléments vitrifiables acides : Acides silicique, borique et phosphorique. Éléments fondants basiques : Potasse, soude, chaux, baryte, oxyde de plomb.

Verres de silice. — Propriétés de la silice, des silicates définis, des verres siliceux simples ou multiples. — Sursaturation et dévitrification.

Verres d'acide borique. — Propriétés de l'acide borique, des borates définis, des verres d'acide borique. — Liquation et dévitrification.

Verres d'acide phosphorique.

Comparaison des qualités et défauts de ces différents verres.

14e Leçon.

VERRES PROPREMENT DITS.

Composition des verres. — Verres à base de chaux et de soude, de chaux et de potasse, d'oxyde de plomb et de potasse.

Qualités des verres. — Ténacité, élasticité, inaltérabilité, viscocité prolongée, absence de dévitrification, pouvoir réfringent, coloration.

Généralités sur le travail des verres. — Fusion, affinage, soufflage, moulage, coulage, taille et polissage. Décoration.

Matières premières. — Sables, calcaires, marnes, sels de soude et de potasse, minium.

Défauts des verres. — Bulles et Bouillons, points et mousses, ondes, larmes et fils, stries, gale.

15e Leçon.

FOURS ET CREUSETS.

Creusets. — Travail de la terre, façonnage, séchage, cuisson, prix de revient. Flotteurs. Pots fermés, pots cloisonnés.

Fours. — Fours à creuset et fours à fusion continue. Chauffage au bois, à la houille et au gaz. Fours à pots ouverts et à pots fermés. Chauffage de l'air, récupération. Description des principaux types de fours. Prix de premier établissement.

Outils. — Cannes, tiges en fer, crochets, ciseaux, moules.

16e Leçon.

VERRES SOUFFLÉS.

Vitres. — Composition. Outils. Travail des vitres en manchon. Soufflage, étendage. Taille.

Globes de pendules. Vitres cannelées.

Travail des vitres en plateau.

Prix de revient. — Matières premières, main-d'œuvre, combustible. Fours et creusets. Frais généraux.

Vitres colorées. — Cémentation, doublage, coloration de la masse.

Gobeleterie. — Composition; verres de Bohême. — Soufflage et moulage.

Bouteilles. — Composition. Matières premières. Fritte. Fusion. Travail. Prix de revient.

Soufflage mécanique. — Procédé Appert.

17e Leçon.

VERRES MOULÉS.

Glaces. — Composition. Coulage sur table. Recuit. Polissage. Etamage.

Glaces brutes. Verres perforés.

Verres moulés. Objectifs, etc.

Taille du verre. — Gravure à la meule. Gravure à l'acide fluorhydrique opaque et transparente.

Verre trempé. — Résultats obtenus. Qualités et défauts. Comparaison avec les verres recuits.

18e Leçon.

CRISTAL ET ÉMAUX.

Cristal. — Composition. Fusion en pots fermés et en pots ouverts. Travail du cristal. Prix de revient.

Flint pour objectif.

Coloration du cristal.

Émaux. — Composition. Coloration. Émaux transparents et opaques.

Application des émaux sur verre et sur métal.

Émaux incrustés, cloisonnés, de basse taille, des peintres.

Peinture sur verre. — Fondants. Oxydes colorants.

CÉRAMIQUE.

(6 leçons.)

19e Leçon.

MATIÈRES PREMIÈRES.

Généralités. — Plasticité des pâtes argileuses et leur durcissement par la chaleur. Addition de matières dégraissantes pour combattre le retrait, de matières fondantes pour augmenter la dureté. Emploi de couvertes vitrifiables pour supprimer la porosité, de couvertes opaques pour masquer la coloration des terres ferrugineuses, de couleurs et d'émaux comme moyen de décoration.

Étude des argiles. — Argiles cristallines, argiles colloïdales. Action de la chaleur. Classification chimique.

Kaolins. — Gisements; formation, extraction. Kaolin argileux, sableux et caillouteux. Composition.

Argiles réfractaires. Gisements. Formation. Extraction. Composition chimique. Analyse et essais.

Halloysites, Cimolites, Ocres, Marnes.

20e Leçon.

MATIÈRES PREMIÈRES (Suite).

Silice. — Quartz. Sable quartzeux. Silex. Gisements. Degré de pureté.

Feldspath. — Fusibilité. Inaltérabilité. Verre feldspathique. Feldspath potassique et sodique. Roches feldspathiques. Gisements.

Sels calcaires. — Carbonate de chaux. Craie. Marbre. Calcaire marneux. Sulfate de chaux. Chaux éteinte. Fusibilité des mélanges d'argile et de chaux.

Oxyde de fer. — Sa dissémination dans les roches terrestres. Action de la chaleur et des réducteurs sur

l'oxyde de fer pur ou mêlé à des matières siliceuses et argileuses. Coloration diverses.

Acide borique. — Fusibilité et dureté des verres boraciques.

21e Leçon.

GÉNÉRALITÉS SUR LES PRODUITS CÉRAMIQUES.

Classification des produits céramiques. — Terre cuite, terre vernissée. Grès. Faïence stannifère; faïence fine. Porcelaine.

Composition des pâtes, couvertes, émaux et couleurs. — Pâtes siliceuses, feldspathiques, phosphatiques.

Couvertes alcalines, plombeuses, boraciques, stannifères et feldspathiques.

Émaux et fondants pour couleurs.

Couleurs.

Fabrication. — Préparation des pâtes. — Broyage, mélange, égouttage, malaxage, pourrissage.

Façonnage des pâtes. — Tournage et tournassage, moulage, coulage, séchage.

Cuisson. — Cuisson au dégourdi. — Pose de la couverte par immersion, pulvérisation et au putois. — Seconde cuisson. — Décoration. Cuisson au moufle.

22e Leçon.

TERRE CUITE ET GRÈS CÉRAMES.

Briques. — Choix de la terre. Travail de la terre. Mélange d'argile et de sable.

Façonnage à la main et à la mécanique. Compression. Séchage. Cuisson en tas et au four continu.

Qualité des briques. — Dureté. Retrait. Coloration.

Prix de revient.

Fabrications diverses. — Tuiles, tuyaux de drainage, terre cuite proprement dite. — Terre vernissée.

Grès cérames. — Composition des pâtes. Cuisson. Vernissage.

23e Leçon.

FAÏENCE.

Faïence stannifère. — Terre à faïence; composition des pâtes. Préparation des pâtes, première cuisson.

Émaillage. — Composition des couvertes stannifères. Préparation. Application. Couvertes colorées. Seconde cuisson. Encastage.

Décoration des faïences communes. Peinture sur émail cuit et sur émail cru. Engobes.

Faïence fine. — Composition; Cailloutage et pâte feldspathique. Préparation des pâtes. Façonnage.

Cuisson. — Fours. Encastage, cuisson au dégourdi.

Couverte. — Composition. Préparation. Application. Seconde cuisson.

Décoration. — Peinture sous couverte et sur couverte. Émaux transparents.

Prix de revient.

24e Leçon.

PORCELAINE.

Porcelaine dure. — Composition des pâtes. — Préparation des matières; broyage; délayage, égouttage, séchage à la presse. Mélange des pâtes, malaxage, conservation. Composition des pâtes de porcelaine dure et de porcelaine de Chine.

Façonnage des pâtes. — Coulage simple, coulage par pression. Tournage et tournassage. Moulage. Dessiccation. Retrait.

Couverte. — Composition pour porcelaine dure et porcelaine de Chine. Préparation; Application par immersion, pulvérisation, au putois.

Cuisson. — Fours à la houille, au bois, au gaz. Conduite du feu. Montres fusibles. Cuisson au dégourdi. Cuisson proprement dite. Accidents.

Prix de revient.

Porcelaine tendre. — Composition. Préparation des matières, travail et cuisson.

25e Leçon.

DÉCORATION DE LA PORCELAINE.

Pâtes colorées. — Variation du retrait et du coefficient de dilatation.

Couvertes colorées. — Couleurs de grand feu. Bleu de cobalt. Vert de chrome. Écaille. Rouge de cuivre. Turquoise. Céladon.

Émaux transparents. — Composition, préparation, application, cuisson.

Couleurs de moufle. — Fondants, matières colorantes, pourpre. Or mat. Or brillant. Lustres.

Cuisson au moufle. — Moufle. Chauffage. Montres colorées.

EXPLOSIFS.

(3 leçons.)

26e Leçon.

GÉNÉRALITÉS SUR LES EXPLOSIFS.

Composés endothermiques et exothermiques; Explosifs proprement dits; composés définis et mélanges explosifs.

Modes divers de décomposition d'un même explosif; incertitude sur la nature des réactions dans le cas des phénomènes d'équilibre; influence d'un refroidissement rapide. Quantités de chaleurs et volumes de gaz produits par les réactions chimiques.

Calcul de la température et de la pression. — Explosion en vase clos et à l'air libre. Influence de la détente sur la chute de température.

Divers modes de propagation de la réaction explosive. — Déflagration ou propagation par conductibilité. Dé-

tonation ou propagation par onde explosive. Conditions provoquant l'inflammation ou la détonation. Influence de la température, de la densité de l'explosif. Détonation à l'air libre et en vase clos. Propriétés du fulminate de mercure. Détonateurs intermédiaires.

27e Leçon.

PROPRIÉTÉS INDIVIDUELLES DES PRINCIPAUX EXPLOSIFS.

Classification des explosifs. — Explosifs à excès ou à défaut d'oxygène. Composés définis et mélanges.

Propriétés des explosifs. — Formules de constitution et de réaction. Chaleurs latentes de formation et de réaction. Volume spécifique de l'explosif et des produits de l'explosion. Pression et température d'explosion. Aptitude à la détonation à l'air libre et en vase clos.

Poudre noire.

Fulminate de mercure. Azotate de diazobenzol.

Coton poudre. Acide picrique. Binitrobenzine. Azotate de cuivre ammoniacal.

Nitroglycérine. — Dynamite siliceuse; Dynamite gélatine; Dynamite gomme; Dynamite à l'ammoniaque.

Azotate d'ammoniaque. — Mélanges avec la dynamite, le coton poudre, la binitrobenzine, la nitrobenzine, l'azotate de cuivre ammoniacal, la naphtaline, le goudron, la résine, etc.

Produits oxygénés de l'azote liquide mêlés à des matières carbonées.

28e Leçon.

MODE D'EMPLOI DES EXPLOSIFS.

Forage des trous de mine. — Obturation des fentes. Bourrage solide, bourrage à l'eau. Espace nuisible. Influence de la densité de chargement. Rendement des explosifs.

Amorçage. — Fulminate de mercure. Détonateurs intermédiaires. Cordeaux détonants.

Allumage. — Mèche. Électricité. Amorce de friction.

Inflammation du grisou par les explosifs. — Température réelle d'inflammation. Vitesse des réactions chimiques. Explosifs déflagrants et détonants. Influence de la détente. Rôle du bourrage. Température apparente d'inflammation. Danger de la pénétration de la mèche. Conditions générales d'emploi des explosifs en présence du grisou.

PHOTOGRAPHIE.

(4 leçons.)

29e Leçon.

GÉNÉRALITÉS SUR LA PRODUCTION DES IMAGES PHOTOGRAPHIQUES.

Impression lumineuse. Développement de l'image, virage, renforçage, fixage.

Action chimique de la lumière. — Nature des réactions produites par la lumière. Absence de reversibilité. Influence des diverses radiations. Action continuatrice. Temps mort précédant l'action lumineuse. Intensité des radiations. Influence de la température, de l'humidité, des actions de présence.

Développement. — Sels haloïdes d'argent. Daguéréotype, Collodion humide, émulsion au bromure, gélatino-bromure.

Sels de fer. — Réduction par les matières organiques. Développement par les sels de platine; le ferro et le ferricyanure; l'acide gallique.

Bichromate. — Procédé au charbon, photoglyptie, émaux, impression aux encres grasses.

Bitume de Judée et divers.

Fixage. — Lavage à l'eau froide et à l'eau chaude, à l'eau acidulée.

Hyposulfite de soude et sulfocyanure de potassium.

Virage et renforcement.

30e Leçon.

PHOTOGRAPHIE AUX SELS D'ARGENT.

Généralités. — Positifs et négatifs. Clichés sur verre et clichés sur papier. Appareils et objectifs.

Collodion humide. — Composition du collodion, sensibilisation. Développement, fixage, renforcement. Usages du procédé au collodion. Émulsion au bromure d'argent.

Gélatino-bromure. — Préparation des négatifs. Choix des gélatines, adhérence au verre, préparation de l'émulsion, conservation, sensibilité. Supports rigides et souples.

Développement. — Oxalate de fer, acide pyrogallique, hydroquinon. Fixage. Alunage. Renforcement.

Causes d'insuccès. — Défauts de l'appareil; mauvaise qualité de l'émulsion. Altération par l'humidité, le jour. Temps de pose ou développemeut défectueux.

Gélatino-chlorure. — Emploi pour positifs, pour agrandissements. Fixage, virage.

Papier sensible albuminé. — Préparation, conservation, impression lumineuse. Développement, fixage, virage.

31e Leçon.

REPRODUCTIONS INDUSTRIELLES.

Papiers aux sels de fer. — Platinotypie. Papier au ferrocyanure. Papier au ferricyanure. Papier au gallate de fer.

Papier bichromaté. — A l'albumine.

Impression aux encres grasses. — Autographie sur zinc; Autocopie sur gélatine.

Héliogravure sur zinc : Albumine bichromatée et bitume de Judée.

Photozincographie : Lithographie sur albumine bichromatée.

Photoautographie : Emploi pour report d'albumine bichromatée.

Phototypographie : Gélatine bichromatée.

32e Leçon.

APPAREILS PHOTOGRAPHIQUES.

Objectifs. — Netteté; rapidité, absence de déformation, Achromatisme.

Lentille simple. — Construction, diaphragme.

Doublet symétrique. — Supériorité des objectifs doubles; angle utile. Rapidité.

Objectifs à portraits. — Doublets non symétriques. Triplets.

Appareils photographiques. — Étanchéité; rigidité; châssis; mouvement de l'objectif; mise au point.

Obturateur. — Guillotine à chute libre. Obturateurs symétriques. Vitesse variable.

Pied. — Hauteur; stabilité; poids.

Pose. — Choix du point de vue; transparence de l'air; durée de pose.

Laboratoire. — Mode d'éclairement, verres rouges : lumière du jour; lumière naturelle. Cuvettes. Pince. Préparation des bains; photographie en voyage.

COURS DE MINÉRALOGIE (*).

M. MALLARD, inspecteur général des mines, Professeur.

PREMIÈRE PARTIE

CRISTALLOGRAPHIE GÉOMÉTRIQUE ET PHYSIQUE

I. Cristallographie géométrique.

1re Leçon.

STRUCTURE INTÉRIEURE DES CORPS CRISTALLISÉS.

Définition d'un cristal. — Homogénéité cristalline. — Exposé sommaire de la théorie d'Haüy. — Théorie de Bravais. — Systèmes réticulaires. — Polyèdre moléculaire. — Édifice moléculaire.

2e Leçon.

Propriétés géométriques des systèmes réticulaires. — Mailles parallélipipédiques. — Rangées. — Coordonnées numériques. — Plans réticulaires. — Zones et axes de zone. — Changement d'axes coordonnés.

3e et 4e Leçons.

SYMÉTRIE DES POLYÈDRES ET DES SYSTÈMES RÉTICULAIRES.

Définition des axes de symétrie et de leur ordre. — Théorèmes sur la symétrie des polyèdres. — Théorèmes sur la symétrie des systèmes réticulaires.

(*) L'enseignement oral est complété par des conférences, au nombre de vingt-cinq environ, dans lesquelles les élèves sont formés à la reconnaissance des minéraux, à la pratique du chalumeau et au maniement des divers instruments tels que goniomètre, microscope, etc. Ces instruments restent d'une manière constante à leur disposition.

Les élèves ont en outre entre leurs mains une collection complète de minéraux.

Classification des systèmes réticulaires suivant leur genre de symétrie. — Sept systèmes différents.

Symétrie des édifices moléculaires. — Holoédrie et mériédrie. — Formes simples.

5e Leçon.

SYSTÈMES CRISTALLINS.

Système cubique ou terquaternaire.

Système d'axes coordonnés.

Formes simples holoédriques. — Formes composées holoédriques.

Système de notation d'Haüy-Lévy.

Formes mériédriques :

1° Hémiédrie holoaxe.

2° Parahémiédrie. Exemple : pyrite.

3° Antihémiédrie. Exemple : boracite.

4° Tétartoédrie. Exemple : chlorate de soude.

6e, 7e et 8e Leçons.

Système hexagonal ou sénaire.

Système rhomboédrique ou ternaire.

Système quadratique.

Système orthorhombique ou terbinaire.

Système clinorhombique ou binaire.

Système triclinique ou asymétrique.

NOTA. — Pour chacun des systèmes cristallins, on examine les diverses particularités qui lui sont propres, en suivant l'ordre indiqué pour le système cubique.

9e Leçon.

IMPERFECTIONS DES CRISTAUX.

Accroissement inégal des faces. — Cristallisation en trémies. — Allongement suivant certaines directions cristallographiques. — Masses cristallines fibreuses, bacillaires. — Fibres parallèles ou radiées. — Masses cristallines lamelleuses à lamelles parallèles ou divergentes. — Masses laminaires, saccharoïdes.

MESURE DES ANGLES DES CRISTAUX.

Goniomètre d'application. — Goniomètre à réflexion. — Détails sur l'emploi de cet appareil. — Théorie des erreurs d'observation qu'il comporte.

10e et 11e Leçons.

CALCULS CRISTALLOGRAPHIQUES.

Marche à suivre pour trouver, par le calcul, les paramètres cristallins et les symboles des faces d'un cristal dont la position relative des normales aux faces a été fixée par les observations goniométriques. — Principales formules à employer.

Réseau polaire. — Projections gnomoniques de ce réseau et du réseau primitif. — Tracé graphique de ces projections servant à guider la marche du calcul.

II. Cristallographie physique.

12e Leçon.

Clivages.

Définition. — Différence dans la nature des clivages.

Position des clivages dans les divers systèmes cristallins.

Rapport des clivages avec la densité réticulaire.

Plans de choc et de glissement.

Dureté.

Échelle de dureté de Mohs.

Différences de la dureté suivant les différentes faces et les différentes directions d'une même face. — Expériences de Seebeck, Franz, Grœlich et Exner.

Relation de la dureté avec les directions de clivage.

Rapport entre la dureté et le frottement.

Figures de corrosion.

Moyens de provoquer les figures de corrosion. — Rapport de ces figures avec la symétrie des faces cristallines. — Leur emploi pour déterminer la symétrie des cristaux.

Accidents de la surface des cristaux, tels que stries, etc.

Pyro-électricité. — Ses rapports avec la symétrie cristalline. — Tourmaline. — Calamine. — Axinite.

Piezo-électricité. — Expériences de MM. Curie.

Thermo-électricité. — Expériences de M. Friedel.

13e Leçon.

Théorie générale des ellipsoïdes représentatifs de la variation, avec la direction, des propriétés physiques des milieux cristallisés.

Rapport de ces ellipsoïdes avec la symétrie cristalline.

PROPRIÉTÉS THERMIQUES.

Propagation de la chaleur dans les cristaux.

Ellipsoïde de conductibilité. — Ellipses isothermes. — Expériences de Sénarmont et de M. Jannettaz.

Dilatation par la chaleur.

Ellipsoïde de dilatation. — Coefficient de dilatation suivant une direction quelconque. — Expériences de M. Fizeau.

PROPRIÉTÉS OPTIQUES.

14e, 15e et 16e Leçons.

Rappel des principales lois de la propagation lumineuse. — Polarisation de la lumière.

Ellipsoïde inverse ou des indices propre à une longueur d'onde déterminée. — Axes principaux. — Axes optiques.

Description des principaux polarisateurs.

Lumière parallèle. — Traversée d'une lame cristalline surmontée d'un analyseur par un faisceau de lumière polarisée parallèle. — Sections principales de la lame. — Formule générale. — Lumière homogène. — Lumière blanche.

Cas de plusieurs lames superposées.

Lumière convergente. — Pince à tourmalines. — Microscope Des Cloiseaux. — Microscope Bertrand.

Lignes incolores.

Lignes isochromatiques.

Lumière homogène. — Lumière blanche.

Dispersion cristalline.

Polarisation rotatoire. — Principales lois de la polarisation rotatoire. — Phénomènes produits par une lame de quartz perpendiculaire à l'axe.

Relation entre le pouvoir rotatoire et l'hémiédrie holoaxe.

Pouvoir rotatoire des dissolutions.

17e Leçon.

Procédés d'observation des propriétés biréfringentes des cristaux. — Taille des lames cristallines.

Microscopes polarisants. — Réglage du microscope.

Observations : — de l'orientation des sections principales d'une lame; — de la section principale de plus grand indice ; — de la différence entre les indices principaux.

Détermination du signe des cristaux uniaxes.

Mesure de l'angle des axes optiques d'un cristal à deux axes. — Détermination du signe des cristaux biaxes.

Observations faites dans la lumière homogène et dans la lumière blanche. — Dispersion des axes optiques.

Généralités sur les propriétés optiques des cristaux. — Modifications des propriétés optiques par la chaleur : orthose, gypse, etc.

Couleurs des minéraux. — Pléochroisme.

Astéries.

18e, 19e et 20e Leçons.

GROUPEMENTS DE CRISTAUX.

Groupements considérés comme indiquant pour les molécules, la possibilité de positions d'équilibre autres que celles qui résultent du système réticulaire.

1° *Mâcles ou groupement par juxtaposition.*

Loi de Romé de Lisle.

Cas des cristaux holoédriques. — Cas des cristaux hémiédriques.

Macles répétées indiquant une tendance à une symétrie supérieure.

Macles les plus habituelles dans les divers systèmes cristallins. — Procédés pour l'étude et le calcul des cristaux maclés.

2° *Groupements par pénétration.*

Pénétration de deux orientations cristallines dont l'une est la symétrique de l'autre par rapport à un élément de symétrie existant ou à peu près dans le système réticulaire, mais faisant défaut dans la molécule cristalline.

Cas des cristaux hémiédriques. — Calamine. — Pyrite cuivreuse.

Cas des cristaux holoédriques. — Orthose. — staurotide,

Groupements par pénétration répétés. — Cristaux pseudo-symétriques.

Aragonite. — Apophyllite. — Boracite. — Grenat pyrénéite.

Groupements presque indéfiniment répétés. — Tendance à une symétrie plus parfaite et à un groupement en quelque sorte moléculaire.

ISOMORPHISME.

Définition. — Volume moléculaire. — Relations entre l'isomorphisme et la formule chimique. — Raisons de croire à la non généralité de la loi dite de Mitscherlich.

Cristaux formés par le mélange de deux substances isomorphes. — Lois de ce mélange assez mal connues. — Nécessité de l'égalité des volumes moléculaires. — Cas de l'isomorphisme imparfait. — Dolomie.

Orientation, par un cristal insoluble, des cristaux iso-

morphes déposés par une dissolution. — Expérience de Sénarmont (Calcite et azotate de soude).

Action des cristaux isomorphes sur la désursaturation des liqueurs.

Propriétés optiques des cristaux formés par mélange isomorphique.

POLYMORPHISME.

Relations entre les formes cristallines d'une même substance polymorphe. — Densités. — Formes limites. — Exemples.

Passage d'une forme à une autre. — Chaleur latente correspondant au changement d'état.

Changements d'état produits par la variation de température ; réversibles quand la chaleur latente correspond à une absorption de chaleur pour une augmentation de température ou inversement. — Boracite. — Iodargyrite. Soufre. — Nitre.

Changements non réversibles. — Aragonite. — Formes stables et instables. — Cristallisation, sous le microscope, d'une dissolution saturée de nitre.

Passage d'une forme cristalline à une autre sous l'influence de la pression, réversible quand, sous l'influence d'une augmentation de pression, le changement d'état amène une augmentation de volume ou inversement. — Iodargyrite.

Essai d'explication du polymorphisme par la théorie des groupements cristallins.

21e Leçon.

GÉNÉRALITÉS SUR LA COMPOSITION CHIMIQUE DES MINÉRAUX.

Complexité de cette composition, due aux mélanges isomorphes et aux inclusions de matières étrangères.

Procédés rapides pour déterminer la composition chimique des minéraux. — Chalumeau.

ÉPIGÉNIES.

DEUXIÈME PARTIE

HISTOIRE DES ESPÈCES MINÉRALES

22e et 23e Leçons.

Définition de l'espèce minérale.

Classifications minéralogiques. — Classification employée dans le cours.

DESCRIPTION DES MINÉRAUX (*)

I. Métalloïdes.

1° FAMILLES DE L'HYDROGÈNE, DU CHLORE ET DE L'OXYGÈNE

Hydrogène.

Acide chlorhydrique.

Oxygène. — **Eau.**

Soufre. — Acides sulfureux et sulfurique. — Hydrogène sulfuré.

Sélénium.

Tellure.

2° FAMILLE DE L'AZOTE

AZOTE. — ARSENIC. — ANTIMOINE. — BISMUTH.

Corps natifs. — Azote. — **Arsenic.** — **Antimoine.** — Bismuth.

Sulfures et tellurures. — **Réalgar.** — **Orpiment.** — **Stibine.** — **Bismuthine.** — Tétradymite.

(*) Les minéraux dont les noms sont en caractères gras sont seuls décrits avec détail.

Des feuilles autographiées contenant les principales propriétés physiques, optiques et cristallographiques, ainsi que la composition chimique des minéraux, avec les figures de leurs formes cristallines les plus habituelles, sont remises aux élèves avant le commencement du cours, et permettent d'abréger les leçons orales.

Oxydes. — Arsénite. — Claudétite. — Sénarmontite. — Valentinite.
Sassoline.

3° FAMILLE DU MOLYBDÈNE

Sulfure. — **Molybdénite.**
Oxydes. — Molybdenocre. — Acide tungstique.

4° FAMILLE DU CARBONE

CARBONE. — TITANE. — ÉTAIN. — SILICIUM. — ZIRCONIUM.

Corps natifs. — **Diamant.** — **Graphite.**
Combustibles minéraux. — **Anthracite.** — **Houille.** — **Lignite.** — **Tourbe.** — **Boghead.**
Hydrocarbures. — Grisou. — Gaz oléfiant.
Pétrole. — **Bitumes et asphaltes.**
Ozocérite.
Résines. — Rétinite. — Copalite. — **Ambre jaune.**

24e et 25e Leçons.

Sulfure. — Stannite.
Oxydes. — Acide carbonique. — **Rutile.** — **Anatase.** — **Brookite.**
Cassitérite.
Quartz. — **Calcédoine.** — **Tridymite.** — **Opale.**

II. Métaux.

1° FAMILLE DES MÉTAUX ALCALINS.

Chlorures. — **Sel gemme.** — **Sylvite.** — Salmiac.
Sulfates. — Thénardite. — Glasérite. — Mascagnine. Mirabilite.
Carbonates. — Thermonatrite. — Natron. — Trona.
Azotates. — **Natronitre.** — Nitre.
Borate. — Borax.

2° FAMILLE DE L'ALUMINIUM.

ALUMINIUM. — FER (Fe^2).

Fluorures. — Fluellite. — **Cryolite.** — Pachnolite. — Chiolite.
Prosopite. — Thomsenolite. — Ralstonite.
Oxydes anhydres. — **Corindon.** — **Oligiste.**
Ilménite.
Hydrates. — **Diaspore.** — **Gœthite.** — **Acerdèse.**
Bauxite. — **Limonite.**
Hydrargillite.
Carbonate. — Dawsonite.
Sulfates. — Webstérite. — Felsöbanyite.
Coquimbite. — Utahite. — Copiapite. — Fibroferrite
Aluns. — **Alunite.** — Jarosite.
Phosphates et Arséniates. — **Amblygonite.** — Duangite.
Scorodite. — Strengite. — Variscite. — **Turquoise.** — Wawellite. — Fischérite. — Péganite. — Béraunite. — Dufrénite. — Cacoxène. — Pharmacosidérite.
Borate. — Jereméiewite.
Mellite. — Mellite.

27e et 28e Leçons.

3° FAMILLE DES MÉTAUX BIATOMIQUES.

BARYUM. — STRONTIUM. — PLOMB.
CALCIUM.
MAGNÉSIUM. — FER (Fe). — MANGANÈSE. — ZINC. — CADMIUM. — NICKEL. — COBALT.
GLUCINIUM.

Métaux natifs. — Fer.
Sulfures, Tellurures, etc. — RS. — **Galène.** — Clausthalite. — Altaïte.
Blende. — **Wurtzite.** — Greenockite. — Alabandine. — Troïlite.
Pyrrothine. — **Millérite.** — Pentlandite. — **Nickeline.** — Breithauptite.
RS^2. — Hauérite. — **Pyrite.** — **Marcasite.** Löllingite. — **Mispickel.**

Glaucodot. — Wolfachite. — Rammelsbergite. — Spathiopyrite.

Cobaltine. — **Gersdorfitte.** — **Ullmannite.** — **Smaltine.** — **Chloanthite.**

Sulfosels. — Chiviatite.

Berthiérite.

Scléroclase. — **Zinckénite.** — Galénobismuthite. — Plagionite.

Dufrénoysite. — **Jamesonite.** — Cosalite.

Boulangérite. — Kobellite.

Jordanite. — Meneghinite.

Géocronite.

Kilbrickénite. — Beegerite.

Fluorures et Chlorures. — **Fluorine.** — Cotunnite. — Chlorocalcite. — Sellaïte. — Nocérine.

Bischoffite. — **Carnallite.** — Tachydrite. — Erythrosidérite. — Kremersite.

Chloroxydes. — Matlockite. — Mendipite. — Schwartzenbergite.

Oxydes. — Périclase. — Manganosite. — Bunsénite. — **Zincite.**

(Oligiste et Braunite. Rappel).

Magnétite. — **Hausmannite.**

Polianite. — **Pyrolusite.** — **Psilomélane.**

Wad. — (Acerdèse et Göthite. Rappel). — **Brucite.** — Pyrochroïte.

29e, 30e et 31e Leçons.

Carbonates anhydres. — **Aragonite.** — **Withérite.** — **Strontianite.** — **Cérusite.**

Alstonite. — Barytocalcite.

Calcite. — **Giobertite.** — **Sidérose.** — **Dialogite.** — **Smithsonite.**

Dolomie. — **Ankérite.** — **Breunérite.**

Cobalt carbonaté.

Hydratés. — Hydromagnésite. — **Zinconise.**

Texasite.

Gay-Lussite.

Chloro ou Fluocarbonate. — Phosgénite.

Sulfates anhydres. — *Simples.* — **Barytine.** — **Célestine.** — **Anglésite.** — Barytocélestine.

Anhydrite.

Lanarkite.

Doubles. — Glaubérite.

Sulfates hydratés simples. — **Gypse.**

Epsomite. — **Kiésérite.** — Goslarite. — Morénosite. — Mélantérites.

Doubles. — Kaluszite. — Polyhalite. — Lœvéite. — Blœdite. — Picromerite.

Sulfocarbonate. — Leadhillite.

Chlorosulfate. — Kainite.

Arsénites et Antimonites. — Roméine. — Nadorite.

Tungstates et Molybdates. — **Schéelite.** — Stolzite. — **Wulfénite.**

Wolfram. — Hubnérite. — Ferbérite. — Reinite.

Chromates. — **Crocoïse.** — Phœnicite.

Borates. — **Boracite.** — Ludwigite.

Hayésine. — Bechilite. — **Colemannite.** — **Pandermite.**

Hulexite. — Hydroboracite.

Aluminates, etc. — **Spinelles** (**Spinelle**, Pléonaste, Picotite, Hercynite, Gahnite, **Magnétite**, Magnésioferrite, Jacobsite, Franklinite, Dysluite, **Chromite**).

Cymophane.

Boroaluminate. — Rhodizite.

Phosphates, etc., anhydres. — Triphyline. — Berzeliite. — Atopite. — Dechenite. — **Apatite.** — **Pyromorphite.** — **Mimétèse.**

Vanadinite. — **Wagnérite.** — Triplite. — Herdérite.

Phosphates, etc. — *Hydratés.* — Fillowite. — Fairfieldite. — Rosétite. — Reddingite. — Hopéite. — **Vivia-**

nite. — Symplésite. — Erythrine. — Annabergite. — Cabrérite.

Haidingérite. — Brushite. — Pharmacolite. — Newberyite. — Waplérite. — Hureaulite.

Ludlamite. — Triploïdite. — **Adamine.** — Chondroarsénite. — Aimafibrite. — Aimatolite. — Allactite. — Descloizite. — Struvite. — Lazulite. — Childrénite. — Eosphorite. — Goyasite. — Arséniosidérite.

Sulfophosphates, etc. — Beudantite. — Diadochite.

Niobates et Tantalates. — Microlite. — **Columbite.** — **Tantalite.** — Tapiolite.

Titanates. — Ilménite (Rappel). — Pérowskite.

4° FAMILLE DU CÉRIUM.

CÉRIUM. — LANTHANE. — DIDYME, ETC.

Carbonate. — Lanthanite.

Chloro-carbonate. — Parisite.

Phosphates. — Xénotime. — Monazite.

Niobates, *Tantalates*, etc. — Fergusonite. — Yttrotantalite. — Koppite.

Titano-niobates, etc. — Dysanalyte. — Pyrochlore. — Œschynite. — Euxénite. — Polycrase. — Samarskite.

32e Leçon.

5° URANIUM.

Oxyde. — **Péchurane.**

Phosphates, etc. — Troegérite.

Autunite. — **Chalcolite.** — Uranocircite. — Uranospinite. — Zeunérite. — Walpurgine.

6° MERCURE.

Mercure natif.

Sulfures. — **Cinabre.** — Métacinabre.

Guadalcazarite.

Séléniures. — Tiemannite.

Onofrite. — Lerbachite.

Tellurure. — Coloradoïte.

Chlorure. — Calomel.

7° CUIVRE.

Cuivre natif.

Sulfures, *Arséniures*, etc. — *Simples.* — **Chalcosine.** — Berzeline.

Covelline. — Degenite.

Domeykite. — Algodonite.

Sulfures, etc. — *Doubles.* — **Chalcopyrite.** — **Phillipsite.** — Cubane.

Cuproplombite.

Zorgite.

Épigénite. — Enargite. — Clarite. — Famatinite.

Cuivres gris (Panabase, Tennantite). — Stylotype.

Bournonite.

Patrinite. — Wittichénite. — Binnite. — Klaprothite. Wolfsbergite. — Emplectite. — Guéjarite.

Oxydes. — **Cuprite.**

Ténorite. — Mélaconite.

Oxychlorure hydraté. — **Atacamite.**

Carbonates. — **Chessylite.** — **Malachite.**

Sulfates. — Chalcantite. — Brochantite. — Langite.

Cyanochroïte. — Linarite. — Calédonite.

Chromate. — Vauquelinite.

Sélénite. — Chalcoménite.

Ferrite. — Delafossite.

Phosphates, *Arséniates*, etc. — Liebethenite. — Olivénite. — Volborthite. — Tagilite. — Euchroïte. — Erinite. — Lunnite. — Pseudomalachite. — Ehlite. — Tirolite. — Motramite. — Aphanésite.

Liroconite. — Chalcophyllite. — Mixite. — Chalcolite. — Zeunérite.

Arsénite. — Trippkéite.

33e Leçon.

8° ARGENT.

Argent natif.

Amalgames. — Arquérite. — Amalgame.

Sulfures, Séléniures, etc. — *Simples.* — **Argyrose.** — **Acanthite.**

Dyscrasite.

Argent sélénié.

Hessite.

Doubles. — Stroméyerite. — Jalpaïte. — Eucairite. — Sternbergite. — Frieséite. — Argentopyrite.

Polyargyrite. — **Polybasite.** — **Stéphanite.** — **Argents rouges** (Pyrargyrite, Proustite). — Freieslebenite. — Diaphorite. — Miargyrite. — Xanthocon.

Chlorures, etc. — **Cerargyrite.** — **Bromargyrite.** — **Embolite.**

Iodargyrite. — Iodobromite.

9° OR.

Or natif.

Amalgame d'or.

Tellurures. — **Sylvanite.** — Krennérite. — **Nagyagite.**

10° PLATINE.

Platine natif.

Arséniure. — Sperrylite,

11° IRIDIUM, OSMIUM, PALLADIUM, RUTHÉNIUM.

Iridium natif. — Palladium natif.

Osmiures d'iridium.

Sulfure. — Laurite.

34e Leçon.

III. Silicates.

I. SILICATES ANHYDRES.

1° SILICATES ANHYDRES A BASE DE SEXQUIONIDE.

Andalousite. — **Disthène.** — **Sillimanite.**

Topaze.

Dumortiérite.

Xénolite. — Eulytine. — Agricolite.

2° SILICATES ANHYDRES A BASE DE PROTOXYDE.

SILICATES BIBASIQUES.

Péridots (Olivine, Forstérite, Fayalite, Téphroïte, Knébelite, Monticellite).

Humite.

Willémite. — **Phénacite.**

Helvine. — Danalite.

35e et 36e Leçons.

SILICATES MONOBASIQUES.

Groupe pyroxénique. — **Rhodonite.**

Wollastonite.

Bronzites (Enstatite, Bronzite, Hypersthène).

Pyroxènes (Diopside, Malacolite, Diallage, Hédenbergite, Augite).

Groupe amphibolique. — Anthophyllite. — Gédrite. — Amphibole-Anthophyllite. — Grunerite.

Amphiboles (Trémolite, Actinote, Hornblende, Pargasite, Ouralite, Asbeste, Néphrite).

3° SILICATES ANHYDRES CONTENANT DES SESQUIOXYDES ET DES PROTOXYDES.

PYROXÉNIDES ET AMPHIBOLIDES.

Pyroxénides. — Achmite. — Œgirine. — Babingtonite. — **Jadéite.** — **Triphane.**

Amphibolides. — Arfvedsonite. — Crocidolite. — **Glaucophane.** — Cossyrite.

37e et 38e Leçons.

SILICATES BLANCS D'ALUMINE ET PROTOXYDE (CHAUX ET ALCALIS).

Feldspaths. — **Orthose** et **microcline.**
Orthose sodique.
Hyalophane.
Albite. — Anorthite. — Mélanges d'albite et d'anorthite (Oligoclase, Andésine, Labrador, Bitownite).
Feldspathides. — Pétalite.
Amphigène.
Néphélines (Néphéline, Davyne, Cancrinite, Microsommite).
Sodalite.
Noséanes (Noséane, Haüyne, Lapis-Lazuli).
Divers. — **Wernérites** (Méionite, Paranthine, Dipyre).
Sarcolite. — **Mélilite.** — Gehlénite.
Milarite.

39e Leçon.

SILICATES COLORÉS DE SESQUIOXYDES ET DE PROTOXYDES.

Grenats (Almandin, Pyrope, Spessartine, Grossulaire, Mélanite, Ouvarowite).
Epidotes (Epidote, Zoïsite). — **Idocrase.**
Orthite. — Gadolinite.
Cordiérite. — **Staurotide.** — Saphirine. — Liévrite.
Émeraude.

40e Leçon.

MICAS.

Muscovites (Paragonite, Muscovite, Lépidolite).
Biotites (Biotite, Phlogopite, Zinnwaldite).

II. SILICATES HYDRATÉS.

1° SILICATES HYDRATÉS A BASE DE SEXQUIOXYDE ET DE PROTOXYDE.

Un Clivage très facile. — Margarite.
Clintonites (Choritoïde, Xantophyllite, Brandisite, Clintonite).
Chlorites (Pennine, Clinochlore, Ripidolite).
Divers. — **Prehnite.** — Euclase. — Pollux.
Cérite.

41e et 42e Leçons.

Zéolites. — Thomsonite. — Edingtonite.
Mésotypes (Mésotype, Scolésite, Mésolite).
Laumontite.
Gismondine. — Faujasite. — **Analcime.** — Eudnophite. — Christianite. — **Harmotome.**
Chabasies (Lévyne, Gmélinite, Chabasie, Phacolite).
Stilbite. — Heulandite. — Epistilbite. — Brewstérite

2° SILICATES HYDRATÉS A BASE DE PROTOXYDE.

Dioptase. — Bertrandite. — Pectolite.
Talc.
Magnésite. — **Garniérite.** — Gymnite. — **Serpentine.** — **Chrysotile.** — Antigorite. — Marmotite.
Bastite.
Apophyllite. — Okénite.
Chrysocolle.

3° SILICATES HYDRATÉS A BASE DE SEXQUIOXYDE.

Anthosidérite.
Pyrophyllite.
Argiles.

III. SILICATES CONTENANT DES ACIDES DIVERS.

1° FLUOR OU CHLORO-SILICATE.

Fluor. — **Topaze** (Rappel).
Leucophane. — Mélinophane.
Humite (Rappel).
Chlore. — Pyrosmalite. — Friedelite.

2° SULFOSILICATES.

Helvine (Rappel). — Danalite (Rappel).

3° SILICOBORATES.

Base protoxyde. — *Anhydres.* Danburite — Homilite.
Hydraté. **Datolite.**
Bases sesquiox. et protox. — **Tourmaline.**
Axinite.

4° SILICO-ZIRCONATES-TITANATES-NIOBATES, ETC.

Sphène.
Zircon. — Auerbachite.
Eudyalite. — Wöhlerite. — Catapléite.
Mosandrite. — Rinkite.
Thorite.

COURS DE PALÉONTOLOGIE.

M. DOUVILLÉ, ingénieur en chef des mines, Professeur.

1re Leçon.

OBJET DU COURS.

Histoire des êtres vivants depuis la période cosmique jusqu'à l'époque actuelle. Apparition possible et probable de la vie dès que la surface du globe a atteint la température de 70°.

Conservation de certaines parties des organismes vivants par leur enfouissement dans les sédiments en voie de formation; modifications dans leur nature par la *fossilisation.*

Age relatif des fossiles : les faunes se succèdent partout dans le même ordre; l'échelle des terrains représente la chronologie géologique.

La dernière période est la période actuelle; l'étude des animaux fossiles ne peut être séparée de celle des animaux vivants; la paléontologie emploie les mêmes méthodes de classification et de nomenclature que l'histoire naturelle.

Distribution du règne animal en ses embranchements, classes et ordres. Les ordres se divisent eux-mêmes en familles, genres et espèces.

Nomenclature binominale par le nom de genre et le nom d'espèce.

La paléontologie met en évidence les modifications successives éprouvées dans la série des temps géologiques par les animaux et les végétaux; elle permet ainsi de reconstituer l'*histoire des êtres vivants.*

2e Leçon.

Embranchement des Vertébrés.

CLASSE DES MAMMIFÈRES.

Les formes anciennes (dès le trias) se rapprochent des Didelphes. Le grand développement des mammifères ne se prononce qu'à partir du tertiaire.

Le squelette est seul conservé; ses parties les plus importantes sont les extrémités des membres et le système dentaire.

Onguiculés : extrémités du type pentadactyle.

Primates : l'étude des produits de l'industrie humaine (silex taillés) permet d'établir la chronologie de la période diluvienne.

Carnassiers : Simplification progressive du système dentaire amenant la réduction des molaires à deux.

Chiroptères; Insectivores; Rongeurs.

Proboscidiens; doivent être rapprochés des rongeurs : Dinotherium, Mastodon, Elephas.

Édentés.

3e Leçon.

Ongulés : 1° Extrémités du type périssodactyle (doigts en nombre impair). — Ordre des *Jumentés :* Coryphodon à 5 doigts; *Tapiridés* (Lophiodon, Pachynolophus, Tapirus) et *Rhinocéridés* à 3-4 doigts; *Paléotheridés* (Paleotherium, Paloplotherium, Anchitherium) à 3 doigts; *Équidés* (Hipparion, Equus) à 3-1 doigts.

2° Extrémités du type artiodactyle (doigts en nombre pair).— Ordre des *Bisulques : Suidés* (Chœropotamus, Anthracotherium, Sus), *Cœnotheridés* (Dichobune, Cœnotherium) à 4 doigts; *Anoplothéridés* (Anoplotherium, Xiphodon) à 2 doigts entièrement distincts.

Ruminants à 2 doigts partiellement soudés (métacarpiens et métatarsiens) : *Moschidés* (Gelocus, Hyæmoschus, Dremotherium); *Bovidés* (Amphimoschus, Antilope, Bos, etc.); *Cervidés* (Dicrocerus, Cervus); *Camelidés.*

4e Leçon.

Les Mammifères marins constituent un groupe hétérogène, correspondant à une adaptation particulière de certains des types précédents. 1° Carnivores : *Phoques, Cétacés* (Squaladon, Cachalot, Baleine); 2° Herbivores : *Siréniens* (Halitherium).

Les Marsupiaux constituent une sous-classe parallèle à celle des Mammifères placentaires : *Multidentés*, carnassiers et insectivores (Dromatherium du trias, Amphitherium, Phascolotherium de l'Oolithe, Spalacotherium du Purbeck, Peratherium du Tertiaire); *Paucidentés* herbivores (Microlestes, Tritylodon du Trias, Plagiaulax du Purbeck, Neoplagiaulax du Tertiaire.)

CLASSE DES OISEAUX.

Certaines formes fossiles présentent des caractères anormaux qui les rapprochent des Reptiles : type à longue queue (Archæopteryx); type à bec garni de dents (Hesperornis, Ichthyornis).

Gastornis, Æpyornis, Apteryx.

5e Leçon.

CLASSE DES REPTILES.

1° Sous-classe des Amphibiens; Ordre des Paleobatraciens : *Branchiosauridés* (Protriton); *Archegosauridés* (Archegosaurus, Actinodon); *Labyrinthodontes* (Mastodonsaurus, Chirotherium).

2° Reptiles proprement dits :

Ordre des *Paléolacertiens* (Aphelosaurus, Proterosaurus).

Ordre des *Paléocrocodiliens : Bélodontidés; Teleosauridés* (Teleosaurus, Steneosaurus, Machimosaurus), à vertèbres biconcaves ou convexo-concaves.

Ordre des *Crocodiliens*, à vertèbres concavo-convexes.

Ordre des *Chéloniens*.

Ordre des *Ophidiens*.

Ordre des *Dinosauriens : Megalosauridés; Iguanodontidés; Dicynodontes* (Galesaurus, Cynodraco, Dicynodon, Oudenodon).

Ordre des *Pterosauriens* (Ramphorhynchus, Pterodactylus, Pteranodon).

Les *Enaliosauriens* ou Reptiles nageurs constituent, comme les mammifères marins, un groupe hétérogène correspondant à une adaptation spéciale de types très divers.

Ordre des *Ichthyosauriens*.

Ordre des *Plesiosauriens* (Nothosaurus et Simosaurus du Trias, Plesiosaurus, Pliosaurus et Polyptychodon, Placodus, etc.).

Ordre des *Mosasauriens*.

6e Leçon.

CLASSE DES POISSONS.

Ordre des Chondroptérygiens; sous-ordre des Plagiostomes : *Selacidés*, sans Ichthyodorulithes (Carcharias, Corax, Galeocerdo, Notidanus, Hemipristis, — Otodus, Oxyrhina, Lamna) ou avec Ichthyodorulithes (Onchus, Hybodus, Psammodus, Strophodus, Acrodus, Ptychodus, Cestracion); *Rajidés* (Pristis, Raja, Myliobatis).

Sous-ordre des Holocéphales; *Chiméridés* (Rhynchodus, Ischyodus).

Ordre des *Dipnoés* (Ceratodus, Protopterus, Lepidosiren).

Ordre des *Ganoïdes : Ctenodiptéridés; Ganoïdes cyclifères* (Holoptychius, Dendrodus); *Ganoïdes rhombifères* (Polypterus, Lepidosteus, Lepidotus, Amblypterus, Paleoniscus, Megalichthys); *Picnodontidés; Ganoïdes cuirassés; Placodermes* (Cephalaspis, Pteraspis, Pterichthys, Asterolepis, Coccosteus).

Ordre des *Téléostéens*.

Ordre des *Cyclostomiens*.

Ordre des *Leptocardiens*.

7e Leçon.

Embranchement des Annelés.

Le corps est composé de la succession d'une série d'anneaux ou métamères.

Sous-embranchement des **Articulés.**

1° Trachéens :

CLASSE DES INSECTES.

(Paleoblattina du Silarien moyen, Phasmiens et Blattes du terrain houiller, Libellules de Solenhofen, Insectes d'Aix, Insectes de l'ambre),

CLASSE DES MYRIAPODES ET DES ARACHNIDES.

(Paleophonus et Proscorpius du Silurien supérieur.

2° Branchifères :

CLASSE DES CRUSTACÉS.

Ordre des Décapodes : *Macroures* (Pemphyx Lesueuri), *Brachyures* et *Anomoures*.

Ordre des *Isopodes* et des *Amphipodes*.

Ordre des *Mérostomiens*, comprenant des types anciens moins spécialisés, et encore représenté par la Limule (Sous ordre des *Xiphosures*).

Sous-ordre des *Euryptères* (Limuloidés, Eurypteridés, Harpidés).

Sous-ordre des *Trilobites;* composition du têt; la disposition des pattes céphaliques rappelle tout à fait celle que l'on observe dans les sous-ordres qui précèdent. *Paradoxidés* (Paradoxides, Sao, Conocephalites, Olenus); *Calyménidés* (Calymene, Homalonotus).

8e Leçon.

Phacopidés (Phacops, Dalmania, Cryphaeus); *Proétidés* (Proetus, Phillipsia); *Illœnidés* (Illœnus, Bumastus); *Lichasidés; Asaphidés* (Asaphus, Isotelus, Ogygia); *Trinucléidés.*

Cérauridés (Ceraurus, Placoparia); *Acidaspidés*, *Goldiidés.*

Agnostidés.

9e Leçon.

Crustacés bivalves : Ordre des *Phyllopodes* (Leptostracés, Phyllocaridés, Esthéridés).

Ordre des *Ostracodes : Cythéridés* (Cythere, Primitia, Beyrichia, Leperditia); *Cypridinidés* (Cypridina, Entomis); *Cypridés* (Paleocypris, Cypris).

Crustacés multivalves : Ordre des *Cirripèdes* (Lepas, Scalpellum, Pollicipes, Balanus).

Sous-embranchement des **Vers.**

Paraît représenter un type très ancien et ayant des affinités non seulement avec les annelés et peut-être même avec les animaux supérieurs, mais encore avec les Mollusques et les Molluscoides, au moins au point de vue embryogénique.

CLASSE DES ANNÉLIDES.

Ordre des Tubicoles ou *Serpulides* (Serpula, Galeolaria, Spirorbis, Vermilia, Ditrypa).

Conodontes.

Empreintes physiologiques : *Tigillites*, *Cruziana* (Bilobites), *Oldhamia.*

10e Leçon.

Embranchement des Mollusques.

CLASSE DES CÉPHALOPODES.

Ordre des Dibranches; sous-ordre des Octopodes : *Octopodidés* et *Argonautidés.*

Sous-ordre des Décapodes : *Loliginidés* (Sepioteuthis, Beloteuthis, Geoteuthis, etc.); *Sépiidés* (Belosepia); *Spirulidés* (Spirula, Spirulirostra, Beloptera, Vasseuria).

Belemnitidés (Pachyteuthis, Megateuthis, Dactyloteuthis, Belemnopsis, Pseudobelus, Belemnites, — Gonioteuthis, Actinocamax, — Duvalia); *Aulacocératidés.*

11e Leçon.

Sous-ordre des Ammonées : tribu des *Clyméninés.*

Tribu des *Goniatinés* (Anarcestes, Tornoceras, Aganides, Goniatites, Sandbergeroceras, Prolecanites, Beloceras, — Bactrites).

Tribu des *Ammonitinés* : *Arcestidés* (Arcestes, Cyclolobus, Lobites); *Phylloceratidés* (Monophyllites, Phylloceras, Rhacophyllites).

12e, 13e et 14e Leçons.

Pinacoceratidés (Pinacoceras, Beneckeia; *Sagecératidés* (Medlicottia, Sageceras); *Lytocératidés.*

Cératitidés (Xenodiscus, Tirolites, Ceratites, Balatonites, Trachyceras); *Psilocératidés.*

Harpocératidés (Arietites, Echioceras, Cycloceras, Grammoceras, Lioceras, Hildoceras, Ludwigia, Hammatoceras, Sonninia); *Oppéliidés* (Lissoceras, Neumayria, Oppelia).

Amalthéidés (Schlotheimia, Polymorphites, Amaltheus, Oxynoticeras).

Aegocératidés (Aegoceras, Liparoceras, Deroceras); *Stéphanocératidés* (Caloceras, Stephanoceras, Reineckia, Sphœroceras, Morphoceras, Macrocephalites, Cardioceras); *Dactyliocératidés* (Dactylioceras, Perisphinctes, Peltoceras, Parkinsonia, Pictonia, Waagenia, Aspidoceras).

Cosmocératidés.

15e Leçon.

Acanthocératidés; Holcostéphanidés: Hoplitidés (Hoplites, Sonneratia, Prionocyclus, Schlönbachia).

Les ammonites à enroulement irrégulier forment un groupe hétérogène dont les éléments doivent être rattachés aux familles précédentes (Scaphites, Macroscaphites, Pictetia, Hamulina, Ptychoceras, Baculites, Ancyloceras, Toxoceras, Helicoceras, Hamites, Anisoceras, Heteroceras, Turrilites).

16e Leçon.

Ordre des Tétrabranches (Nautilides); Anatomie du Nautile.

Nautilidés (Nautilus, Cenoceras, Cymatoceras, Trematodiscus, Hercoglossa, Aturia).

Gyrocératidés (Gyroceras, Ophidioceras, Cyrtoceras, Phragmoceras, Trochoceras).

Orthocératidés (Orthoceras, Endoceras, Actinoceras, Gomphoceras).

17e Leçon.

CLASSE DES GASTROPODES.

Sous-classe des multivalves : *Chitonidés* (Eochiton).

Sous-classe des Univalves : 1° ordre des Cyclobranches : *Patellidés* ;

2° Ordre des Prosobranches; sous-ordre des Scutibranches : I, *Fissurellidés* (Bellerophon, Porcellia, Emarginula, Rimula, Fissurella) ; II, *Turbinidés* (Murchisonia, Pleurotomaria, Haliotis, — Turbo, Trochus, Dauphinula, Horiostoma); III, *Phasianellidés;* IV, *Neritidés* (Naticopsis, Naticella, Neritina, Nerita, Velates, Neritopsis);

3° Ordre des Pectinibranches : I, *Capulidés* (Orthonychia, Platyceras, Acrocylia, Onustus, Calyptræa, Xenophora, Hipponyx; II, *Solariidés* (Evomphalus, Straparollus, Bifrontia, Solarium); III, *Littorinidés* (Holopea, Littorina, Eucyclus, Purpurina).

18e Leçon.

IV, *Paludinidés* (Vivipara, Tylostoma, Bythinia); V, *Ampullariidés;* VI, *Hydrobiidés* (Hydrobia, Nystia,

Pyrgula, Pyrgidium); VII, *Naticidés* (Pseudamaura, Amauropsis, Ampullina, — Gyrodes, — Naticina, Natica, Deshayesia, — Cepatia); VIII, *Pseudomélaniidés* (Pseudomelania, Bourguetia, Bayania); IX, *Mélaniidés* (Melania, Melanopsis); X, *Turritellidés* (Loxonema, Turritella, Mesalia, Protoma); XI, *Vermétidés;* XII, *Scalariidés;* XIII, *Pyramidellidés;* XIV, *Eulimidés;* XV, *Rissoidés;* XVI, *Cérithidés* (Cerithium, Campanile, Bittium, — Pirenella, Potamides, Lampania); XVII, *Nérinéidés* (Nerinea, Ptygmatis, Trochalia, Itieria, Cryptoplocus);

19e Leçon.

XVIII, *Chenopidés* (Spinigera, Anchura, Rostellaria, Alaria, Harpagodes, Malaptera, Chenopus) ; XIX, *Strombidés* (Strombus, Pterocera, Terebellum, Seraphs); XX, *Purpuridés* (Purpuroidea, Purpura); XXI, *Volutidés* (Mitra, Voluta, Cryptochorda, Harpa) ; XXII, *Doliidés* ; XXIII, *Cypréidés;* XXIV, *Olividés* (Oliva, Ancillaria); XXV, *Conidés;* XXVI, *Buccinidés* (Buccinum, Nassa, Terebra); XXVII, *Muricidés ;* XXVIII, *Fusidés* (Fusus, Tudicla, Melongena, Neptunea, Fasciolaria, Pleurotoma).

4° Ordre des Pulmonés. Ce groupe paraît hétérogène, comme en général tous ceux qui correspondent à une adaptation à des circonstances spéciales : I, *Hélicidés* (Helix, Bulimus, Achatina, Lychnus, Pupa, Clausilia); II. *Limnéidés* (Limnea, Physa, Planorbis, Auricula); III, *Cyclostomidés*.

5° Ordre des Opisthobranches ; sous-ordre des *Nudibranches;* sous-ordre des *Tectibranches :* I, *Bullidés;* II, *Actéonidés* (Acteonina, Acteon, Acteonella, Volvulina, Avellana, Ringicula).

6° Ordre des *Scaphopodes* (Dentalium).

CLASSE DES PTÉROPODES.

(Tentaculites, Hyolites, Conularia).

20e et 21e Leçons.

CLASSE DES LAMELLIBRANCHES.

1° Ordre des Taxodontes : I, *Arcidés* (Arca, Cucullea, Pectunculus, Limopsis); II, *Nuculidés* (Nucula, Redonia, Cucullella, Leda).

2° Ordre des Dysodontes : I, *Ptérinéidés;* II, *Aviculidés* (Monotis, Daonella, Halobia, Avicula); III, *Inocéramidés* (Gervillia, Hœrnesia, Inoceramus, Aucella).

IV, *Pectinidés* (Aviculopecten, Chlamys, Neithea, Pecten); V, *Limidés* (Plagiostoma, Lima, Ctenostreon); VI, *Spondylidés* (Spondylus, Plicatula); VII, *Ostréidés* (Liogryphea, Pycnodonta, Ostrea, — Lopha, Alectryonia, — Exogyra, — Heligmus).

VIII, *Mitylidés* (Mitylus, Modiola); *Congériidés* (Dreissensia).

3° Ordre des Cryptodontes (Paléoconques) : I, *Antipleuridés* (Antipleura, Pleurodonta, Prœlucina); II, *Cardiolidés* (Cardiola); III, *Posidoniidés;* IV, *Grammysidés;* V, *Pholadellidés;* VI, *Pholadomyidés;* VII, *Arcomyidés* (Arcomya, Goniomya).

4° Ordre des Desmodontes : I, *Pleuromyidés;* II, *Céromyidés* (Ceromya, Gresslya); III, *Myidés* (Mya, Corbula); IV. *Thraciidés;* V. *Mactridés.*

22e Leçon.

5° Ordre des Hétérodontes : I, *Trigonidés* (Lyrodesma, Schizodus, Myophoria, Trigonia).

II, *Cardiidés* (Conocardium, Cardium); III, *Carditidés* (Megalodon, Prœconia, Pachyrisma, Cardita); IV, *Chamidés* (Diceras, Heterodiceras, Requienia, Toucasia, Apricardia, Chama. — Monopleura, Polyconites, Gyropleura, Horiopleura, Caprotina, Caprina, Caprinula, Plagioptychus, Hippurites, Vaccinites, — Radiolites, Sauvagesia, Ichthyosarcolithus, Biradiolites, Lapeyrousia); V, *Lucinidés;* VI, *Caridinidés;* VII, *Astartidés* (Astarte, Crassatella); VIII, *Cyrénidés;* IX, *Cyprinidés.*

X, *Vénéridés* (Venus, Cytherea).

23e Leçon.

Sous-embranchement des Molluscoïdes.

CLASSE DES BRACHIOPODES.

1° Ordre des Inarticulés : I, *Lingulidés* (Lingula, Obolus, Discina); II, *Craniidés.*

2° Ordre des Articulés : I, *Orthisidés* (Orthis, Orthotetes, Leptæna, Strophomene); II, *Productidés* (Chonetes, Productus); III, *Pentaméridés;* IV, *Rhynchonellidés* (Atrypa, Rhynchonella, Acanthothyris).

24e Leçon.

V, *Spiriféridés* (Spirifer, Spiriferina, Uncites, Athyris, Retzia, Meristella, Merista); VI, *Térébratulidés* (1° Terebratulinés : Dielasma, Terebratula, Liothyrina, Dictyothyris, Glossothyris, Pygope, Terebratulina; — 2° Waldheimiinés : Cœnothyris, Zeilleria, Aulacothyris, Eudesia, Waldheimia, Terebratella, Megerlea, Kingena, Magas).

VII, *Argiopidés* (Stringocephalus, Argiope, Thecidea).

25e Leçon.

CLASSE DES BRYOZOAIRES.

1° Ordre des *Cyclostomes* ou *Tubulinés* (Stromatopora, Proboscina, Reptotubigera, Berenicea, Discosparsa, Defrancia, Diastopora, Filisparsa, Idmonea, Spiropora, Terebellaria, Nodelea, Osculipora, Fasciculipora, — Acanthocladia, Pseudohornera, Penniretepora, Fenestella, Archimedes, Ptylodictya).

2° Ordre des *Chilostomes* ou *Cellulinés* (Hippothoa, Membranipora, Lepralia, Retepora, Eschara, Biflustra, Cellepora, Lunulites, Vincularia).

Le troisième ordre, celui des *Foraminés*, paraît devoir être attribué en grande partie aux Hydrocorallines.

26e Leçon.

Embranchement des Rayonnés,

Sous-embranchement des **Échinodermes.**

CLASSE DES ASTÉRIDES.

Ordres des Stellérides et des Ophiures.

CLASSE DES CRINOÏDES.

Ordres des Blastoïdes (Pentremites), des Cystides et des Eucrinoïdes : I, *Encrinidés ;* II, *Apiocrinidés* (Apiocrinus, Millericrinus); III, *Pentacrinidés;* IV, *Comatulidés* (Antedon); V, *Tessellés* (Marsupites).

CLASSE DES HOLOTHURIES.

CLASSE DES ÉCHINIDES.

1° Ordre des Réguliers : Sous-ordre des *Paléchinides* (Melonites); sous ordre des *Euéchinides :* I, *Cidaridés* (Cidaris, Hemicidaris); II, *Salénidés* (Salenia, Acrosalenia); III, *Diadématidés* (Hypodiadema, Diademopsis, Pseudodiadema, Pedina, Cyphosoma, Glypticus, Acrocidaris).

27e Leçon.

2° Ordre des Irréguliers : I, *Echinoconidés* (Pygaster, Holectypus, Discoïdea, Echinoconus); II, *Clypéastridés* (Clypeaster, Scutella, Amphiope); III, *Cassidulidés* (Galeropygus, Hyboclypeus, Clypeus, Echinobrissus, Pygurus, Echinanthus, Echinolampas); IV, *Collyritidés* (Collyrites, Dysaster, Metaporhinus); V, *Echinocorydés* (Holaster, Hemipneustes, Echinocorys); VI, *Spatangidés* (Echinospatangus, Epiaster, Hemiaster, Micraster, Linthia, Schizaster, Euspatangus).

Sous-embranchement des **Médusoïdes.**

CLASSE DES ACALÉPHES.

CLASSE DES HYDROMÉDUSES.

1° Ordre des Campanulaires.

2° Ordre des *Graptolithidés* (Monograptus, Diplograptus, etc.).

3° Ordre des *Hydrocorallines* (Hydractinia, Stromatopora, Millepora, Axopora, Allopora, Chryptohelia, Stylaster). Cet ordre comprend en outre très probablement les *Cérioporidés* et les *Chœtetidés* (Chœtetes, Monticulipora).

28e Leçon.

Embranchement des Zoophytes.

CLASSE DES POLYPIERS.

1° Ordre des Alcyonaires : I, *Corallidés* (Corallium); II, *Tubiporidés* (Tubipora, Aulopora, Syringopora, Halysites); III, *Favositidés;* IV, *Hélioporidés* (Heliopora, Heliolites).

2° Ordre des Zoanthaires hexagonaux : I, *Turbinolidés* (Turbinolinés : Turbinolia, Flabellum; — Caryophyllinés : Cariophyllia, Discocyathus — Trochocyathinés : (Trochocyathus, Thecocyathus); II, *Eupsammidés* (Eupsammia, Stephanophyllia, Dendrophyllia); III, *Oculinidés* (Enallohelia, Oculina); IV, *Eusmilidés* (Axosmilia, Pleurosmilia, Trocosmilia, — Eusmilia, Rhipidogyra, Stylina); V, *Astréidés* (Montlivaultia, Thecosmilia, Aspidiscus, Meandrina, Astrea, Stylastrea, Isastrea); VI, *Fungidés* (Lophosérinés : Cyclolites, Trochoseris, Cyathoseris, Thamnastrea; — Funginés : Fungia, Micrabacia, Anabacia); VII, *Poritidés* (Porites, Litharea, Protarea, Stylarea, Pleurodictyum, Madrepora).

3° Ordre des Zoanthaires tétragonaux : I, *Cyathaxonidés* (Cyathaxonia); II, *Zaphrentidés* (Amplexus, Streptelasma, Zaphrentis); III, *Cyathophyllidés* (Cyathophyllum, Omphyma); IV, *Cystiphyllidés* (Cystiphyllum); V, *Goniophyllidés* (Goniophyllum, Calceola).

29e Leçon.

CLASSE DES SPONGIAIRES.

(Monactinellides, Tetractinellides, Lithistides, Hexactinellides, Calcisponges).

30e Leçon.

Règne des Protozoaires.

CLASSE DES FORAMINIFÈRES.

1° Ordre des F. imperforés : I, *Lituolidés* (Placopsilina); II, *Miliolidés* (Biloculina, Triloculina, Quinqueloculina, Fabularia); III, *Pénéroplidés* (Peneroplis, Archiacina, Alveolina).

2° Ordre des F. perforés : I, *Globigérinidés* (Orbulina, Globigerina); II, *Lagénidés* (Lagena, Nodosaria, Dentalina, Cristellaria); III, *Polymorphidés* (Clavulina); IV, *Rotalidés* (Rotalia, Operculina, Assilina, Nummulites, Fusulina).

3° Ordre des F. composés : *Orbitolitidés* (Orbitolites, Orbitolina, Orbitoïdes).

CLASSE DES RADIOLAIRES.

31e Leçon.

Distribution bathymétrique des mollusques marins dans les mers actuelles; son application à la détermination de la profondeur à laquelle les sédiments ont été déposés.

32e Leçon.

Résumé du cours. Théorie de l'évolution.

33e et 34e Leçons.

Détermination pratique des fossiles.

Ordre d'importance des caractères.

Caractères des embranchements et des classes; caractères génériques et caractères spécifiques.

LEÇONS DE PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE.

M. ZEILLER, ingénieur en chef des mines, chargé de leçons.

1re Leçon.

Répartition inégale des végétaux fossiles dans les différentes formations. Utilité de l'étude des empreintes, surtout pour la détermination du niveau des couches de charbon. Divisions du terrain houiller. Divers modes de conservation des plantes fossiles. Difficultés spéciales de leur classification.

Système suivi pour la classification des végétaux vivants; rappel des principales divisions, embranchements et classes, du règne végétal; leurs caractères extérieurs. Quelques mots sur les représentants fossiles des Cryptogames cellulaires. Caractères généraux des Cryptogames vasculaires.

CLASSE DES FOUGÈRES.

Divisions des Fougères vivantes en familles d'après les caractères des organes fructificateurs; mode de classification provisoire adopté pour les Fougères fossiles.

2e Leçon.

Groupe des Sphénoptéridées : genres *Sphenopteris*, *Eremopteris*, *Dicksonia;* principaux types de fructification reconnus parmi les Sphénoptéridées houillères.

Groupe des Diplotmémées : genres *Diplotmema* et *Mariopteris*.

Groupe des Pécoptéridées : genres *Pecopteris*, *Callipteridium*, *Callipteris*, *Cladophlebis*, *Anomopteris*, *Andriania*, *Laccopteris;* principaux types de fructification des Pécoptéridées houillères.

Groupe des Aléthoptéridées : genres *Alethopteris* et *Lonchopteris*.

Groupe des Odontoptéridées : genre *Odontopteris*. Représentants de ce groupe à l'époque secondaire et formes qui peuvent en être rapprochées : genres *Dichopteris*, *Scleropteris*, *Thinnfeldia*, *Lomatopteris*, *Cycadopteris*; leurs affinités avec d'autres groupes.

3e Leçon.

Groupe des Névroptéridées : genres *Adiantides*, *Archæopteris*, *Cardiopteris*, *Nevropteris*, *Nevropteridium* et *Dictyopteris*; types de fructification observés chez quelques espèces de ce groupe.

Groupe des Ténioptéridées : genres *Tæniopteris* et *Danæopsis*; types de fructification observés; rapprochement possible avec les Cycadées, de certaines formes trouvées seulement à l'état stérile.

Groupe des Dictyoptéridées : genres *Glossopteris*, *Gangamopteris*, *Dictyophyllum*, *Clathropteris*; types de fructification de ces derniers genres; formes vivantes analogues.

Groupe anomal des *Aphlebia* : hypothèses sur leur nature.

Troncs de Fougères : genres *Caulopteris*, *Ptychopteris*, *Megaphyton*, *Psaronius*; leurs rapports mutuels. Tiges de Fougères arborescentes trouvées dans les terrains secondaires : genres *Chelepteris* et *Protopteris*.

4e Leçon.

CLASSE DES ÉQUISÉTINÉES.

Représentants vivants de cette classe : genre *Equisetum*; constitution anatomique et caractères extérieurs; espèces fossiles principales. Genres *Phyllotheca* et *Schizoneura*.

Equisétinées paléozoïques : genres *Calamites*, *Asterocalamites*; Calamites à tige ligneuse; genres *Arthropitys* et *Calamodendron*; idées émises sur leur classement. Genres *Asterophyllites*, *Annularia*. Épis de fructification : genre *Calamostachys*, *Palæostachya*, *Macrostachya*.

CLASSE DES RHIZOCARPÉES.

Genres *Pilularia*, *Marsilea*, *Salvinia*. Genre fossile *Sagenopteris*.

CLASSE DES SPHÉNOPHYLLÉES.

Genre *Sphenophyllum*; structure des tiges; caractères extérieurs; fructification.

5e Leçon.

CLASSE DES LYCOPODINÉES.

Ses représentants vivants : genres *Lycopodium*, *Selaginella*, *Isoëtes*. Structure interne; organes de fructification.

Lycopodinées paléozoïques : Lépidodendrées et Sigillariées : genres *Lepidodendron*, *Lepidophloïos*, *Halonia*, *Lepidostrobus*, *Lepidophyllum*, *Ulodendron*, *Bothrodendron*, *Knorria*; genre *Sigillaria*, sa division en trois sections, *Rhytidolepis*, *Clathraria*, *Leiodermaria*; genre *Sigillariostrobus*.

Genre *Stigmaria*; nature des Stigmaria.

6e Leçon.

Gymnospermes : caractères généraux; structure des tiges, organes reproducteurs.

CLASSE DES CYCADINÉES.

Principaux genres vivants; caractères de leurs feuilles au point de vue de la forme et de la nervation. Appareils de reproduction. Représentants fossiles de cette classe : genres *Cycas*, *Cycadites*, *Cycadospadix*, *Zamites*, *Otozamites*, *Ptilophyllum*, *Glossozamites*, *Sphenozamites*, *Nœgge-*

rathia, *Podozamites*, *Pterophyllum*, *Dioonites*, *Pterozamites*, *Anomozamites*, *Nilssonia*.

Tiges fossiles de Cycadées.

CLASSE DES CORDAÏTÉES.

Caractères généraux; ses affinités avec les Cycadées et avec les Conifères : genres *Cordaites*, *Poacordaites*, *Dorycordaites*, *Nœggerathiopsis*.

Inflorescences et graines de Cordaïtes. Autres graines fossiles : genres *Trigonocarpus*, *Rhabdocarpus*, etc.

7e Leçon.

CLASSE DES CONIFÈRES.

Division des Conifères vivantes en familles : Cupressinées, Abiétinées, Araucariées, Taxodiées et Séquoiées, Taxinées.

Principaux représentants fossiles des Cupressinées et des Abiétinées.

Araucariées, Séquoiées et Taxodiées ; analogies mutuelles de ces familles, considérées dans leurs rameaux et leurs organes foliaires. Genres *Walchia*, *Ullmannia*, *Voltzia*, *Albertia*, *Pagiophyllum*, *Brachyphyllum*, *Echinostrobus*, *Palissya;* organes fructificateurs de quelques-uns d'entre eux et place à leur attribuer. Représentants fossiles des genres *Araucaria*, *Sequoia*, *Taxodium*, *Glyptostrobus*.

Taxinées : genres *Taxus* et *Torreya*.

Groupe des Salisburiées: genres *Ginkgo*, *Dicranophyllum*, *Trichopitys*, *Czekanowskia*, *Ginkgophyllnm*, *Baiera*, *Rhipidopsis*, *Saportæa*.

CLASSE DES GNÉTACÉES.

Indices de la présence des Gnétacées à l'état fossile.

8e Leçon.

Angiospermes : caractères généraux; leur division en deux classes, *Monocotylédones* et *Dicotylédones*.

Premiers indices de leur existence.

Proangiospermes : genres *Daubreeia*, *Æthophyllum*, *Williamsonia*.

CLASSE DES MONOCOTYLÉDONES.

Types principaux. Palmiers : genres *Flabellaria*, *Sabal*, *Phœnicites*.

CLASSE DES DICOTYLÉDONES.

Difficultés de leur classification à l'état fossile; principaux types de nervation. Quelques mots sur les familles les plus importantes. Date de leur première apparition ; leur développement à l'époque tertiaire.

Résumé de la constitution de la flore de chaque terrain, depuis le dévonien jusqu'à la fin du tertiaire.

Renseignements fournis sur le climat de la terre aux diverses époques par l'étude de la flore fossile; différenciation des climats ; zones isothermes de la période tertiaire, leur déplacement graduel vers le sud; température moyenne des régions arctiques pendant l'époque miocène. Conclusions générales de cette étude et questions qu'elle soulève.

COURS DE GÉOLOGIE.

M. Marcel BERTRAND, ingénieur en chef des mines, Professeur.

1re Leçon.

Définition et but de la géologie. — La géologie doit reconstituer l'histoire de la croûte terrestre. — Principaux problèmes : extensions successives des mers; modifications de la vie; dislocations de la croûte terrestre.

Histoire de la géologie. — Théories des anciens. — Travaux isolés et lente transformation des idées depuis le XVIe siècle. — Premières écoles géologiques : Werner et Hutton. — Période actuelle.

Progrès de la paléontologie et de la pétrographie. — Progrès de la stratigraphie générale : L. de Buch, Élie de Beaumont, M. Suess.

2e Leçon.

Rapports de la géologie avec l'astronomie, la géodésie et la physique générale du globe.

Analyse spectrale; hypothèse de Laplace. — Influences possibles des variations astronomiques sur les climats.

Données géodésiques. — Forme de la terre; définition des surfaces de niveau. — Irrégularités constatées par les mesures d'arc et les observations pendulaires.

Densité de la terre. — Accroissement de la température à l'intérieur de la terre; degré géothermique.

Conclusions relatives à la fluidité primitive du globe; examen des objections.

3e Leçon.

Rapports de la géologie avec la géographie générale.

Distribution des terres et des mers. — Forme des

océans et distribution des profondeurs; forme des continents et distribution des reliefs.

Montagnes; définition. — Grandes chaînes de montagnes du globe. — Distinction des deux types de rivages; type pacifique et type atlantique; leur importance et leur répartition.

Chaînes d'îles du Pacifique. — Chaînes récentes et anciennes.

Hypothèse de Lowthian Green, réseau tétraédrique.

4e Leçon.

Analyse des phénomènes actuels, devant servir de terme de comparaison pour les phénomènes anciens.

Dégradations de la surface. — Actions de la mer.

Action de l'eau en circulation dans l'atmosphère. — Pluie : infiltration, ruissellement.

Nappes souterraines; sources; puits artésiens. — Action dissolvante.

Actions à la surface; rôle de la désagrégation atmosphérique.

Cours d'eau; établissement du profil longitudinal par l'érosion; du profil transversal par le ruissellement (érosion pluviale). — Lois des phénomènes; expériences du colonel de la Noé.

Application aux torrents. — Cascades. — Exemples de la Kander et du Simeto.

Façonnement des versants et dénudation des continents. — Évaluation du cube de matières entraînées; proportion des matières dissoutes et en suspension.

5e Leçon.

Rôle des irrégularités préexistantes de la surface dans le tracé des cours d'eau. — Plis et failles.

Glaciers. — Leur rôle restreint au point de vue de l'érosion. — Glaciers polaires.

Dépôts continentaux : moraines, alluvions, terrasses. — Périodes de remblaiement.

Dépôts à l'embouchure. — Deltas lacustres. — Deltas et estuaires.

6e Leçon.

Dépôts marins. — Appareils littoraux. — Dépôts de plages, ripple marks.

Dépôts littoraux (terrigènes) : sables et graviers, boues et vases. — Extension de ces dépôts; temps nécessaire à leur formation d'après les dénudations actuelles.

Dépôts organiques : vases à Globigérines et à Radiolaires.

Argile rouge des grands fonds.

Constructions de Polypiers.

Dépôts chimiques; produits d'évaporation dans les bassins fermés ou les lagunes. — Gypse et sel.

Applications aux phénomènes géologiques anciens.

7e Leçon.

Volcans. — Phénomènes qui accompagnent une éruption. — Différentes natures des laves et des gaz rejetés.

Rôle des gaz dans l'ascension des laves : éruptions tranquilles et violentes. — Stromboli, la Réunion, Kilauea, Java, Krakatoa.

Éruptions sous-marines : île Julia, Santorin.

8e Leçon.

Étude de la montagne formée : Vésuve, Etna. — Remparts cratériformes. — Théorie des cratères de soulèvement.

Phénomènes dérivant de l'activité volcanique : solfatares, geysers, suffioni. — Sources chaudes.

Rapports avec les remplissages des filons.

Salses et volcans de boue. — Bitume et pétrole.

Distribution des volcans.

Comparaison avec les éruptions anciennes, où la masse des matières rejetées est plus grande et le rôle des gaz moindres (éruptions tranquilles). — Diminution du degré géothermique dans les régions d'anciens volcans.

9e Leçon.

Tremblements de terre. — Recherche du centre d'ébranlement et vitesses de propagation.

Causes possibles des grands tremblements de terre; théories géogénique et volcanique.

Oscillations séculaires; déplacement des lignes du rivage. — Causes multiples de ces déplacements; variations du niveau du golfe de Bothnie et de la Baltique.

Terrasses marines. — Distribution géographique : zones des terrasses polaires et méditerranéennes. — Délimitation des zones d'affaissement et d'exhaussement à l'époque quaternaire; bassin d'affaissement du Pacifique. — Comparaison avec la délimitation de la zone de montagnes récentes.

Exemple de transgression marine tiré de la répartition des terrasses.

10e Leçon.

Succession des périodes et des étages géologiques.

Principes de la description des étages : division de l'Europe en régions naturelles.

Chaîne alpine et îlots d'ancienne consolidation. — Schéma de la distribution des terrains dans une chaîne de montagnes; coupe des Alpes.

Chaîne hercynienne et bassins d'affaissement qui l'ont morcelée.

Chaîne calédonienne; continent arctique et équatorial.

Traits analogues et régions correspondantes en Amérique et en Asie.

11e Leçon.

Ère préliminaire; terrains cristallins. — Gneiss, micaschistes, amphibolites. — Leptinites, gabbros, cipolins.

Hypothèses sur le mode de formation des gneiss.

Gneiss du plateau central, de la Bretagne, des Vosges, des Maures et des Alpes.

Région de la granulite de Saxe. — Gneiss de Scandinavie.

Phyllades; formations sédimentaires précambriennes; discordances dans les régions septentrionales.

12e Leçon.

Système silurien (cambrien et silurien). — Caractères généraux de la faune.

Silurien de la montagne Noire.

Silurien de Bretagne; comparaison avec le pays de Galles. — Ardennes. — Pyrénées; comparaison avec les Asturies.

13e Leçon.

Types étrangers : Bohême. — Province bohémienne et province scandinave.

Le système silurien dans le nord de l'Europe.

Traits généraux de la distribution géographique. — Caractère pèlagique des dépôts dans la plaine de Mississipi et dans la plaine russe, et caractère détritique dans l'ouest de l'Europe. — Zone marine entourant le pôle Nord et s'élargissant sur l'emplacement de l'océan Pacifique.

Le silurien supérieur dans la zone arctique.

14e Leçon,

Système dévonien. — Les Ardennes et le Boulonnais. — Bretagne. — Montagne Noire, Pyrénées et Asturies.

Distribution géographique générale. — Transgression

vers le sud du dévonien inférieur et vers le nord du dévonien moyen. — Ressemblances avec la géographie silurienne.

Chaîne calédonienne; ses rapports avec la formation et l'extension du vieux grès rouge. — Rapports de ce phénomène avec la définition du début de la période dévonienne; étage hercynien.

15e Leçon.

Système permo-carbonifère. — Caractère général et divisions de la période : faciès continental et pélagique.

Le système permo-carbonifère dans les Ardennes, la Bretagne et les Vosges.

16e Leçon.

Le système permo-carbonifère dans le sud de la France.

Description plus détaillée des bassins houillers français.

Le bassin houiller de la Belgique et du Nord.

17e et 18e Leçons.

Bassins houillers du centre de la France. — Caractères généraux : discordances, épaisseur et irrégularité des couches; roches éruptives.

Bassin de Commentry; deltas lacustres. — Expériences de M. Fayol.

Bassins de la bordure méridionale : Saint-Étienne, Alais, Graissessac, Decazeville.

Bassins d'Épinac, de Blanzy et de Brassac.

Bassins de la zone centrale, Saint-Éloi et Ahun.

Bassins houillers des Vosges : Ronchamp.

Bassin de Saarbrück; son prolongement en Lorraine; concordance locale des étages du nord et du centre.

19e Leçon.

Le système permo-carbonifère hors de France. — Dis-

tribution du calcaire carbonifère et du culm. — Comblement de l'ancien bassin des mers primaires.

Bassins houillers du nord de l'Angleterre et de l'Écosse; barrière continentale entre le pays de Galles et le Brabant. — Bassins houillers du bord de la chaîne hercynienne.

Chaîne hercynienne; établissement d'une période continentale sur tout l'est de l'Europe.

Bassins houillers de Saxe, de Bohême et d'Espagne.

Retour de la mer et transgression permienne de la Russie vers l'ouest : le grès rouge et le zechstein dans le nord; dépôts pélagiques dans le sud. — Première esquisse de la Méditerranée secondaire.

L'Amérique et l'Asie. — La mer houillère dans le Pacifique. — Continent équatorial : la flore *australo-indienne* et les traces supposées d'actions glaciaires.

20e Leçon.

Système triasique. — Le trias dans le nord de l'Europe, faciès continental et lagunaire. — Le trias de Lorraine; extension autour du plateau central, dans la Provence et dans les Pyrénées.

Le trias alpin, les récifs du Tyrol, développement des Ammonites. — Extension du faciès pélagique dans toute la région méditerranéenne et alpine; bordure lagunaire en Espagne. — Région intermédiaire; schistes lustrés des Alpes françaises.

Traits généraux de la géographique triasique; premier dessin accusé des continents actuels : la mer américaine rejetée dans les chaînes côtières du Pacifique; les chaînes centrales de l'Asie séparant l'Océan arctique de la région méditerranéenne; l'Oural et l'immersion de la plaine russe séparant l'Europe de l'Asie.

21e Leçon.

Système jurassique. — Subdivisions; zones définies par les Ammonites.

Province du nord et province méditerranéenne. — Golfe anglo-parisien; son étendue à l'époque du lias. — Caractères uniformes, successivement vaseux et calcaires, des dépôts.

Coupe et description générale des terrains à l'est du bassin de Paris.

22e Leçon.

Coupe et description générale des terrains jurassiques sur la côte normande.

Variations de faciès et d'épaisseur aux différents points du bassin; faciès côtiers des Ardennes et de la Bretagne. — Indices de deltas dans le sud de l'Angleterre, dans le nord de l'Écosse et dans le Yorkshire. — Golfe du Luxembourg.

Spécialisation des régions à Ammonites dans le Bathonien.

Extensions intermittentes des argiles du nord vers le sud aux époques oxfordienne et kimmeridgienne; recul des constructions de Polypiers vers le sud. — Émersion progressive et lagunes purbeckiennes.

Passage à la région méditerranéenne : le Jura. Comparaison avec le Wurtemberg.

23e Leçon.

Le terrain jurassique dans les Alpes françaises. Bord du massif des Maures et région provençale.

Bordure méridionale du Plateau central.

Le système jurassique dans la région méditerranéenne et dans les Alpes. — Fünfkirchen et le Banat.

Submersion de la plaine russe pendant le jurassique supérieur. — Faciès continental en Asie.

Géographie générale de la période jurassique. — Communication marine entre la Méditerranée et la côte des Andes boliviennes. — Morcellement du continent indo-africain.

24e Leçon.

Système crétacé. — Subdivisions; zones définies par les Ammonites.

Description des étages crétacés dans le bassin de Paris. — Transgression cénomanienne. — Le rivage des Ardennes.

25e Leçon.

Le crétacé dans le Jura et dans les Alpes françaises.

Ceinture urgonienne des Alpes. — Uniformisation des conditions de sédimentation à l'époque du gault.

Formation d'un bassin rhodanien dès le début du crétacé supérieur, avec développement des Rudistes (bassins d'Uchaux et du Beausset) et tendance progressive à l'émersion (bassin de Fuveau).

26e Leçon.

Les dépôts crétacés dans l'Aquitaine.

Les Pyrénées. — Discussions relatives aux calcaires à Diceras. — Recul vers l'ouest et vers le sud des récifs à Chamacés à l'époque du gault. — Schistes et grès à fucoïdes. — Transgression des couches à Hippurites dans la région montagneuse. — Émersion finale : le garumnien.

La craie dans le nord-ouest de l'Europe et dans le sud de la Russie.

Région alpine; le flysch et le grès des Carpathes. — Couches de Gosau et dolomie de Chocs. — Biancone et scaglia.

Région méditerranéenne. — Rivage africain; le crétacé de l'Algérie.

Géographie générale de l'époque crétacée; formation du bassin méridional de l'Atlantique.

27e et 28e Leçons.

Ère tertiaire. — Généralités sur la faune. — Divisions principales : éocène, oligocène, miocène et pliocène.

Description des couches du bassin de Paris; oscillations et avancées successives de la mer dans le golfe parisien.

La Belgique et le bassin de Londres. — Estuaire de la Tamise. — Transgression oligocène. — Lignites du nord de l'Allemagne.

29e Leçon.

Le système éocène dans les Alpes et dans les Pyrénées. — Extension de la mer nummulitique.

Bordure septentrionale de la mer nummulitique dans le sud de la France. — Dépôts lacustres éocènes et oligocènes de la Provence et du sud du Plateau central.

Calcaires de la Limagne.

30e Leçon.

Époque miocène. — Bassins de la Loire et de la Garonne. — La mer molassique dans le bassin du Rhône et sur le pourtour des Alpes.

Bassin de Vienne.

Époque pliocène. — Le Roussillon, le bassin du Rhône et la Bresse.

Volcans de l'Auvergne et dépôts de Périer. — Glaciers pliocènes.

Dépôts pliocènes du nord de la France, de l'Angleterre et de la Belgique.

31e Leçon.

Coup d'œil général sur la géographie et sur les modifications des reliefs pendant l'ère tertiaire.

Histoire de la Méditerranée miocène, pliocène et actuelle.

32e Leçon.

Période quaternaire. — Variations de la faune et du climat. — Apparition de l'homme; silex taillés.

Mouvements de l'époque quaternaire. — Dépôts marins; terrasses.

Alluvions; lœss et limons.

Phénomènes glaciaires; Alpes et Pyrénées. — Régions septentrionales. — Deux grandes extensions glaciaires en Allemagne et en Amérique.

33e Leçon.

Dislocations de l'écorce terrestre. — Glissements et failles.

Plis synclinaux et anticlinaux. — Plis droits, plis dissymétriques, plis couchés.

Étirement et amincissement des couches. — Plis-failles.

Failles d'affaissement. — Leur disposition sur les bords d'un bassin d'affaissement; sens du rejet.

Plis-failles, failles parallèles au plan des couches, surfaces et zones de glissements.

Failles transversales, décrochements à déplacement horizontal.

Parallélisme des plis dans les chaînes de montagnes; combinaison des plissements avec les affaissements.

34e Leçon.

Application au Jura et aux Alpes.

Définition de l'unité d'une chaîne; les couches de bordure, le massif central. — Comparaison des deux versants.

Lignes directrices du système alpin.

Rôle des massifs résistants, anciennement plissés, dans la direction des plis. — Sinuosité, éventail.

Discordances, mouvements successifs. — Discussion de la théorie des mouvements brusques.

Rapports entre les faciès des couches et les zones postérieures de plissement.

35e Leçon.

Exemple de plis couchés : la Provence.

Comparaison avec les chaînes plus anciennes : l'Ardenne; la chaîne hercynienne.

Les Grampians; la chaîne calédonienne.

Echelonnement des phénomènes de plissement en Europe, du nord vers le sud. — Morcellement et tassement des chaînes; affaissements localisés. — Nouveaux ridements parallèles aux anciens dans les parties affaissées; exemple du bassin de Paris.

36e Leçon.

Liaison des phénomènes éruptifs avec les actions orogéniques.

Roches hercyniennes de France; porphyres houillers et permiens. — Le Plateau central, les Vosges et l'Estérel.

Mode de gisement des granites; granites et granulites de Bretagne et du Plateau central.

Roches hercyniennes en Europe. — Eruptions triasiques du Tyrol; Predazzo.

Euphotides des Alpes françaises et ophites des Pyrénées.

37e Leçon.

Eruptions plus anciennes dans les régions septentrionales.

Roches du lac Supérieur. — Roches précambriennes d'Angleterre et de Bretagne. — Diorites et diabases du

Plateau central. — Centres éruptifs siluriens du pays de Galles et du Cumberland.

Roches de la chaîne calédonienne; le sud de l'Écosse et le bassin de Christiania.

Eruptions carbonifères du bassin d'Édimbourg et du nord de l'Angleterre.

38e Leçon.

Distribution générale des roches tertiaires.

L'Auvergne. — Le Cantal, le mont Dore, le Velay. — La chaîne des Puys.

39e Leçon.

La bordure d'éruptions du massif alpin : le Siebengebirge, l'Eifel, la Bohême.

Centres d'éruption intra-alpins : la Serbie et la mer Égée, la Hongrie, l'Italie.

Bords de l'Atlantique et de l'Océan Indien. — Éruptions des montagnes Rocheuses; laccolithes.

Considérations théoriques sur la répartition des roches; succession des roches acides et basiques; hypothèse d'une diminution progressive des forces cristallines.

40e Leçon.

Gisements métallifères. — Couches, amas et filons. — Filons concrétionnés; nature du remplissage.

Mines d'étain; liaison avec les granulites.

Champs de fracture de l'Erzgebirge et du Hartz. — Filons du plateau central.

Amas cuivreux dans les schistes et zinco-plombifères dans les calcaires et dolomies.

Résumé général de ces phénomènes dans la région de la chaîne hercypienne.

41e Leçon.

Les venues métallifères dans les régions septentrionales.

Les venues métallifères dans les régions alpines : Ile d'Elbe et Toscane, Algérie, Hongrie et Transylvanie; comparaison avec le Comstock lode.

Imprégnations dans les calcaires de la région alpine : Raibl, Iglesias, Laurium. — Imprégnations cuivreuses en Californie et dans les Andes.

Rapports des venues métallifères avec les éruptions plus anciennes et avec les mouvements orogéniques.

42e Leçon.

Résumé du cours; lacunes de nos connaissances.

Essais d'appréciation de la durée des temps géologiques. — Calculs sur le refroidissement terrestre; insuffisance des données.

Persistance de certains traits de la surface terrestre. — Coup d'œil général sur l'histoire du globe terrestre.

LEÇONS DE PÉTROGRAPHIE.

M. MARCEL BERTRAND, ingénieur en chef des mines, Professeur.

1re Leçon.

Composition générale de l'écorce terrestre; sédiments et roches éruptives. Volcans et produits actuels des éruptions.

Division des roches en deux grandes familles, granitoïdes et porphyriques.

Classification des roches granitoïdes. — Description des granites.

2e Leçon.

Les roches granitoïdes basiques.

Classification et description des roches porphyriques.

3e Leçon.

Classification et description des roches tertiaires. — Caractères différentiels, souvent insuffisants.

Correspondance terme à terme avec les roches anciennes.

Roches cristallines feuilletées; gneiss et micaschistes. — Les dépôts sédimentaires, schistes, calcaires et grès.

4e Leçon.

Étude microscopique des roches. — Plaques minces. — Principes de cette étude. — Méthodes d'examen : caractères physiques, angles d'extinction. — Lumière convergente. — Mesure des biréfringences. — Analyse micro-chimique.

Application aux feldspaths.

5e Leçon.

Amphiboles et pyroxènes. — Micas. — Quartz. — Péridot. — Minéraux accessoires.

Procédés de distinction immédiate; modes de vérification dans les cas douteux.

6e Leçon.

Résultats généraux de l'étude microscopique. — Inclusions. — Formation progressive et usure des cristaux. — Ordres de consolidation.

Étude de la pâte des porphyres; aggrégats, sphérolites.

Définition et distinction des textures : granitique, granulitique, pegmatoïde, ophitique.

Texture microgranulitique et micropegmatoïde.

Texture pétrosiliceuse et microlithique.

Rôle des microlithes dans les classifications : microlithes feldspathiques et microlithes magnésiens.

Étude des altérations postérieures des minéraux.

7e, 8e et 9e Leçons.

Étude des caractères microscopiques des roches précédemment définies. — Métamorphismes de contact. — Comparaison des classifications fondées sur les grands cristaux ou sur les microlithes.

10e Leçon.

Essais de reproduction des minéraux et des roches.

Résumé et considérations générales sur la genèse des roches.

COURS DE GÉOLOGIE APPLIQUÉE.

M. Edmond FUCHS, ingénieur en chef des mines, Professeur.

1re Leçon.

GÉNÉRALITÉS.

INTRODUCTION.

Objet du cours. — Exposé de la méthode.

Éléments de la description complète d'un gîte :

1° *Étude scientifique :* Topographie et géologie. Nature et teneur des minerais. Cubage des ressources minérales.

2° *Étude technique :* Exploitation et traitement métallurgique des minerais.

3° *Étude économique :* Population ouvrière; climat; moyens de transport. — Prix de revient et valeur des produits du gîte.

Classification des gîtes. — Gîtes sédimentaires; gîtes éruptifs; filons.

2e Leçon.

RELATION ENTRE LES MINÉRAUX ET LA DYNAMIQUE DU GLOBE.

Allure des gîtes. — Systématisation géométrique des fractures : *Alignements.* Théories d'Élie de Beaumont, de Pouyanne, de Pissis, de Lowthian Green, etc. — Réseaux; constitution, mode d'application, limites pratiques d'identification.

Remplissages. — Analogie entre les remplissages des filons et les dépôts des sources minérales : Théorie d'Élie de Beaumont. Définition des émissions hydrothermales, boueuses et laviques.

Classification des filons d'après leur remplissage : Filons d'émanation, filons d'incrustation, filons d'injection; formations connexes : amas, nappes d'épanchement. — Caractères fondamentaux de ces trois classes de filons. Application pratique de ces caractères aux limites d'extension et de profondeur et à la nature des travaux d'exploitation.

Modifications de l'allure et du remplissage des gîtes à travers les temps géologiques. Influence des lieux et des époques d'émission.

3e Leçon.

ÉTUDE SPÉCIALE D'UNE FRACTURE.

Étude dynamique. — *Écrasement d'un fuseau.* Compression, torsion. Expériences de MM. A. Favre et Daubrée : plissements, chevauchements; diaclases et paraclases.

Étude chimique. — *Constitution fondamentale du remplissage* dans les différents types de gîte. — Groupement des minéraux et remplissages-types.

Essais de *classification :* Travaux de MM. Élie de Beaumont, de Beust, Von Cotta, La Marmora, Rivot, etc. *Vis tellurique* de M. de Chancourtois. — Distribution des minéraux dans le sens de la verticale.

Modifications apportées aux remplissages : Influence des roches encaissantes : formation des amas. — Action des roches éruptives contemporaines ou postérieures : Métamorphisme. Minéraux de seconde formation; épigénies, intrusions. Travaux de MM. Delesse, Rosenbusch, vom Rath, Mallard, Fouqué, Michel Lévy, etc.

Influence du niveau hydrostatique de la région : minerais dits d'affleurement; chapeaux de fer.

Distribution de la richesse utile à l'intérieur d'une fracture. — Règles expérimentales des mineurs du Cornwall et travaux de M. Moissenet sur les *Parties*

riches des filons. — Influence de la nature physique des roches encaissantes sur l'allure des filons : formules générales de M. Haton de la Goupillière.

4e Leçon.

PRINCIPAUX TYPES DE GITES.

MÉTALLOIDES.

CARBONE.

Diamant. *Caractères du diamant :* Étude de son origine probable. — Parangons.

Sables diamantifères. — Gîtes du district de Golconde dans le royaume de Nysam, de Kuddapah, de Sambalpur, de Nagpur et de Penna (Bundelcund, Indoustan).

Sables diamantifères du Brésil : Districts de Diamantina, Bagagem, Graõ Moyor (Minas Geraës) et de Chapada, Salobro (Bahia).

Gîtes de l'Oural, de Bornéo, de l'Australie, etc.

Diamant dans les roches. — Gîtes du Gricqua-Land-West, de l'Oranje-Free-Staat et du Transvaal (Afrique australe). Pitons de *brèches serpentineuses* diamantifères de Kimberley, Old de Beers, Dutoit's pan, Bult-Fontein, Jæger Fontein, etc. — *Granulites* diamantifères du plateau du Nysam (Inde) et de Diamantina (Brésil).

Conditions du travail. — Valeur des diamants. — Statistique.

5e Leçon.

Graphite. — Concentration exclusive du graphite dans les roches et terrains anciens. Graphite cristallin dans le *gneiss* des cantons de Buckingham et de Lochhaber (Canada); dans celui de Ticonderoga (New-York).

Mouches et amas de graphite cristallin dans les *granulites* des monts Batougol, près Irkoutsk et dans les *pegmatites* de l'île de Ceylan.

Gneiss et *micaschistes* graphiteux du Val d'Andlau (Vosges), de Kergonano (Morbihan) et de Viseu (Portugal).

Petits filets et masses écailleuses de graphite associé au *calcaire cristallin* dans le *gneiss* du Böhmerwald : gîtes de Krummau, de la Schwarzbach, etc.

Classification des graphites. — Usages divers.

Combustibles minéraux. — Définition, classement et considérations générales sur l'origine des types de combustibles : **anthracite, houilles, lignites** et **tourbe.**

Distribution géologique et géographique des principaux gîtes. Circonstances qui influent sur l'allure et l'exploitabilité des gîtes : Rayons d'écoulement, etc. — Statistique. — Avenir. — Épuisement ou limite d'exploitabilité des principaux bassins.

6e, 7e et 8e Leçons.

HYDROCARBURES.

Définition et classement des hydrocarbures : **Bitumes** et **asphaltes**; schistes bitumineux, schistes, grès et argiles oléifères; **naphtes** et **pétroles**; **gaz naturels.**

Origine des hydrocarbures : Théories diverses. Association des hydrocarbures avec le soufre et le chlorure de sodium; leur relation avec les lignes de fracture; grands cercles caractéristiques.

Schistes bitumineux. — Gîtes *permo-carbonifères* d'Écosse (Boghead). — Schistes *permiens* d'Autun. Gîtes *miocènes* de la vallée de la Morava (Serbie).

Bitumes et asphaltes. — Bitumes imprégnant les *calcaires crétacés* de Néby-Musa, Waddy-Maharrat, etc. (vallée du Jourdain). Usage spécial du *bitume de Judée* dans la peinture.

Gîtes liés aux *basaltes miocènes* de l'Auvergne : Malintrat, Lussat, Fontaine-de-la-Poix, etc. — Asphaltes de Seyssel (Ain), du Val-de-Travers (Suisse), etc.

Gîtes *miocènes.* — Bitumes et asphates de Lette-Ma-

nopello et de Tocco (Abruzzes). — Bitumes et asphaltes de l'Amaseno (province de Rome). — Bitumes et grès oléifères de Pechelbronn et de Lobsan (Alsace). — Amas et couches de bitume de Selenitza (Albanie).

Gîtes *pliocènes :* Grès et argiles pétrolifères de la province de Parme (Apennins) et des environs de Kopreinicz (Croatie).

Gîtes *postpliocènes :* Bitume de Guaracaro (île de la Trinité).

Gîtes dont la formation s'est prolongée jusque dans les *temps historiques :* Asphalte et bitume de la mer Morte. — Bitume du lac de la Braie (île de la Trinité), etc.

Pétroles et naphtes. — Pétroles imprégnant les grès *cambriens* et *siluriens* du canton d'Enniskilen (Canada), etc.

Pétroles imprégnant les *grès dévoniens* de l'Ohio et de la Pensylvanie (États-Unis) : puits à pétrole des environs de Pittsburg, Oil City, Tidy-Out, etc.

Gîtes de pétrole imprégnant les *grès* et *schistes miocènes* des Karpathes : puits à pétrole de Neu-Sandeck, Bobrka, Dukla, etc..., Ozokérite de Boryslaw (Galicie). Zones pétrolifères de Câmpina-Téléga, de Colibaçi, etc., etc. (Roumanie). *Grès oléifères miocènes* de Lobsan et de Pechelbronn (Alsace).

Gîtes de naphte imprégnant les *marnes* et *sables pliocènes* du Caucase : Zone occidentale : Naphte de la presqu'île de Kertch et de la presqu'île de Taman ; hydrocarbures complexes dans les *Volcans de boue* (*Makaloub*). Puits à pétrole d'Ilsky. — Zone orientale : Naphtes de Tchernagora-Bakou. — Irrégularité de la richesse et de la distribution des gîtes. Puits jaillissants. — Modes de captage, d'emmagasinage et de transport : *Pipelines*. — Statistique.

Gaz hydrocarburés. — Accumulations gazeuses dans les grès *dévoniens* et *siluriens* de Pittsburg (États-Unis) et de Mohara (Canada), et dans les *sables* et *argiles pliocènes* de la presqu'île d'Apchéron (Caucase), etc. Fontaine ardente du Dauphiné. — Captage ; utilisation économique et industrielle. — Statistique.

9e et 10e Leçons.

SOUFRE.

Soufre natif. — Gîtes *miocènes* de la Sicile (*solfares*) : Argiles solfifères de Caltanisetta, Madore-Lercara et Cimicia, etc.

Gîtes *miocènes* des Romagnes, de Lorca (Murcie), etc.

Tufs trachytiques solfifères de Sulphur-Bank (Californie).

Gîtes volcaniques actuels : solfatares du Vésuve, du Popocatepetl, etc.

Usages spéciaux du soufre natif.

Soufre à l'état de **pyrite de fer.** — Zones pyritifères du Rhône et du Gard : *Amas filoniens* de Chessy et de Saint-Bel. — *Amas interstratifiés infra-jurassiques* de Saint-Julien de Valgagne, du Soulier, de Soyons, etc.

Gîtes de la province de Huelva (Espagne) et de l'Alemtejo : *Amas filoniens post-carbonifères* (permiens?), de Rio-Tinto, Tharsis, Alosno, Aguas-Tenidas, etc. (Espagne) et de Santo-Domingo (Portugal).

Conditions et méthodes d'exploitation. — Limite d'utilisabilité liée aux besoins de la fabrication de la soude par le procédé Le Blanc. — Statistique.

11e Leçon.

MÉTAUX ALCALINS.

Considérations générales sur les conditions de gisement des sels alcalins : Régions désertiques ; Distribution de ces régions à la surface du globe. Désert de Gobi (Turkestan) ; Désert de Humboldt (États-Unis) ; Désert

d'Atacama (Pérou, Bolivie, Chili), etc. Topographie et géologie de ces régions.

AMMONIAQUE.

Dépôts de **guano** des îles Chinchas, Baker et Jervis, Mejillones, etc., etc. — Statistique.

POTASSIUM.

Chlorure de potassium et **Sulfate de Potasse**. — Gîte *permien* de Stassfurt. Étude des différents sels qui le composent : **Carnalite, sylvine, polyhalite, kainite, sel gemme, kiesérite, tachydrite, Stassfurtite,** etc. Constitution et genèse du gîte : Origine hydrothermale. — Transformation et utilisation agricole des minerais.

Sous-sulfate double de potasse et d'alumine. (**Alunite.**) — Relation entre les gîtes d'alunite et les *éruptions trachytiques;* leur genèse par la décomposition de ces derniers sous l'influence d'émanations sulfureuses.

Gîtes de la Tolfa (Civitta-Vecchia) et de Montioni (Toscane). Transformation de l'alunite en *alun naturel* (alun romain) et en *alun artificiel.* — Gîtes du Turkestan, du Mont-Dore, des *îles volcaniques* de la baie de Naples, etc.

Schistes alunifères *siluriens* de la vallée de la Meuse, etc.

12e et 13e Leçons.

SODIUM.

Chlorure de sodium. (**Sel gemme.**) — Groupement des gîtes dans les deux périodes permo-triasique et miocène. — Caractères distinctifs de chacun de ces deux groupes et méthodes d'exploitation correspondantes. — Origine hydrothermale.

Gîte permien de Stassfurt. — *Gîtes triasiques* de la Lorraine : Varangeville, Dieuze, Rosières, Vic, etc., de la Souabe et du Salzkammergut autrichien et bavarois : Hallein, Ischl, Halle, Hallstadt, Berchtesgaden, etc.

Gîtes miocènes de Wieliczka (Galicie), de Slanick, Telega et Ocna (Roumanie), de Máros Ujvár (Hongrie), de Rh'ang-el-Melah (Algérie), etc.

Sources salées et marais salants. Marais salants du Rio Sado (Portugal), de la Camargue (vallée du Rhône), de l'ouest de la France, de la Crimée, etc. — Conditions climatériques. — Statistique.

Carbonate de soude. — Lac Natron, lac de Van, etc.

Azotate de soude. (**Nitre.**) — Concentration des gîtes de nitre dans les régions désertiques, autour des grands massifs volcaniques, anciens ou modernes. — Nitrières du désert d'Atacama : Cachiyuyal, Baron, Aguas blancas, etc. (Chili), du Rio Loa (Bolivie), etc. — Efflorescences salpêtrées contemporaines des environs de Lorca (Espagne). — Nitrifications locales. — Transformation industrielle des produits. — Statistique.

Borates de soude. — **Borax** : Conditions de gisement analogues à celles des nitrates. Gîtes de Californie : Lac de Borax et lac Hachinhama.

Gîtes d'**Ulexite** (borate natro-calcique) du comté d'Ynyo (Californie), de la Salina Grande (Bolivie).

Gîtes de **Colemanite** (borate de chaux) de la Californie; Rhodes Marsh, Colombus Marsh et Tell's Marsh.

Sulfate de soude : Glaubérite, sulfate double de soude et de chaux. *Gîtes miocènes* de Cien-Pozuelos (province de Tolède), Andosilla et Alcanadre (Asturies).

14e et 15e leçons.

MÉTAUX ALCALINO-TERREUX.

CALCIUM.

Carbonate de chaux. (**Calcite, Calcaires.**) — Classification des variétés naturelles de carbonate de chaux au point de vue de leur usage industriel : la construction, l'ornementation, les arts libéraux.

Pierres calcaires pour la construction. — Principaux hori-

zons géologiques. — Relation avec les centres de population.

Marbres. — Classification des marbres au point de vue de leur texture et de leur couleur : marbres simples (blancs, colorés); marbres composés (brèches, lumachelles).

Distribution géologique. — *Terrains anciens :* marbres de Paros, du Pentélique, des environs de Bône (Algérie), de Saint-Philippe près Sainte-Marie (Alsace), etc.

Dévonien : marbres des Pyrénées, de Rance (Belgique), de Givet, etc.

Carbonifère : marbres du Boulonnais, du Castillo de Belmez (Espagne), de la baie de Hâ-Long (Tonkin), etc.

Trias : marbres de Carrare, de Serravezza (Lucques), etc.

Jurassique : calcaires-marbres du Valais, etc.

Crétacé : calcaires-marbres des Alpes, de la Tunisie orientale (Zaghôuan).

Nummulitique : marbre du Mont Attila (Aude), de la vallée de la Miliana (Tunisie), etc.

Miocène : marbres-onyx de Fellfellah (Oran); Brèche de Chemton (Tunisie), etc.

Méthodes principales d'exploitation. — Influence de l'allure topographique des couches. — Statistique.

Calcaires à chaux grasse, à chaux maigre, à chaux hydraulique; calcaires à ciment. — Qualités physiques et chimiques. Horizons géologiques principaux du calcaire à ciment. *Liasien :* Vassy; *Portlandien :* Boulogne, Portland, etc. *Néocomien :* Saint-Victor (Gard), etc.

Craie. — Horizons divers du *terrain crétacé supérieur* utilisés pour la fabrication du blanc de craie : Meudon, Bougival, Châlons-sur-Marne, Dieppedale, Ste-Catherine-les-Rouen, et pour celle des ciments artificiels : Meudon.

Pierres lithographiques. — Qualités complexes de composition, de structure et d'allure géologique.

Distribution géologique. *Kimméridien :* Pierres de Solenhofen (Bavière), etc.

Numulitique : Pierres de Diano-Marina (Ligurie), etc., etc.

16e et 17e Leçons.

Sulfate de Chaux. — **Pierres à plâtre** des *Marnes irisées* (Dieuze), de *l'éocène* du bassin de Paris : Buttes-Chaumont, Pantin, Argenteuil, etc., *du miocène supérieur* de l'Alsace, de la province de Tocco, des environs de Kîmpina, etc.

Phosphate de Chaux. — Universalité de la répartition du phosphate de chaux dans les roches et les terrains. Différences de structure et de constitution des phosphates suivant leurs modes de gisement : **Nodules** et rognons de phosphate amorphe dans les terrains sédimentaires; **Phosphorite** cristalline dans les amas filoniens; **Apatite** cristalline dans les roches éruptives et dans les filons et veinules recoupant les terrains anciens.

Nodules de Phosphate des terrains sédimentaires. — *Grès silurien* de Podolie et des environs de Saint-Pétersbourg.

Schistes dévoniens phosphatifères du Nassau (remaniés aux époques pliocène et quaternaire).

Schistes houillers phosphatifères de Fins (Allier).

Permien et Trias : Schistes de Fréjus.

Liasien : Nodules de l'Auxois, diffusés dans le calcaire à *Ammonites Bucklandi* et condensés dans le limon pliocène.

Oolithe : Imprégnation phosphatée de l'*oolithe bajocienne* du Calvados et de l'Anjou. Nodules des *argiles calloviennes* de la Franconie, et rognons de *calcaires* phosphatés *oxfordiens* de la Nièvre.

Albien : Nodules des Ardennes, de l'Argonne, de la Meuse, de l'Yonne, de l'Ain, du Nord et du Boulonnais, en France; du Cambridgeshire, en Angleterre; des gou-

vernements de Tambow et de Simbirsk, en Russie, etc. — Importance exceptionnelle et ressources industriellement illimitées de ces gisements. — Limites d'exploitabilité souterraine.

Cénomanien : Nodules du *tourtia* d'Anzin et de l'Argonne (Sainte-Menehould).

Craie turonienne : Concrétions phosphatifères de la craie turonienne du nord de la France : *Tuns* d'Anaples et de Bouvines.

Craie blanche : Imprégnations phosphatées de la craie à *Belemnitella quadrata* du plateau de l'Artois, et du sommet de la craie à *Belemnites mucronatus* des environs de Mons. Concentrations accidentelles des sables phosphatifères dans des poches de la craie à Beauval, Orgeval, Breteuil, Hallancourt, etc., etc.

Éocène : Nodules et concentrations phosphatifères de l'éocène inférieur de Vaugirard, de Ghabès, etc., etc.

Miocène : Crag phosphatifère de Lytton (comté de Suffolk (Angleterre).

Pliocène : Crag phosphatifère du Cotentin (Normandie),

Quaternaire : Nodules remaniés dans les alluvions de Charleston (États-Unis). Importance exceptionnelle de ce gisement.

Apatite des Roches éruptives. — Apatite des *granites* de Bretagne, de Finlande, etc., des *gneiss* du Zillerthal (Bohême) et du versant Est de l'Oural.

Filons d'*amphibolite* de Krageroë, de Buoë et de Odde-Gaarden (Norvège).

Apatite dans les *trachytes tufacés* de Jumilla, près du cap de Gata (Espagne).

Apatite et phosphorite des filons. — Veines d'apatite dans les gneiss et schistes laurentiens du comté de Buckingham (Canada). — Filons de Logrosan et de Cacérès (Estramadure). — Amas filoniens et poches des environs de Caylux et de Saint-Antonin (Quercy). — Caractères distinctifs de ces gîtes : plaquettes et rognons de phosphorite zonée au milieu de terres phosphatées silico-ferreuses. Appauvrissement et terminaison rapide dans la profondeur.

Conditions d'exploitation et d'avenir des gîtes de phosphate de chaux. — Transformations industrielles : Superphosphates et phosphates solubles. — Statistique.

18e Leçon.

MAGNÉSIUM.

Carbonate de Magnésie. — Dissémination de la magnésie dans les calcaires : **Dolomies.** — Filons et veinules de **Giobertite** de Kimasi (île d'Eubée, Grèce). — Importance de ces gîtes pour la confection des garnissages basiques des cornues Bessemer.

Silicate de Magnésie (**Magnésite**, *Écume de mer*). — Gîte d'Eski-Sheir (Asie Mineure), de Tarsus en Karamanie, etc. Gîtes de Bosnie et de Moravie.

STRONTIUM.

Carbonate de Strontiane (**Strontianite**). — Filons et veinules de strontianite dans la *craie blanche* d'Ahlen (Westphalie), etc. — Usage de la strontianite dans les sucreries.

Sulfate de Strontiane (**Célestine**). — Rognons de célestine dans les *marnes miocènes* de Girgenti et de Favara (Sicile). — *Filons de Célestine* de Nyons (Drôme).

19e Leçon.

BARYUM.

Sulfate de Baryte (**Barytine**). — La barytine forme la partie haute du remplissage de quelques filons plombeux. Son remplacement dans la profondeur par du quartz plombo-argentifère. — Exemple des filons d'Aurouze (Auvergne), de Barghe (Val-Sabbia, Lombardie), etc.

Amas de barytine de Fleurus (Belgique), de Confolens.

— Usage de la barytine pour l'épuration des sucres et pour diverses falsifications.

ALUMINIUM.

Oxyde d'aluminium. — **Corindon** : *Rubis* de Bakschan (Tartarie), de Syrian (Pegu, Indoustan), rubis pâle de Ceylan. — *Rubis* et *saphirs* de Mogoat et de Kyot-Pyan, près d'Ava (Birmanie). *Saphirs* de Newton (New-Jersey, de Warwick (New-York), de Pondichéry, de Bilin (Bohême). Saphirs dans le *basalte* de Croustet (France) et dans les *alluvions* d'Espaly (Puy-en-Velay) et des Landes.

Emeri de la côte de Piriac, de Smyrne, de Naxos, etc.

Bauxite : Nappe crétacée de bauxite de l'Hérault (les Baux, Ville-Veyrac) et du Var (Vins et Thoronet). — Gîtes divers de l'Irlande, de la Calabre, du Sénégal, etc.

Fluorure d'aluminium. — Filon de **kryolite** dans le gneiss d'Evigtok (Groënland).

Silicates d'alumine. — **Kaolin** : Définition ; variétés. Origine granulitique des kaolins. — Gîtes de Saint-Yrieix (Haute-Vienne), des Eyzies (Dordogne), etc.

Argiles : Argiles réfractaires. Argiles communes. Terres à poteries. — Distribution géologique.

Argiles réfractaires *néocomiennes* de Forges-les-Eaux; Argile plastique *éocène* de Vaugirard, etc.

Silicates complexes : Filons d'Amblygonite stannifère de Montebras (Creuse); utilisation de la *Lithine*. — **Émeraudes** de Muzo (Colombie). — **Amiante** des Alpes et du Canada. — **Grès argileux** *triasiques* pour meules de Merviller et de Phalsbourg (chaîne des Vosges), des environs de Stuttgart, etc.

Pierres siliceuses diverses pour la construction et l'ornementation : — Grès à pavés. Granites ; porphyres ; trachytes, etc.

Meulières : Argiles à meulières de la Brie et de la Beauce. Meulières du plateau de Born (Dordogne), etc.

20e et 21e Leçons.

SOURCES MINÉRALES.

Classification des sources d'après les substances dissoutes :

Sources chlorurées : chlorurées sodiques, simples ou avec sulfures, sulfates et carbonates, sources chlorurées magnésiques ; sources chlorurées calciques.

Sources chlorydriquées : sources sulfurées ; sources sulfuriquées ; sources sulfatées, sodiques, calciques, magnésiques, ferreuses, alumineuses, complexes ;

Sources carbonatées : sodiques, calciques, ferriques, etc. ; *sources silicatées ;*

Exemples-types, analyses.

Relations géologiques. — Influence des eaux superficielles et des terrains traversés sur la constitution et le régime des sources minérales. Action des sources sur les roches encaissantes. Minéraux provenant d'un métamorphisme local.

Origine des substances apportées par les eaux minérales.

Genèse des sources. — Eaux phréatiques ; eaux artésiennes ; sources thermales ; geysers.

22e et 23e Leçons.

Monographie d'une source. — Composition, température, débit, propriétés, captage et travaux divers.

Étude de quelques sources. — Vichy, Plombières, Bourbonne, Bourbon-l'Archambault, Bagnères-de-Luchon, etc. (France) ; Hammam-Meschkoutine (Algérie) ; Carlsbad (Bohême) ; Piattigorsk (Caucase), Steamboat-Spring (Nevada) ; Grotto-Geyser (National-Park, États-Unis), etc.

MÉTAUX USUELS.

24e, 25e et 26e Leçons.

FER.

Oxydes de fer : Magnétite, fer oligiste, hématite rouge,

hématite brune (hydratée). — Distribution de ces divers minerais dans l'échelle géologique des terrains et des roches. Variations de texture et de pureté en relation avec l'âge et le mode de gisement.

Minerais subordonnés aux schistes anciens et aux terrains sédimentaires.

Schistes cristallins : Amas de Diélette (Manche), de Casa-Branca (Portugal, de Mockta-el-Hadid (Algérie), etc.

Silurien et *dévonien :* Amas de Villa-Cañas (Espagne), de la Belgique, de la Saxe, de Krivoi-Rog (Russie).

Carbonifère : Sphérosidérites des bassins houillers de la Ruhr, de l'Angleterre, etc.

Permien et *Trias :* Hématite rouge manganésée de la Sierra de Carthagène, etc.

Lias : Couche d'hématite brune de la Moselle et du Cleveland, etc.

Oolithe : Hématite de l'Ardèche; amas d'Hématite de Vic-Dessos.

Néocomien : Couches d'hématite brune en grains de la Haute-Marne, etc.

Cénomanien : Amas d'hématite brune en grains des Ardennes, etc.

Craie : Couches d'hématite rouge de Bilbao.

Tertiaire : Minerais dits Sidérolithiques; Minerais en grains du Berry.

Minerais éruptifs et filoniens. — Amas filoniens de la Suède : 1) *Groupe à gangue granitique* (*Jern granit* et *Jern gneiss*) : Gellivåra, Svappåvåra, Luosåvåra (Laponie, de Folberg (Norvège), etc.

2) *Groupe à gangue de Skärn* (*Arendalite*) *:* Persberg (Dalécarlie), Nya Kopperberg (Wermland), etc.

3) *Groupe à gangue de calcite :* Dannemora (Wermland).

Filons de la côte d'Arendal. — Amas filoniens post-pyrénéens de la Tafna (Algérie), de l'île d'Elbe, de l'Ariège, du Canigou (Pyrénées-Orientales), etc.

Fer carbonaté : Sidérose; Fer spathique.

Filons et amas filoniens d'Allevard (Isère), du pays de Siegen (Prusse), d'Eisenerz (Styrie), de la Mouzaïa et de Gourayas (province d'Alger).

Fer chromé. — Connexion du fer chromé et des éruptions serpentineuses. Gîtes d'Orsowa (Banat, Autriche), de l'Asie Mineure, de Thio (Nouvelle-Calédonie), etc.

Fer titané. — Amas de fer titané de la Suède, de l'Oural, des États-Unis, du Canada, etc.

Considérations générales sur l'allure des gîtes de fer : Richesse; accidents; limite d'exploitabilité. — Recherche et mise en valeur. — Déplacement des grands centres d'exploitation selon les progrès de la métallurgie. — Statistique.

Sulfures de fer. — Pyrite jaune et Marcasite : Voir *soufre*.

Pyrrotine (nickelifère) : Voir *nickel*.

Pyrite arsénicale. — *Mispickel aurifère :* Voir *or*.

MANGANÈSE.

Oxydes de manganèse : Pyrolusite, Acerdèse, Braunite. — Gîtes subordonnés aux terrains sédimentaires. Couches de Pyrolusite et de Braunite, intercalées à la base du *terrain tertiaire* de Kwirili (Caucase).

Couches de Pyrolusite *miocène* des environs de Ciudad-Real (Espagne).

Gîtes filoniens : Filon d'Ihlefeld (Harz). — Amas filoniens de la Serena (Espagne), de Romanèche et des Pyrénées, etc.

Gîte éruptif. — Nappe d'oxydes de manganèse et d'hématite avec gangue de calcédoine, intercalée dans les trachytes de l'île de San-Pietro (Sardaigne), etc.

27e Leçon.

ÉTAIN.

Oxyde d'étain. Cassitérite.

Gîtes alluvionnels. — Sables stannifères de la Bretagne, du Cornwall, de l'Australie, des îles de la Sonde (Banca, Bornéo), de la presqu'île de Malacca (Perak, Kliang-Lalang), des environs de Cao-Bang et des lacs Ba-Bè (Tonkin), etc.

Gîtes filoniens. — *Filons anciens* de Cassitérite, à gangue de quartz, de mica, de wolfram et de mispickel, en relation avec les granulites et les greisen.

Filons du Cornwall, de la Villeder (Morbihan), de Vaulry et de Montebras (Creuse), de Zinnwald et d'Altenberg (Saxe), de Zamora (Espagne), de Texuguieras (Portugal), de Mount Bishop (Tasmanie), etc.

Filons tertiaires de la Toscane, de San-Luis de Potosi.

28e, 29e et 30e Leçons.

CUIVRE.

Sulfures, arséniosulfure et **carbonate de cuivre : Chalcosine, Chalcopyrite, Tétraédrite, Malachite.**

Gîtes subordonnés aux schistes cristallins et aux terrains sédimentaires. — *Schistes anciens :* Gîtes de Röraas et de Kaafjord (Norvège), etc.

Permien et Trias : Schistes cuprifères du Mannsfeld. — Grès cuprifères de la Hardt, de Coro-Coro (Bolivie), etc.

Gîtes éruptifs stratifiés. — Nappes cuivreuses intercalées dans les tufs trachytiques de la Basse-Californie : Gîte du Boléo. — Gîte d'Akhtala (Caucase).

Gîtes filoniens. — Amas filoniens de pyrite avec imprégnations cuivreuses : Gîtes de la province de Huelva et de l'Alemtejo, Rio-Tinto Tharsis, Alosno, Santo-Domingo, La Caveira. — Gîte de Vigsnaes (Norvège).

Filons de chalcopyrite. — Filons divers des environs de Meyrueis (Lozère), de la côte Cantabrique, de la Sierra-Guejar et Sierra-Nevada (Andalousie). Filons de Chalcopyrite avec cuivre gris subordonné de l'Oural et de l'Altai. Filons de Chalcopyrite et de Philippsite de l'Anaconda (comté de Bute) et du Montana (États-Unis), de Carrizal, de Lota, de Coronel, du Cerro-Blanco, près Cauquenès (Chili), etc.

Filons de cuivre natif de Calumet and Hécla (Lac Supérieur).

Filons de chalcopyrite aurifère de Kritz (Alpes Styriennes), d'Utica (Colorado).

Filons de cuivre gris. — Nature spéciale de ces filons : Association du cuivre gris et du fer spathique. Présence de l'argent. — Caractère adventif du cuivre gris dans le remplissage. — Filons de Guejar-Sierra, de Guadiz (Sierra-Nevada), de la Mousaïa (province d'Alger), du Djebel-Telouine (Petite-Kabylie), etc.

Filons d'injection. — Serpentines et gabbros cuprifères. — Rognons des divers sulfures de cuivre et de fer : chalcosine, philippsite et chalcopyrite. — Décroissance de la richesse en profondeur : — Gîtes de la Prugne (Allier), de Ponte alla Leccia (Corse), de Monte-Catini, de Rocca-Tederighi (Toscane), etc.

Considérations générales sur le développement des mines de cuivre. — Influence des procédés métallurgiques. — Statistique.

31e et 32e Leçons.

ZINC.

Carbonate de zinc : Smithsonite. — Hydrosilicate de zinc : Calamine. — Sulfure de zinc : Blende.

Gîtes subordonnés aux schistes cristallins et aux terrains sédimentaires.

Gneiss avec lentilles, veines et mouches de blende d'Åmmeberg (Scandinavie), et d'Etkis (Finlande), etc.

Schistes micacés avec lentilles de blende de la Sierra de Carthagène. — Couches de calamine et de terres calaminaires, amas et imprégnations calaminaires du *Muschelkalk* de la Silésie. — *Calcaires liasiques* à mouches de blende de Clairac et de Carnoulès (Gard), etc.

Gîtes filoniens. — Filons et amas calaminaires filoniens de la Vieille-Montagne, du Bleyberg, de Welkenraedt, etc. (Belgique); de Monte-Poni, Malfidano, Monte-Agrugiau, San-Giovanni, etc. (Sardaigne); du Laurium (Grèce), de Fillahoussen (Algérie), de la Sierra de Carthagène, des Asturies, etc. — Formes spéciales de ces gîtes. — Leur relation avec les filons sulfurés.

Filons de Blende de Meyrueis (Lozère), Clairac (Gard), Lautenthal (Saxe), Pontpéan (Ille-et-Vilaine), etc.

Association de la blende et de la galène dans les appareils métallifères complexes. — Caractère spécial de la métallurgie du zinc : Sa concentration obligée dans un petit nombre de centres industriels; influence de cette concentration sur la limite d'exploitabilité des gîtes de zinc. Diagrammes. — Statistique.

32e et 33e Leçons.

PLOMB.

Sulfure, carbonate et phosphate de plomb.

Gîtes subordonnés aux formations sédimentaires. — *Grès plombifères triasiques* de Saint-Avold (Moselle), de Mechernich (Prusse Rhénane), de Carnoulès (Gard), etc.

Muschelkalk plombifère de la Lombardie.

Epanouissement et imprégnation de cérusite et de galène dans les calcaires et les schistes du Baranco del Frances (Sierra de Carthagène).

Gîtes filoniens. — Filons de galène plus ou moins **argentifère**, avec **cérusite, pyromorphite** et **anglésite** subordonnées de Huelgoat (Bretagne), des environs d'Iglesias (Sardaigne), d'El Horcajo, de Mazzaron et d'Almeria (Espagne), de Leadville (Colorado), etc.

Filons de galène plus ou moins **argentifère** avec **blende et pyrite** subordonnées du Bleyberg-ès-Montzen, de Dikenbusch, etc. (Belgique), des environs d'Ems (Nassau), des vallées Trompia, Sabbia et Sassina (Lombardie), de Castuera et de Linarès (Estramadure), de Vialas et de Meyrueis (Lozère), de Florac (Gard), de Pontgibaud (Puy-de-Dôme), de Bingham (Utah, États-Unis), etc.

Filons de galène avec cuivre gris argentifère de Recuay (Province de Huaraz, Pérou), etc. — Succession des minerais dans la profondeur : Disparition des minerais oxydés et du cuivre gris. Diminution de la blende. Persistance de la galène et de la pyrite. — Statistique.

34e Leçon.

COBALT.

Oxyde. Sulfure, arséniure, arsénio-sulfures de cobalt.

Gîtes subordonnés aux terrains anciens. — Mouches et lentilles de **cobaltine** dans les *micaschistes* et *schistes amphiboliques* de Skrytterud (Norvège) et dans le *gneiss* d'Åmmeberg et de Vehna (Suède).

Gîtes filoniens. — Veinules et grains d'**oxyde noir de cobalt**, dans le minerai de fer carbonifère de Fall-Hirradug (Flintshire). — Filons d'oxyde noir de cobalt de Gistain (Province de Huesca, Espagne). — Mouches de **chloantite** dans les filons d'Useglio et de Bruzolo (Piémont), de Joachimsthal (Bohême), de Sainte-Marie-aux-Mines (Alsace), de Nijni-Tagilsk (Oural).

Gîtes subordonnés aux roches éruptives. — Filons d'injection d'argile magnésienne et de serpentine avec oxyde noir de cobalt du Mont-d'Or (Nouvelle-Calédonie).

NICKEL.

Silicate, sulfure, arséniure et arsénio-sulfure de nickel. Arsénio-sulfure de nickel et de cobalt.

Gîtes subordonnés aux terrains anciens. — Imprégnation de Pyrrotine nickelifère dans les *micaschistes* et les *schistes amphiboliques* de Ringgericke (Norvège), etc.

Gîtes filoniens. — *Amas* de *Pyrrotine nickelifère* et *cobaltifère* de Valmaggia, Parom et Locarna (Val Sésia, Piémont). — *Filons de nickel et de cobalt* des Pyrénées, d'Ayer (Suisse), d'Aguilas (Espagne), du Cornwall, de Schneeberg (Saxe), etc. — Gîte de Schladming (Styrie) : Concentration spéciale des minerais nickelifères de ce gîte à l'intersection des filons et des *branden*, schistes imprégnés de pyrites arsenicales.

Gîtes éruptifs. — *Filons d'argile magnésienne* avec hydrosilicate de nickel (**Pimélite**) de la Nouvelle-Calédonie.

ANTIMOINE.

Sulfure d'antimoine. — Filons de **stibine** de La Licoulne et du Valadou (Haute-Loire), de Gondomar (Portugal), des environs de Pa-Koi (Chine), etc.

BISMUTH ET TUNGSTÈNE.

Bismuth natif. Sulfure de bismuth. Acide tungstique. (**Wolfram.**) **Tungstate de chaux.** (**Schéelite.**)

Filons de *bismuth* et de *wolfram* de Meymac (Auvergne). Filons de bismuth de Joachimsthal (Bohême) ; de la Bolivie, etc. — Filons de *schéelite* de Waipori et du Lac Wakatipu (Nouvelle-Zélande).

ARSENIC.

Amas d'**arsenic natif** dans les filons nickelifères de Schladming (Styrie).

Filons de **mispickel aurifère** de Bonnac (Voir *or*).

Filons complexes de galène, de chalcopyrite et de mispickel, de la Higuera (plateau de la Serena, Espagne), etc.

35e et 36e Leçons.

GÎTES A REMPLISSAGE MÉTALLIFÈRE COMPLEXE.

Cuivre, Zinc, Plomb et Argent.

Systèmes métallifères du centre de la France, du Hartz, de Freyberg, de Schemnitz, de Przibram, etc.

Étude des directions, des âges, des zones d'enrichissement normales ou accidentelles, mécaniques ou chimiques. — Lois expérimentales. — Associations-types de minerais.

MÉTAUX PRÉCIEUX.

37e et 38e Leçons.

MERCURE.

Gîtes intercalés par imprégnation filonienne dans des couches sédimentaires. — Cinabre imprégnant le *calcaire carbonifère* de la côte Cantabrique, les *grès* et *schistes* houillers de Nikitowka (bassin du Donetz) (Russie méridionale), les calcaires et *schistes triasiques* d'Idria et de Potoschnig (Carniole), l'*argile jurassique* (?) de Reynosa (Asturies), l'*argile tertiaire* du Monte-Amiata, près Siele (Toscane).

Gîtes filoniens d'Idria (Carniole), d'Almaden et de Miérès (Espagne) ; de Sulphur-Bank dans les *trachytes* miocènes de la Californie ; de Guadalupe, de Los Reyes (Mexique), etc.

Filons d'injection serpentineuse avec zônes d'imprégnation cinabrifère de New-Almaden, Reddington, Great Western (Californie), etc.

Incrustations de mouches de cinabre dans le tuf de la solfatare de Pouzzoles, et dans la silice geysérienne de Steamboat-Spring (Nevada) et du Grand-Geyser d'Islande. — Statistique.

PLATINE.

Alluvions platinifères de Platinsk, de Nijni-Tagilsk (Oural), etc.

Alluvions marines contenant de l'or, du platine, de l'iridium et des gemmes du littoral de l'Orégon (États-Unis).

39e et 40e Leçons (40e partiellement).

ARGENT.

Gîte subordonné aux terrains anciens. — Argent combiné avec la silice dans la chlorophyllite aurifère de Randolf (Caroline du Nord).

Gîtes filoniens. — **Filons de plomb, de zinc et de cuivre argentifères** (Voir plus haut).

Filons d'argent proprement dits. — Filons de l'Argentière (Isère), de Sala (Suède), de Kongsberg (Norvège), de Guadalcanal et de Hien de la Encina (Espagne), de Bingham, de Lexington, du Comstock (Montagnes-Rocheuses, Colorado), de la Sierra Madre mexicaine : (Districts de Fresnillo, Zacatécas, Batopilas, Guanajuato, Quatorce, Sultepec, Huantla, Pachuca, Chihuahua, etc.).

Filons d'argent avec cuivre gris associé de la Sonora. — Districts du Carmen, de Baccunachi, etc. (Mexique). Filons des districts d'Huanchaca et d'Aullagas (Bolivie), de la province de Huaraz (Pérou), du district de Famatina (République Argentine), des districts de Caracoles, Chanarcillo, Tres Puntas, Lomos-Bayas, Vallenar (Chili), etc.

Formes types de ces divers gites. — Imprégnation des calcaires au contact des roches éruptives ou schisteuses. — Bonanzas. — Succession des minerais dans la profondeur. — Modes spéciaux de traitement. — Limite d'exploitabilité. — Statistique.

(40e fin), 41e et 42e Leçons.

OR.

Gîtes subordonnés aux roches cristallines et aux terrains sédentaires :

Gneiss aurifère de la Sibérie.

Schistes amphiboliques et *chlorophyllites* aurifères de Randolph (Caroline du Nord). Schistes quartzo-micacés (*Itabirite* et *Itacolumite*) aurifères du Brésil.

Poudingues siluriens (*Reefs*) du White-Water Strand (Transvaal, Afrique), du Queensland, de la Tasmanie et de la Nouvelle-Zélande. — *Schistes siluriens et dévoniens* aurifères de Gippse Land (Victoria).

Pouddingue houiller aurifère de la vallée du Gardon (Cévennes).

Argiles à meulières manganésées avec traces d'or *éocènes* (Brie) et *miocènes* (Beauce), du bassin de Paris.

Alluvions aurifères. — *Alluvions pliocènes* affleurant sur les plateaux : North Bloomfield (Californie), Stony Creek (Ballarat), etc. Alluvions pliocènes recouvertes par des laves (*deep leads*), Golden River (Colorado), Table Mountain (Tuolumne Cy), Golden Point Gutter (Ballarat), etc.

Alluvions quaternaires (*Shallow placers*) : Alluvions du Gardon, de l'Ardèche, du Val-d'Aran, de l'Ariège, des Pyrénées ; du Rhin ; de la Màros (Transylvanie) ; du Pactole (Grèce) ; du Rio Sil (Galice) ; du Genil (Andalousie).

Alluvions de l'Obi, de l'Yénisséi, de la Léna et de leurs affluents (Sibérie), du Dewalah et du Nadjpur (Inde) ; du Mékong, du Fleuve Rouge (Indo-Chine) ; du Set-Tchoan, du Yun-Nân et du Quang-Si (Chine), de la Corée et du Japon, etc.

Alluvions du Haut-Nil, de l'Assynie, de la Falémé (Sénégal), de la Côte-d'Or, du Zambèze, du Waal, du Fleuve Orange, de Madagascar (Afrique), etc., etc.

Alluvions du Sacramento et de ses affluents : Feather River, Bear River, American River, etc. (Californie). — De la Guyane, de la Colombie, de l'Australie, de Bornéo, de la Tasmanie et de la Nouvelle-Zélande, etc.

Méthodes spéciales d'exploitation et de traitement : Sluices ; méthode hydraulique. — Limites d'exploitabilité. — Genèse des Placers.

Gîtes subordonnés aux roches éruptives. — *Diorites aurifères* de Sibérie. *Granite aurifère* des Black Hills (États-Unis). *Trachyte aurifère* d'Abrudbànya-Verespatak

(Transylvanie), etc. — *Serpentine aurifère* de la Sierra Nevada (Espagne), de l'île Saint-Domingue, etc.

Gîtes filoniens. — **Filons de quartz aurifère** d'Alagna (Mont Rose), de Gondo (Simplon), du Val d'Anzaska (Piémont), des Pyrénées, des Hohen-Tauern (Salzbourg), de Schemnitz et de Rotha (Hongrie), de Zalathna, Boitza (Transylvanie), du Hardanger Fjord (Norvège), etc.

Filons de **quartz aurifère avec pyrites** de Bérézowsky (Oural), de l'Altaï, du Dewalah (Inde). — Filons du Cap et du Transwaal (Afrique).

Filons de l'Alaska, des Montagnes-Rocheuses (Colorado), de la Sierra Nevada (Californie), du Montana et de l'Idaho (États-Unis), etc.; Filons d'Oajaca (Mexique), de Santa-Cruz (Honduras), du Guatemala, des Guyanes, du Callao et du Nacupay (Caratal, Venezuela), d'Ouro-Preto (Brésil), etc. Filons de Famatina, de Tomalasta (République Argentine), de la province de Santa Ernestina (Uruguay), du district de Tres Puntas (Chili), etc.

Filons de Bathurst, de Turon (Nouvelle-Galles du Sud), de Bechworth, Bathurst et Ballarat, etc. (Victoria).

Quartz aurifère de Supaycang et de Salida (Sumatra).

Filons de pyrite aurifère : Amas filoniens pyriteux de la province de Minas-Geraës (Brésil), etc.

Filons de Chalcopyrite aurifère : de Kritz (Alpes styriennes), d'Utica de Boulder C^y, de Gilpin C^y (Colorado), etc.

Filons de Mispickel aurifère des environs de Bonnac (Cantal).

Filons de Cuivre gris auro-argentifère de Guejar (Andalousie), etc.

Filons de Tellurure d'or : Filons d'Offenbanya, de Nagyag (Transylvanie), du Comté de Boulder (Colorado), etc.

Associations minérales. — Loi de diminution de l'or dans la profondeur. — Méthodes spéciales d'utilisation des minerais. Limites d'exploitabilité. — Emploi. — Disparition. — Statistique.

LEÇONS DE TOPOGRAPHIE.

M. PELLETAN, ingénieur des mines, chargé de leçons.

1re Leçon.

GÉNÉRALITÉS.

Planimétrie et hypsométrie. Méthodes diverses de levers de plans. Nivellement. Opérations mixtes. Canevas et détails.

Instruments de mesure. — Appareils pour mesurer les distances. Goniomètres. Viseurs à pinnules. Lunette astronomique. Niveau à bulle. Limbes gradués. Verniers. Boussoles, mires et supports.

2e Leçon.

GÉNÉRALITÉS (SUITE).

Corrections à faire subir aux mesures. — Cas où ces corrections sont utiles. Influence de la courbure de la terre. Influence de l'altitude des points. Réfraction. Réduction des observations au centre de la station.

Notions sur la théorie des erreurs. — Erreurs accidentelles; systématiques; matérielles. Loi des écarts. Courbe de la cloche. Méthode des moindres carrés. Application à la fermeture d'un polygone; à une triangulation.

3e Leçon.

LEVERS SUR LE TERRAIN.

Mesure des distances. — Jalonnage; chaîne, règle et appareils divers. Stadias, tachymètres : lentille anallatique. Correction de Reichenbach; du colonel Goulier; de Porro, précision des appareils.

4e Leçon.

Appareils d'arpentage; alidade à pinnules et à lunette. Usage de l'appareil. Vérifications.

Équerre d'arpenteur ; équerres à réflexion ; pantomètre d'arpenteur. Graphomètre.

5e Leçon.

LEVERS SUR LE TERRAIN (SUITE).

Goniomètres. — Notions sur le cercle à réflexion, l'octant et le sectant. Cercle géodésique. Cercle d'alignement. Lunette d'alignement.

6e Leçon.

Lever au théodolite. — Théodolite de Combes. Théodolites centrés ; dispositifs divers ; réglage de l'appareil. Mines et supports. Usage du théodolite. Report sur le plan.

Boussole d'arpenteur et instruments divers. — Boussole carrée. Boussole centrée. Boussole anglaise. Vérification et usage de l'appareil. Report sur le plan.

7e Leçon.

LEVERS SUR LE TERRAIN (SUITE).

Nivellement. — Principes du nivellement. Mires à voyant. Mires parlantes. Niveaux sans lunettes. Niveaux à lunette de Lenoir, d'Égault, de Bourdaloue. Niveau de pente de Chézy. Niveau Aïta.

Nivellement de haute précision. Discussion des observations.

8e Leçon.

LEVERS SUR LE TERRAIN (SUITE).

Applications. — Étude du sol. Lever de la ligne de base. Profils en travers. Courbes de niveau. Préparation des projets. Avant-projet d'une route. Cubature des terrassements. Jalonnage des alignements. Tracé des courbes. Rattachement des levers de détail au canevas. Tracé sur le terrain d'une ligne figurée sur un plan.

9e Leçon.

OPÉRATIONS SOUTERRAINES.

Lever à la boussole suspendue et à l'éclimètre. — Établissement du polygone funiculaire. Mesure des côtés. Éclimètre. Boussole suspendue. Usage de l'appareil. Perturbation de l'aiguille aimantée. Vérification de la boussole, son emploi dans les mines magnétiques. Boussoles à limbe mobile. Compas d'angle.

10e Leçon.

OPÉRATIONS SOUTERRAINES (SUITE).

Lever au théodolite des mines. — Dispositifs employés pour l'éclairage du réticule et des mires.

Boussole d'arpenteur.

Nivellement dans les mines.

11e Leçon.

PROBLÈMES DIVERS RELATIFS AUX PLANS DES MINES.

Tracé de la méridienne. — Sa représentation sur le carreau de la mine. Sa détermination : par la méthode cartographique ; par l'observation des étoiles ; par l'observation du soleil. Comparaison des méthodes.

Orientation des plans de mines. — Cas où les travaux communiquent au jour, par une ou plusieurs galeries ; par plusieurs puits ; par un seul puits.

Chaînage des puits. — Méthode de Firminy : méthodes diverses.

12e Leçon.

LEVERS EXPÉDITIFS.

Méthodes employées pour les levers expéditifs. — Leur utilité. Détermination des coordonnées géographiques d'un lieu. Lever rapide d'un cheminement. Emploi combiné du tachymètre et de la boussole. Méthodes diverses.

Nivellement barométrique. — Baromètre de Fortin. Baromètres anéroïdes. Formules de calcul.

COURS DE MACHINES

ET ATELIERS DE CONSTRUCTION INDUSTRIELLE.

M. SAUVAGE, ingénieur des mines, Professeur.

MACHINES

1re Leçon.

Généralités. — Division des machines en moteurs, mécanismes, opérateurs. — Divisions principales du cours : 1° moteurs thermiques (moteurs à air chaud, à gaz, à vapeur); 2° hydraulique et moteurs hydrauliques; 3° pneumatique, air comprimé, moteurs éoliens; 4° quelques opérateurs non décrits dans les autres cours (machines frigorifiques; machines-outils pour le travail des métaux); 5° construction des machines, études, installation des ateliers.

Moteurs a air chaud. — Application de la théorie des gaz parfaits. — Rendement du cycle de Carnot; régénérateurs. — Trois classes de machines : 1° à masse d'air constante : machines de Stirling, de Franchot et dérivées; 2° machines d'Ericsson et dérivées; 3° machines à foyer clos soufflé.

2e et 3e Leçons.

Moteurs a gaz. — Description sommaire du fonctionnement des moteurs des quatre genres (à explosion sans compression; à explosion avec compression; à combustion sous pression constante; atmosphériques).

Combustion des mélanges de gaz et d'air. — Température atteinte à volume constant : causes qui la limitent vers 2000°. — Cas d'un excès d'air ou de gaz inertes; effet de la compression.

Cycles théoriques du travail des gaz dans les moteurs des quatre genres; leur rendement.

Causes de diminution du rendement : Action des parois, enveloppe à circulation d'eau, moyens d'en atténuer l'effet fâcheux, avantages des mélanges pauvres. Autres causes de diminution de rendement. — Diagrammes relevés sur les machines, essais. — Faiblesse théorique et élévation pratique des rendements réels.

Emploi de gaz de gazogène : conditions à remplir. — Gaz à l'eau; gaz Dawson. — Air carburé par essences; emploi des huiles lourdes, appareil Brayton.

Description des moteurs : Moteur Otto, distribution, allumage, régularisation, type à deux cylindres; prix de revient du cheval-heure. — Revue des types principaux : 1er genre, Lenoir, Hugon; 2e genre, Lenoir, D. Clerk, Benz, Rollason; 3e genre, Brayton; 4e genre, Otto-Langen, Bisschop.

Applications des moteurs à gaz.

4e, 5e et 6e Leçons.

Machines a vapeur. — Modes divers du travail de la vapeur dans les cylindres; principaux organes; résumé historique.

Travail de la vapeur dans les machines a un seul cylindre. — Périodes de pleine pression, de détente, d'échappement. — Courbes de détente de la vapeur : formules empiriques de Zeuner. — Hypothèses diverses. —Détente adiabatique de la vapeur humide; étude d'après les formules de la thermodynamique : tableau graphique de M. Pochet.

Limites extrêmes de température entre lesquelles fonctionne la vapeur. Rendement du cycle de Carnot; causes de réduction de ce rendement :

1° Le cycle théorique du travail de la vapeur n'est pas le cycle de Carnot;

2° Effet de l'eau mélangée à la vapeur;
3° Détente généralement incomplète;
4° Effet de l'espace libre; compression de la vapeur;
5° Influence des parois; enveloppes de vapeur;
6° Transformation du travail indiqué en travail effectif.

7e et 8e Leçons.

Étude d'une machine existante. — Indicateurs de Watt, Richard, Garnier; indicateur M. Deprez. — Diagrammes. — Quantité de chaleur fournie par la chaudière : moyens de la déterminer. — Expériences de M. Hirn; du Creusot, sur une machine Corliss.

Calcul d'un cylindre devant produire un travail donné, avec une détente donnée. — Formule simplifiée de Poncelet et Morin. — Emploi des méthodes graphiques.

Résumé. — Types les meilleurs de machines à un cylindre.

Vapeur surchauffée. — Étude théorique; loi de Hirn; ses expériences. — On ne peut appliquer le théorème de Carnot, entre les limites extrêmes de température, à la vapeur surchauffée. — Raisons pratiques du peu d'emploi de la surchauffe.

9e et 10e Leçons.

Travail de la vapeur dans les machines a plusieurs cylindres successifs. — 1° Machine compound à réservoir. — Machine à un seul cylindre équivalente comme travail. — Réduction de l'influence des espaces libres et des parois dans la compound : ses avantages au point de vue du rendement thermique. — Diagramme totalisé. — Volume du réservoir : calcul des variations de pression. — Positions relatives diverses des deux pistons. — Principales dispositions des machines de ce genre.

Calcul des cylindres pour produire un travail donné.

2° Machine de Woolf proprement dite, sans réservoir et à détente simultanée dans les deux cylindres; avantages de la compound à réservoir.

3° Machine à triple, à quadruple expansion. — Emploi des pressions élevées et des fortes détentes.

4° Machines à vapeurs combinées.

11e, 12e et 13e Leçons.

Distribution de la vapeur. — Tiroir ordinaire à coquille. — Recouvrements extérieur et intérieur. — Avance à l'échappement, à l'admission.

Conduite par un excentrique unique : elle ne permet pas d'obtenir telle distribution qu'on désire. — Avance angulaire.

Étude géométrique du déplacement du tiroir. — Diagramme de Zeuner. — Épure elliptique, sinusoïdale.

Augmentation de la détente dans les machines rapides par suite du laminage de la vapeur.

Tiroirs géométriquement équivalents au tiroir ordinaire : tiroir à lumières multiples, tiroirs solidaires, tiroir à canal. — Pression sur le tiroir : tiroirs équilibrés. — Travail absorbé par la distribution. — Distribution par pistons.

Changement de marche et détente variable avec un seul tiroir. — Coulisses de Stephenson, de Gooch, d'Allan. — Distributions Walschaert, Marshall, Joy, etc. — Marche au point mort de la coulisse. — Théorie de la contre-vapeur; son emploi.

Distributions à double tiroir : Gonzenbach, Farcot, Guinotte, Meyer, Rider.

Distributions à robinets tournants : machine Corliss.

Distribution à soupapes : machine de Cornouailles.

Appareils de changement de marche; servo-moteurs.

Applications aux machines à plusieurs cylindres en succession.

14e Leçon.

Variations de l'effort moteur sur l'arbre d'une machine à un cylindre; force d'inertie des pièces à mouvement alternatif. — Machine à deux cylindres avec manivelles à 90°, ordinaire et compound. — Cas de plusieurs cylindres. — Démarrage dans les diverses positions. — Dispositifs pour assurer le démarrage des compounds à deux cylindres.

Volants; application des formules données dans le cours de mécanique.

Applications des régulateurs; mode d'action : action sur la pression dans la boîte à vapeur; sur la détente.

15e Leçon.

Description et étude dynamique des principaux organes des machines. — Bâtis; fondations. — Pistons, bielles, arbres moteurs, paliers, coussinets : pression par centimètre carré à ne pas dépasser. — Graissage des cylindres et des mécanismes. — Courroies et câbles sans fin : influence de leur extension; câbles télédynamiques.

Frottements dans les machines à vapeur.

16e, 17e et 18e Leçons.

Description des principaux types. — Machines à balancier; à connexion directe; machines à grande vitesse.

Machines rotatives.

Moteurs d'atelier; machines d'extraction; moteurs d'épuisement et d'élévation d'eau; moteurs des soufflerie, des laminoirs (tous ces types, sauf les moteurs d'ateliers, sont examinés avec détails spéciaux dans d'autres cours).

Locomobiles et machines demi-fixes.

Machines marines. — Machines oscillantes, à fourreau, à bielle renversée, pilon.

Du choix d'un type pour un usage donné.

Prix de revient du cheval-heure.

19e Leçon.

Condenseurs et annexes. — Condenseur à injection; quantité d'eau à employer; volume d'air à extraire; volume de la pompe à air; travail absorbé. — Condenseur à surface; pompe de circulation. — Détails divers sur les appareils.

Rafraîchisseurs d'eau de condensation.

20e Leçon.

Chaudières. — Trois genres principaux : 1° Chaudières sans tubes, à foyer extérieur; bouilleurs; à foyers intérieurs.

2° Chaudières tubulaires. — Type de locomotive; types de la marine.

3° Chaudières tubulées, à eau dans les tubes; types Belleville, Dutemple, etc. — Chaudières à petits éléments.

21e Leçon.

Combustion. — Foyers, grilles. — Tirage naturel et forcé. — Quantité de calories produites; utilisation du combustible. — Surfaces de chauffe, de grille. — Influence de la quantité d'eau contenue dans la chaudière. — La question de la fumivorité est traitée dans le cours de métallurgie.

Combustibles liquides et gazeux.

22e et 23e Leçons.

Alimentation. — Pompe alimentaire. — Bouteille alimentaire. — Réchauffage de l'eau. — Injecteurs, aspirants ou non, Giffard, Friedmann, etc. — Injecteur à vapeur d'échappement.

Influence et dangers des matières grasses contenues dans l'eau d'alimentation ; emploi de l'eau de condensation dans le condenseur à surface.

Nature de l'eau d'alimentation : procédés d'épuration ; anti-incrustants. Lavages et nettoyages des chaudières.

24e Leçon.

Accessoires des chaudières. — Appareils réglementaires ; soupapes de sûreté ; niveaux d'eau ; manomètres. — Appareils de retenue ; cas de plusieurs chaudières communiquant ; appareils de retenue automatiques sur les prises de vapeur. — Visites et épreuves des chaudières sous le rapport technique.

Explosions. — Leurs causes : vices de construction, défaut d'entretien ; corrosions intérieures, extérieures ; tôles en contact avec des maçonneries humides. — Négligences dans la conduite des appareils ; excès de pression, défaut d'alimentation.

25e, 26e et 27e Leçons.

Hydraulique. — Mouvement permanent, varié. — Équation de continuité. — Cas d'évaluation directe de la pression. — Théorème de D. Bernoulli. — Extension au cas des liquides visqueux, au mouvement relatif.

Écoulement par un orifice en mince paroi, de petites dimensions. — Orifice circulaire, de formes diverses. — Orifices munis d'appendices : orifice parfaitement évasé ; ajutage rentrant de Borda. — Grands orifices en mince paroi. — Orifice noyé. — Vanne rectangulaire. — Déversoir de superficie.

Changements brusques. — Théorème de Bélanger. — Ajutage cylindrique ; buse divergente ; ajutages convergents. — Canal de fuite.

Écoulement varié. — Sas d'écluse.

Tuyaux de conduite. — Expression empirique du frottement du liquide. — Pertes de charge dans les rétrécissements, les coudes, etc. — Problème de la conduite simple. — Projets de distribution d'eau.

Canaux à ciel ouvert. — Régime permanent, uniforme. — Canal d'amenée sur un moteur hydraulique. — Galerie d'écoulement. — Régime permanent varié.

Ressaut.

Jaugeages ; mesure du débit, de la vitesse des cours d'eau dans les différents cas.

28e et 29e Leçons.

Moteurs hydrauliques. — Création d'une chute d'eau avec les accessoires.

Formule générale du rendement d'un moteur hydraulique : classification de ces moteurs.

Roue en dessus : forme des augets, surface de l'eau dans les augets. — Influence du déversement sur le rendement. — Roue à manteau. — Chapelet.

Roue de côté. — Roue Sagebien. — Roues Bélanger, Waddington, etc. — Roue à aubes planes. — Roue pendante.

Roues à réaction. — Roue Poncelet.

30e et 31e Leçons.

Turbines parallèles, centrifuges, centripètes, composées. Turbines Fontaine, Fourneyron, Girard, Callon, Jonval Kœchlin, etc. Théorie des turbines.

32e et 33e Leçons.

Balances hydrauliques.

Machines à piston et à pression d'eau. Machine à colonne d'eau à simple, à double effet. Machines oscillantes, rotatives.

Accumulateurs simples ; à double pouvoir ; différentiels.

Appareils divers : appareils oscillants, maré-moteurs, bélier hydraulique, etc.

Choix d'un moteur hydraulique suivant les circonstances. Avant-projet de l'établissement d'une usine à force hydraulique.

34e Leçon.

PNEUMATIQUE ou théorie du mouvement des gaz.

Écoulement par un orifice. Équation de de Saint-Venant, de Navier, de Weisbach. Mouvement des gaz dans les tuyaux. Jaugeage des gaz; anémomètre.

35e et 36e Leçons.

Machines soufflantes. Clapets. — Effet utile. Soufflerie à air chaud.

Machines pneumatiques. Compresseurs; types divers. Théorie de la compression de l'air.

Moteurs à air raréfié; à air comprimé; théorie; marche à détente partielle.

Moteurs éoliens. Vitesse et force du vent. Moulins à vent, panémones, turbines atmosphériques. Formule du travail.

37e Leçon.

MACHINES FRIGORIFIQUES. — Principe général. Applications.

Machines à air. Cycles divers théoriques; échangeur de température. Machine Giffard. Influence de la vapeur d'eau. Machines avec et sans injection d'eau dans le cylindre de compression.

Machines à liquides volatils. Liquides employés. Suppression du cylindre de détente : robinet de réglage. Dispositions pour l'emploi du gaz ammoniac.

Machine à acide sulfurique Windhausen.

Machine à affinité, à ammoniaque.

Comparaison des divers types de machines frigorifiques.

ATELIERS DE CONSTRUCTION INDUSTRIELLE.

38e et 39e Leçons.

MACHINES-OUTILS POUR LE TRAVAIL DES MÉTAUX. — Théorie du travail de l'outil sur les métaux; expériences et observations. Forge des outils; outils composés; affûtage.

Tours. Description détaillée du tour à fileter. Différents types de tours. Machines à aléser. Tarauds; machines à tarauder.

40e et 41e Leçons.

Perçage; forets à langue d'aspic et hélicoïdaux; étude du mode d'action des forets. Machines à percer.

Machines à raboter, étaux-limeurs; machines à mortaiser.

Fraises; leur mode d'action; construction, affûtage, vitesse. Machines à fraiser.

Étude de diverses machines spéciales. Emploi de la scie à ruban pour couper le fer à froid.

42e, 43e et 44e Leçons.

CONSTRUCTION DES MACHINES : ÉTUDES, PRÉPARATION, VÉRIFICATION. Études de détail des projets : utilité de la pratique des ateliers. Dessins d'exécution : procédés usuels de reproduction. Degré de précision des données des calculs; emploi de la règle à calcul.

STATIQUE GRAPHIQUE. — Calcul graphique. Composition des forces; polygone des forces et polygone funiculaire. Moment des forces parallèles. Centres de gravité. Moments d'inertie.

Calculs des pièces de machines au moyen des procédés de la statique graphique. Exemples divers.

45e Leçon.

Traçage des pièces à l'atelier : instruments de mesure et de traçage ; calibres, gabarits. Degrés de précision à obtenir dans l'exécution. Construction des machines à pièces interchangeables. Vérification des pièces ; jeux des articulations.

Essais pratiques des matériaux. Nature et qualité des matières à employer. Cahiers des charges relatifs à ces questions. Essais à la traction ; préparation des éprouvettes ; machines d'essais : romaines, machines Thomasset, Emery. Essais à la compression, à la flexion, à la torsion. Essais sommaires sans machines, pliages, emboutissages, etc. Essais au mouton.

46e Leçon.

Forge pour ateliers de constructions mécaniques. — Foyers ; combustibles, houille, coke ; matières premières. Travail à la main : outils. Marteaux pilons ; marteaux à gaz. Soudures ; matriçage. Emploi de la presse hydraulique. Machines à forger.

Fonderies pour ateliers de constructions mécaniques. — Quelques indications spéciales sur les procédés de moulage : châssis, modèles sur planches, machines à mouler.

47e Leçon.

Ajustage, Cémentation, Meulage. — Étaux, limes, burins, etc. Procédés de cémentation des pièces de machines : rectification à la meule des pièces trempées. Emploi des meules de grès, d'émeri.

48e, 49e et 50e Leçons.

Chaudronnerie. — Matières premières, dimensions usuelles des tôles. Prise en considération du sens du laminage dans l'emploi.

Traçage. Planage : machines à planer, à cintrer.

Découpage : cisailles ; cisailles à cornières. Poinçonnage : poinçonneuses, chariot diviseur. Perçage. Découpage à la mortaiseuse. Chanfreinage : machines à chanfreiner.

Forge des tôles : étirage des pinces. Emboutissage : presses à emboutir. Forge des cornières.

Assemblage des tôles ; alésage des trous de rivets. Rivetage au marteau, à la bouterolle, mécanique ; examen des défauts à éviter dans l'assemblage et le rivetage des tôles. Riveuses à vapeur, hydrauliques, fixes et portatives. Mattage.

Tubes à air chaud ; raboutage ; montage : appareil Dudgeon. Travail des tuyaux ; cintrage, brasage des brides. Entretoises des chaudières.

Travail des tôles minces ; réservoirs, enveloppes de chaudières.

51e et 52e Leçons.

Montage des machines. — Définitif des petites machines ; à blanc des grandes. Machines portatives à percer sur place, mues par cordes, arbres flexibles, etc. Machines à aléser sur place les cylindres de locomotives, etc.

Installation des ateliers. — Appareils de levage : grues fixes, roulantes ; grues Ramsbottom, chariots transbordeurs. Transports sur le sol.

Dispositions des bâtiments ; éclairage, chauffage, installations pour le personnel.

Magasins ; pratique de la comptabilité des ateliers ; modes de règlement des salaires.

COURS DE CHEMINS DE FER.

M. E. VICAIRE, ingénieur en chef des mines, Professeur.

1re Leçon.

Données statistiques propres à faire apprécier l'importance de l'industrie des chemins de fer. — Comparaison avec les transports par routes — par eau. — Ordre à suivre dans le cours : le plus rationnel pour l'étude n'est ni l'ordre d'invention ni l'ordre d'établissement des diverses parties d'un chemin de fer.

ÉTUDE DU MATÉRIEL ROULANT.

Matériel de transport.

Caractères spéciaux qui distinguent les véhicules des chemins de fer des véhicules routiers : roues munies de boudins, conicité, etc. — Conditions d'ensemble auxquelles ces véhicules doivent satisfaire : nombre et écartement des essieux, symétrie diagonale, gabarit.

2e Leçon.

Étude préliminaire sur les conditions d'équilibre d'un véhicule et de ses essieux eu égard aux réactions de la voie et au frottement des fusées : roue tirée, motrice, freinée. Effort supporté par la fusée.

Construction des roues : centre à rais en fer et moyeux en fonte, en fer forgé, centres pleins, centres en bois ou en carton, roues en fonte ou en acier sans bandages.

Bandages : profil, mode d'attache, embattage, épreuves et réception.

3e Leçon.

Essieux : forme et dimensions habituelles. — Fusée :

trois conditions à remplir, équations qui en résultent. Nécessité de limiter la charge en raison de la vitesse. — Portée de calage. — Corps de l'essieu. — Épreuves et réception.

Registres de parcours pour les essieux de locomotives et tenders. Évaluation du travail effectué pour les autres essieux. Ruptures d'essieux; visites; danger des ruptures dans le moyeu.

4e Leçon.

Graissage, son importance. Coussinet. Influence du mode d'introduction de la matière lubrifiante. Expériences de Beauchamp Tower. Effets de la température. — Résistance de divers corps gras.

Boîtes de graissage, graissage à la graisse, mixte, à l'huile. Description des principaux types de boîtes.

5e Leçon.

Suspension, son utilité; étude mathématique des effets de la flexibilité de la suspension, de la grandeur des masses qu'elle relie. Flexibilités adoptées pour les diverses sortes de véhicules.

Ressorts à lames étagées : détails pratiques de construction; mode d'attache avec la boîte de graissage et avec le châssis. Calcul. — Comparaison avec le solide d'égale résistance, avec le ressort à lames égales et avec le ressort parfait.

Essai des ressorts.

6e et 7e Leçons.

Plaques de garde : jeu. Châssis, sa double fonction. Emploi du bois et du métal. Dispositions spéciales pour les longues voitures. Tampons. — Ressorts de choc et de traction, dispositions diverses. Véhicules à tampon central.

Attelages : chaînes d'entraînement, tendeurs, chaînes

de sûreté ; dispositions proposées pour remplacer celles-ci. Attelage à déclenchement. Utilité d'un attelage dispensant de pénétrer entre les véhicules. Attelage Becker. Attelage automatique.

Matériel américain à bogie. — Matériel articulé du chemin de fer de Sceaux. — Autres dispositions propres à réaliser la convergence des essieux.

8e Leçon.

Disposition de la caisse. — Wagons à marchandises : trois types principaux : plate-formes, tombereaux, wagons couverts ; adaptation de ces derniers au transport des troupes. — Transports spéciaux. Fourgons à bagages et à messageries.

Voitures à voyageurs ; conditions réglementaires. Voitures à compartiments séparés, à couloir central, à couloir latéral ; leur comparaison au point de vue de l'exploitation, du bien-être des voyageurs, de la sécurité contre les attentats ou en cas d'accidents de route. — Intercommunication. — Chauffage. — Ventilation.

Matériel moteur.

9e Leçon.

Production de l'effort moteur par la rotation de la roue. — Frottement, sa variation avec la vitesse. Adhérence. Valeur du coefficient d'adhérence. — Patinage. — Effort moyen à la jante. Dépendance entre la vitesse et les éléments caractéristiques d'une locomotive : poids adhérent, diamètre des roues motrices, dimensions des cylindres. — Pression dans la chaudière, pression moyenne dans le cylindre.

10e Leçon.

Répartition du poids suspendu entre les essieux à l'état de repos. Valeurs extrêmes des charges d'après les équations de la statique. Emploi de balanciers pour lever l'indétermination que laissent ces équations. Comment, en l'absence de balanciers, les charges se déterminent grâce à la flexibilité des ressorts. Calcul des charges dans le cas de trois essieux.

Réglage des ressorts. Ponts à bascules multiples pour ce réglage.

11e et 12e Leçons.

Variation de la répartition en cours de route par l'effet des déclivités de la voie, des consommations d'eau et de combustible.

Réactions déterminées par l'action de la vapeur entre les différents organes de la machine ainsi qu'entre la machine et la voie, entre la machine et le train remorqué. Calcul de ces réactions dans le cas d'une machine à deux essieux, tous deux accouplés. Oscillations résultant de l'action variable de la vapeur. Influence de la hauteur du centre de gravité. Écart entre l'effort moyen à la jante et l'effort maximum suivant le degré de la détente.

Effets de l'inertie des pièces en mouvement relatif. Deux manières de poser le problème. Calcul des quantités de mouvement projetées sur l'axe des cylindres et sur la perpendiculaire.

13e Leçon.

Conditions pour que l'inertie de ces pièces ne produise pas de mouvements oscillatoires de translation. Conditions relatives aux mouvements de roulis et de tangage. — Calcul des contre-poids, leur insuffisance ; contre poids à mouvements alternatifs. Grandeur des réactions d'inertie Mouvement de galop. Influence de la hauteur du centre de gravité.

Exemples numériques.

14e Leçon.

Dispositions propres à faciliter le passage dans les courbes. — Longueur de l'empattement. Conicité des bandages. — Déplacement longitudinal applicable aux essieux accouplés. Plans inclinés, appareil Caillet. — Mouvement de convergence applicables aux essieux porteurs : essieu pivotant de Novotny, bogie, train Bissel, boîtes radiales. — Machines à essieux convergents et à adhérence totale : Engerth, Rarchaert, Fairlie.

15e et 16e Leçons.

Agencement des organes essentiels d'une locomotive. Analogie de celles-ci avec les machines d'extraction. Points principaux à considérer dans l'étude d'une locomotive au point de vue du véhicule et du mécanisme : nombre et position des essieux porteurs ou moteurs, — digression sur le porte-à-faux et la manière inexacte dont on en envisage souvent les effets : — nombre et position des cylindres; châssis intérieur, extérieur, mixte, double; position à donner à l'essieu moteur principal et aux essieux accouplés; position du mécanisme de distribution.

Tender, sa contenance en eau et en combustible, outillage. Système de Ramsbottom pour prendre de l'eau en marche. Attelage du tender et de la machine : dispositions ayant pour but soit de reporter l'effort de traction vers le centre de la machine, soit de faciliter géométriquement le passage dans les courbes, soit d'atténuer le mouvement de lacet.

Machines-tenders leur emploi comme machines de gare, de banlieue ou de lignes secondaires, comme machines à marchandises.

17e et 18e Leçons.

Production de la vapeur; deux conditions caractéristiques : chaudière tubulaire, tirage mécanique.

Description de la chaudière. — Enveloppe extérieure, rivures, dôme. — Appareil intérieur; foyer; nombre, dimensions et disposition des tubes; emploi du fer et de l'acier dans les diverses parties des chaudières. Armatures. Bouchons fusibles. — Explosions des locomotives. — Grilles, emploi de la houille. Conduite du feu. Dispositions propres à réaliser la fumivorité. Souffleur. — Cendrier; grilles à flammèches. Cheminée. — Soupapes de sûreté; dispositions récentes empêchant automatiquement tout excès de pression. — Prise de vapeur et régulateur. — Abri du mécanicien. Enveloppe de la chaudière.

Puissance de vaporisation. Expériences de Geoffroy. Diverses formules employées soit pour comparer entre elles diverses chaudières, soit pour évaluer numériquement la quantité d'eau vaporisée.

19e Leçon.

Alimentation : convenance d'avoir deux appareils distincts; précautions à observer par le mécanicien dans l'emploi de l'alimentation.

État de la question avant l'invention de l'injecteur. Pompe alimentaire. Petit cheval. Galets d'alimentation. Injecteur Giffard et types dérivés. — Insertion du tuyau de refoulement sur la chaudière.

Échappement, son emploi essentiel pour produire le tirage. Divers procédés proposés pour en utiliser partiellement la chaleur. Maximum de l'économie qu'on peut réaliser par le chauffage préalable de l'eau d'alimentation.

Formule de Zeuner. Effets de l'échappement variable. Disposition de l'échappement. Petticoat. Échappement annulaire fixe ou variable.

20e et 21e Leçons.

Emploi de la vapeur. — Renvoi au cours de machines pour l'étude complète de la question. Rappel des condi-

tions générales de fonctionnement de la distribution par tiroir à coquille avec avance et recouvrement. Données particulières dans le cas des locomotives. — Tiroirs équilibrés, tiroirs cylindriques. — Marche à régulateur fermé; soupapes de rentrée d'air.

Emploi de cylindres de détente : machines de Mallet, de Webb, du chemin de fer du Nord. Expériences de Borodine.

Distributions par coulisses. Distributions à un seul excentrique. Appareils de changement de marche à levier, à vis. Contre-poids de vapeur.

Marche à contre-vapeur. Injection d'eau ou de vapeur pour en éviter les inconvénients.

Traction.

22e Leçon.

Résistance des trains : résistance du train brut, du train remorqué. Train élémentaire de M. Desdouits.

Étude individuelle des différentes causes de résistance. Résistance à la jante; expériences de Wood. — Résistance à la fusée; explication des résultats discordants obtenus par divers observateurs. — Résistance de l'air; influence des dimensions absolues et de la forme des surfaces; importance de cette résistance dans les grandes vitesses; effet d'un vent latéral. Influence du groupement des véhicules dans les trains de marchandises.

23e Leçon.

Étude en bloc de la résistance d'un véhicule ou d'un train. — Divers modes d'observation : pente d'équilibre, dynamomètres, mesure de l'accélération. — Résultats observés : véhicule isolé, machine avec ou sans le mécanisme, train élémentaire, train complet. Formules usuelles.

Résistance due aux courbes; influence de la conicité des bandages, du jeu de la voie, du jeu des plaques de

garde et de la convergence des essieux. Résistance spéciale à l'entrée et à la sortie; résistance au démarrage et au refoulement. Formules usuelles.

Exemples numériques de la résistance d'un train de voyageurs ou de marchandises dans diverses circonstances.

24e Leçon.

Charge que peut remorquer une machine : 1° d'après le travail de la vapeur; 2° d'après l'adhérence. Sections de charges, rampes fictives. Consommation de combustible et d'eau. Travail des mécaniciens et chauffeurs. Roulements. Nombre de locomotives nécessaires pour le service d'une ligne.

Organisation d'un service du matériel et de la traction.

Freins.

25e Leçon.

Nécessité des freins, leurs fonctions. — Conditions générales d'emploi des freins à sabots. — Matières à employer pour les sabots. Relation entre la pression du sabot et la résistance au mouvement. Effets du calage des roues. — Nombre de freins nécessaire pour arrêter dans un parcours donné. Dispositions réglementaires qui en déterminent le nombre et la place dans les trains.

Montage et commande des freins : freins à vis, à entraînement, à coins, à ressorts, à contrepoids, freins automoteurs.

Freins à main des wagons à marchandises.

26e Leçon.

Freins continus, leurs avantages au point de vue de la sécurité, au point de vue de l'exploitation; prescriptions administratives les concernant. — Conditions générales de fonctionnement, automaticité, arrêt automa-

tique en un point donné de la voie. Importance d'un serrage simultané. Desserrage.

Freins à transmission mécanique : Newall, Clarke, Becker; emploi limité de ce mode de transmission. Transmission pneumatique par le vide, par l'air comprimé : Smith Hardy; frein à vide automatique ; Westinghouse, Wenger. — Transmission électrique : Achard.

Essais d'application des freins continus aux trains de marchandises.

VOIE.

27e Leçon.

Généralités sur la largeur de la voie : voie normale, voie large de Brunel, voie étroite.

Deux conditions distinctes auxquelles doit satisfaire le rail : 1° porter et guider les roues; 2° se prêter à la liaison avec les supports. Deux solutions dominantes à ce dernier point de vue : rails à double champignon, rails à patin.

Étude du rail dans le cas de supports discontinus. Poids par mètre courant. Fatigue de la fibre extrême : exemples. Profil du champignon supérieur, de la base.

28e Leçon.

Mode d'attache du rail sur la traverse : coussinets, selles, chevillettes, crampons, tire-fonds.

Joints, leur position sur la traverse ou en porte-à-faux, joints concordants ou chevauchés. Longueur des rails.

Eclissage; forme et dimension des éclisses, des boulons; dispositions propres à empêcher le desserrage des écrous.

Cheminement des rails, moyens de l'empêcher.

29e Leçon.

Espacement des supports.

Supports isolés : dés en pierre, cloches ou plateaux en métal.

Traverses en bois. Choix de l'essence; dimensions, préparation du bois, façon de la traverse. Prix et durée.

Traverses en fer ou en acier, laminées ou forgées, simples ou assemblées. Moyens d'empêcher, avec ces traverses, le ripage de la voie. Fixation du rail.

30e Leçon.

Voies sur longrines. Inconvénients avec les longrines en bois : voie Brunel. Ces inconvénients disparaissent en partie par l'emploi de longrines métalliques.

Rails-longrines : Barlow, Hartwig.

Rails sur longrines en fer : Hilf, de Serres-Battig.

Pose et entretien de la voie; surveillance, renouvellement.

Usure et durée des rails en fer ou en acier; influence de la nature de l'acier. Cahiers des charges pour fournitures de rails.

Comparaison spéciale de la voie à double champignon et de la voie à patin sur traverses en bois.

31e Leçon.

Raccordement des parties de voie inégalement déclives.

Particularités de la voie dans les courbes. Rails longs et rails courts. Surécartement. Surhaussement du rail extérieur; théorie, formules usuelles. Raccordement avec les alignements : 1° sans transition dans la courbure ; 2° par interposition d'un ou de plusieurs arcs à courbures graduées. Raccordement de deux courbes consécutives de sens inverse.

Croisement de deux voies à niveau : traversée d'équerre, traversée oblique. Construction des croisements.

32e et 33e Leçons.

Changements de voie.

Conditions théoriques : longueur et angle du croise-

ment, longueur de la partie mobile. Valeurs assignées à ces éléments dans la pratique.

Dispositions mécaniques du changement : rail mobile, aiguilles. Changements doubles. Changement Wharton. — Appareils de manœuvre des aiguilles : leviers, tringles, entretoises; contrepoids mobiles ou fixes, pédale Barbier pour faciliter la manœuvre des aiguilles à contrepoids fixe.

Manœuvre à distance, par tiges rigides, par fils.

Accidents qui se produisent sur les aiguilles. Service des aiguilleurs.

Dispositifs propres à prévenir les accidents sur aiguilles en pointe. Verrou Saxby et Farmer, verrou Baudu, pédales de calage. Contrôleurs électriques.

Traversées-jonctions simples, doubles.

Etude géométrique du raccordement des voies par changements et traversées.

34e Leçon.

Plaques tournantes pour wagons ou voitures, pour machines avec tender. Ponts tournants. Chariots à fosses. Chariots de niveau. Heurtoirs. Taquets et blocs d'arrêt; leur emplacement.

Passages à niveau. Modifications de la voie à ces passages. Disposition du chemin transversal aux abords du passage. Barrières pivotantes ou roulantes. Barrières manœuvrés à distance. Passages pour piétons. Passages sans barrières.

Classification et réglementation des passages à niveau. Gardiennage de jour, de nuit, service des passages voisins des gares. Passages non gardés.

Ballast. Choix des matériaux : gravier, sable, pierre cassée. Matériaux artificiels : argile cuite, laitiers. Profil du ballast. Bourrage, rechargement. Épuration d'un ballast défectueux.

Accotements. Distance à maintenir entre le rail extérieur et tout objet saillant. Gabarit des ouvrages d'art.

35e Leçon.

Indication sommaire des dispositions de la plate-forme : talus de remblais et de déblais, fossés, clôtures sèches et vives. Largeur totale d'emprise. Passages par-dessus ou par-dessous. Déviation des chemins ruraux.

Surveillance de la voie. Organisation du service de la construction et de l'entretien des lignes.

Considérations générales sur le tracé d'un chemin de fer. Conditions de pente et de courbure; traversée des faîtes, des grandes vallées; emplacement des stations. Étude préliminaire sur la carte; étude sur le terrain. Implantation du chemin de fer.

Procédés spéciaux dans certains cas particuliers : plans inclinés, crémaillères; système Agudio.

Étude des gares.

36e Leçon.

Consistance générale d'une gare pour voyageurs, pour marchandises. Longueur des voies pour trains de voyageurs, de marchandises; longueur des trottoirs. Largeurs à réserver entre les voies.

Arrêts sans installations spéciales. Haltes. Petites stations; position par rapport aux localités, par rapport au passage à niveau voisin; utilité d'une liaison de voies sur les lignes à double voie; liaisons en pleine voie. Position du bâtiment des marchandises par rapport à celui des voyageurs et aux voies, par rapport aux localités desservies; conséquences pour la disposition des voies de marchandises; voies de garage, garages en pleine voie. Motifs d'éviter les aiguilles en pointe.

Stations de prise d'eau; leur espacement; consomma-

tion d'eau quotidienne, capacité des réservoirs, grues hydrauliques, leur position. Disposition des voies.

Stations à remises de voitures ou de machines.

Stations de bifurcation; nombre des voies; nécessité ou convenance d'admettre les aiguilles en pointe. Stations de raccordement avec des lignes à voie étroite.

37e Leçon.

Grandes gares de bifurcation ou têtes de lignes : gares distinctes pour les marchandises; service de banlieue et services de grandes lignes; messageries, service de la traction. — Gares de triage, disposition dite en grils; triage par la gravité.

Constructions des gares : trottoirs, abris, couverture des trottoirs et des voies; quais à marchandises couverts ou découverts, halles de transbordement; installations mécaniques pour manutentions. Disposition des bâtiments pour voyageurs.

Remises et dépôts de machines. Nombre des fosses nécessaires. Dépôts en demi-lunes, en rotonde, rectangulaires. Voies d'accès; approvisionnements de combustibles; ateliers d'entretien; corps de garde et dortoirs, logements.

SIGNAUX.

38e et 39e Leçons.

Ils servent principalement aux communications des agents des trains avec ceux de la voie. Ceux qui servent aux communications dans les trains ou d'un point à l'autre de la voie sont décrits dans d'autres parties du cours.

Régis en France par le code des signaux du 15 novembre 1885.

Deux sortes de signaux : optiques ou visuels, acoustiques ou sonores. Avantages et inconvénients des uns et des autres. Généralités sur la forme, la couleur, le son

des signaux. — Obéissance absolue de tout agent aux signaux.

Signaux de trains : signaux du mécanicien; signaux des conducteurs; signaux de trains proprement dits : signal de queue, annonce des circulations extraordinaires, signaux annonçant la nature ou la destination d'un train.

Signal de départ, son importance. Signal de rappel d'un train indûment mis en marche. Signaux des manœuvres à la machine.

Signaux de la voie proprement dits. Principes fondamentaux.

Signaux mobiles ou amovibles. Signification spéciale du signal d'arrêt donné à l'aide de ces signaux. Pétards; autres moyens de protection des trains ralentis.

Signaux fixes. Disque, signal carré, sémaphore. Signification particulière, en France, du signal d'arrêt donné au moyen de chacun de ces appareils. Poteau-limite de protection. Disque de ralentissement. Indication de bifurcation. Sifflet électro-automoteur.

Manœuvre des disques à distance, transmission à deux fils, à un seul fil; compensateurs de dilatation; appareils à manœuvres multiples; désengageurs.

Signaux d'aiguilles.

40e Leçon.

Enclenchement des signaux entre eux ou avec les appareils de la voie. Utilité; cas où il convient d'appliquer l'enclenchement : dispositions réglementaires en France sur ce point.

Principes généraux du fonctionnement des enclenchements. Enclenchements binaires, ternaires, spéciaux. Notations.

Appareils : système Vignier, système Saxby et Farmer. Exemples.

EXPLOITATION TECHNIQUE.

41e Leçon.

Formation des trains. — Gares de formation. Trains de voyageurs, de marchandises, mixtes. Prescriptions administratives touchant la composition de ces trains; règles techniques. Répartition du matériel entre les gares. Chargement des marchandises. Dispositions relatives aux matières explosives ou inflammables et à certaines autres matières. Position de la machine. Personnel d'un train.

Circulation des trains. Départ.

Vitesse en route; moyens de contrôle de la vitesse et de la marche. Différentes sortes de vitesse. Arrêts normaux aux stations. Correspondance aux stations de bifurcation.

Emploi des graphiques pour étudier la marche et la correspondance des trains.

Moyens d'empêcher la rencontre des trains de même sens. Garages. Couverture en cas de ralentissement et d'arrêt. Espacement des trains par la méthode de l'intervalle de temps, par celle du cantonnement ou *Block system*.

Cantonnement absolu, permissif. Appareils Tyer, Regnault, Lartigue, Siemens et Halske, Flamache.

42e Leçon.

Dispositions spéciales aux lignes à double voie. Circulations extraordinaires; trains de matériaux. Retards. Modifications dans l'ordre de succession des trains de même sens. Rupture d'attelages. Détresses. Secours. Machines de réserve, leur répartition sur un réseau. Circulation temporaire à voie unique. Pilotage double.

Dispositions spéciales aux lignes à voie unique. Agent spécial de la voie unique. Annonce des trains réguliers,

des circulations extraordinaires. Trains de matériaux. Retards. Changements de croisement, dépassements. Secours. Ruptures d'attelages. Exploitation en navette; bâton-pilote; cloches électriques; appareils de cantonnement appliqués à la voie unique (Lartigue, Flamache).

Service des gares et des bifurcations. Consignes et ordres spéciaux. Avertisseurs et appareils divers de correspondance.

Protection des passages à niveau.

Organisation d'un service d'exploitation.

LEÇONS SUR LES APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ.

M. POTIER, ingénieur en chef des mines, chargé de leçons.

Machines destinées à la production industrielle de l'électricité. — Machines à courants alternatifs. Machines à courants continus. Modes divers d'excitation. Adaptation de l'enroulement à l'usage auquel sont destinées les machines.

Rendement des machines. — Sa mesure.

Éclairage. — Arc voltaïque. Ses propriétés. — Charbons artificiels. — Types principaux des régulateurs industriels.

Lampes à incandescence dans le vide.

Distribution de l'électricité. Conducteurs. Câbles divers. — Montage des lampes à arc et à incandescence. Couplage des dynamos. Distribution à plusieurs fils.

Économie résultant de l'emploi des transformateurs.

Exemples de prix de revient.

Moteurs électriques. — Applications à la traction et aux transports à distance.

Inflammation des coups de mine par l'électricité.

Téléphonie. — Téléphones et microphones.

Commutateurs de bureaux centraux.

COURS DE CONSTRUCTION ET DE RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

M. RÉSAL, inspecteur général des mines, Professeur.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX.

Généralités. — Traction, compression, mise en charge d'un prisme. — Constructions d'égale résistance à l'écrasement.

Moments d'inertie de quelques aires planes.

Pièces employées dans les constructions. — Hypothèses fondamentales.

Flexion d'une pièce, moment fléchissant, effort tranchant, résultante élastique normale à une section.

Expression de l'effort tranchant pour une pièce à section constante, entre les points d'application de forces extérieures discontinues.

Faibles déformations.

Faibles flexions des prismes. — Mise en charge. — Questions diverses. — Conditions d'équarrissage.

Solides d'égale résistance.

Prismes chargés debout.

Résistance des tubes indéfinis et des enveloppes sphériques, soumis à une pression intérieure.

Rivure.

Rivet, rivure, bouterolle, mattage, inconvénient du brochage. — Condition pour qu'un poinçon en acier puisse percer une tôle de fer.

Serrage et adhérence d'un rivet. — Tête de rivet d'égale résistance.

Formules empiriques pour clouures étanches.

Clouures de pièces de construction en tôle.

Assemblages des tôles bout à bout et en crémaillère.

Torsion des prismes.

Formules générales. — Applications.

Boulons.

Généralités. — Corps, tête, filet du boulon. — Règles de Witworth et de Sellers. — Serrage de l'écrou. — Nombre de spires engagées dans l'écrou.

Règles relatives aux diverses catégories de boulons. — Hauteur de l'écrou et diamètre du cercle circonscrit.

Effet de la torsion sur le boulon produit par le serrage.

Contre-écrou, clavettes, etc.

Clavettes.

Clavettes de calage et d'assemblage. — Contre-clavettes.

Organes divers.

Tourillons.

Arbres en bois, fer, fonte.

Manivelles.

Tiges de piston.

Bielles.

Balanciers des machines à vapeur.

Épaisseur des dents d'engrenage.

Chaudières à vapeur.

Influence des fonds sur le corps cylindrique. — Fonds plats et dits compensateurs.

Cylindres des machines à vapeur.

Poutres droites.

Théorème des trois moments.

Problème général des poutres droites.

Répartition économique du métal, notamment dans les poutres en double T.

Poutres étagées.

Flexion des pièces courbes.

Formule générale de Navier. — Poutres paraboliques. — Tube elliptique soumis à une pression intérieure. — Chaînes à maillons elliptiques.

Faibles flexions des pièces circulaires. — Applications diverses.

Solides d'équilibre.

Généralités et applications.

Résistance des volants et des jantes d'engrenage.

Résistance des chaînes à maillons plats.

Chaînes dont les maillons ne sont pas ou sont entretoisés. — Effet d'un choc sur une chaîne. — Chaînes à maillons circulaires.

CONSTRUCTIONS EN BOIS.

Constitution, qualités et défauts des bois.

Conservation des bois pour les constructions émergées. — Peinture. — Goudronnage. — Carbonisation superficielle. — Injection de sulfate de cuivre, de créosote, etc.

Courbure des bois.

Poutres armées.

Planchers en bois simples et assemblés. — Formules de Tredgold.

Plafonds.

Planchers proprement dits, parquets et carrelages.

Pans de bois.

Combles en charpente. — Type général.

Fermes à grande portée d'Ardant, de Palladio, du marché Saint-Germain; mixtes en bois et fer; de Philibert de l'Orme, d'Émy.

Combles en dôme, coniques et polygonaux.

Couvertures.

Couvertures en tuiles plates, creuses, à panne, d'Altkirch, d'Anvers.

Couvertures en ardoises, en pierres, en bardeaux, en fer, zinc, plomb, cuivre et en asphalte.

Répartition des efforts dans les combles en charpente.

Comble funiculaire de Fabré.

Maçonneries.

Généralités sur les pierres, la chaux, le ciment, le sable, etc.

Fabrication du mortier et du béton, en petit et en grand.

Immersion du béton; inconvénients des couloirs inclinés, etc.

Choix des pierres. — Matériaux artificiels.

Effets de la gelée sur les pierres.

Préparation des pierres, et définitions diverses, y compris celles des outils.

Bardage.

Maçonneries en moellons, à joints incertains, en pierres de taille, en briques, avec enduits divers.

Formules de Rondelet relatives à l'épaisseur qu'il convient de donner à un mur à double parement.

Fondations.

Fondations extérieures sur terrains incompressibles.— Différents systèmes, y compris celui sur sable rapporté.

Dragages. — Déblais sous l'eau, épuisements; cloche à plongeur, scaphandre, radiers, bâtardeaux.

Fondations sur pilotis, dans un caisson, par encaissement, dans un coffre sans fond, tubulaires, à l'aide de l'air comprimé (systèmes de S. Carnot, de Fleur Saint-Denis, de Brunnel, etc.) et du vide.

Procédé américain par caissons immergés.

Détails sur la préparation des pieux et palplanches et leur mise en place.

Arrachage et recepage des pieux.

Pieux Mitchell.

Équilibre des semi-fluides.

Clayonnages.

Équilibre d'un massif prismatique eu égard à la cohésion.

Poussée et butée des terres.

Stabilité des murs de soutènement.

Répartition des pressions sur les assises d'un mur.

Vérification de la stabilité d'un mur par les méthodes de Mery et Coulomb.

Réservoirs.

VOUTES.

Différents genres de voûtes.

Cintres, décintrement.

Détails sur les ponts en maçonnerie. — Ponts à culées perdues.

Tassement d'une voûte sur son cintre, à mesure qu'on l'élève.

Formules empiriques qui donnent un premier aperçu sur l'épaisseur à la clef.

Modes de rupture d'une voûte.

Méthodes de Mery et Durand-Claye, relatives à la stabilité. — Piédroits.

Emploi des tirants en fer.

Plates-bandes.

Voûtes en dôme, annulaires, etc.

Ponts en charpente.

Systèmes divers suivant la portée pour les ponts en poutres droites. — Platelage, faux platelage, garde-corps, palées, charge d'épreuve, etc.

Ponts sur arcs.

Planchers en fer.

Généralités. — Emploi du hourdis et des tuiles creuses. — Fers Zorès. — Poitrail.

Combles en fer.

Systèmes simple et composé de Polonceau.

PONTS EN FONTE.

Généralités sur les ponts en poutres droites et en arcs. — Exemples divers.

Ponts en fer.

Ponts en poutres droites en double T. — Poutres caisses, cellulaires, de Brunnel. — Système tubulaire.

Ponts en latices de Warren et de Howe et en treillis.

Systèmes réticulaires.

Ponts sur arcs. — Types principaux. — Résistance de ces ponts.

Ponts suspendus.

Détails de construction. — Exemples divers. — Ponts pour chemins de fer de Brooklyn et du Niagara.

Théorie générale de ces ponts. — Tracé d'un câble. — Influence de la température.

Systèmes mixtes de Brunnel et de Pauli.

Ponts de bateaux pour le passage des chemins de fer.

(Maxau, Spier).

Cheminées.

En briques, en tôle, etc. — Conditions de stabilité ou de résistance relatives à l'action du vent.

Fondations de machines diverses.

Laminoirs, marteaux-pilons et à soulèvement, presses, grues.

COURS DE LÉGISLATION.

M. AGUILLON, ingénieur en chef des mines, Professeur.

PREMIÈRE PARTIE (Leçons 1 à 17).

GÉNÉRALITÉS.

1re et 2e Leçons

Préliminaires : objet du cours ; — définition et division du droit.

Droit constitutionnel : principes du droit public moderne ; — organisation, attributions et fonctionnement des grands pouvoirs publics : sénat, chambre des députés, président de la République.

Généralités sur les lois : délimitation des pouvoirs législatif et exécutif ; — du pouvoir réglementaire ; — actes ayant la portée législative ; — titre préliminaire du Code civil ; — application et interprétation des lois : jurisprudence, doctrine.

Droit administratif : *généralités :* distinction entre le gouvernement et l'administration ; — intérêts collectifs généraux ; locaux ; spéciaux ; — services publics spécialisés.

3e, 4e et 5e Leçons.

Autorités administratives :

Administration centrale : Président de la République ; — ministres ; sous-secrétaires d'État ; organisation des ministères ; — conseil d'État : organisation générale ; attribution et fonctionnement en matière législative et administrative.

Administration départementale : préfet ; — secrétaire général de la préfecture ; — conseil de préfecture : organisation et fonctionnement en matière administrative ; —

conseil général ; — commission départementale ; — sous-préfet ; — conseil d'arrondissement ;

Administration communale : maire ; police municipale ; — adjoints ; — conseil municipal ;

Régime exceptionnel de la Seine, du Rhône ; de Paris et de Lyon ;

Services publics spécialisés ;

Agents auxiliaires : administrations publiques diverses ;

Établissements publics ; — Établissements d'utilité publique.

6e, 7e et 8e Leçons.

Autorité judiciaire :

Généralités : rôle et compétence de l'autorité judiciaire ; — organisation générale : juridiction ordinaire et juridictions spéciales, contentieuses et pénales ;

Juridictions contentieuses (organisation et compétence) : juge de paix ; — tribunal civil ; — cour d'appel ; — tribunal de commerce ; — prud'hommes (renvoi) ; — arbitrages.

Aperçu sur la procédure civile : assignation ; — compétence ; — modes d'instruction ; — expertises ; — jugements ; — voies de réformation et de recours ; — exécution.

Éléments de droit pénal : crimes ; délits ; contraventions ; — pénalités ; — police judiciaire ; — instruction criminelle ; — juridictions pénales.

Cour de cassation.

9e et 10e Leçons.

Juridiction administrative :

Généralités : rôle et place de la juridiction administrative ; — délimitation de compétence avec l'autorité judiciaire ; — contentieux de pleine juridiction ; de l'interprétation ; de l'excès de pouvoirs ; de répression ;

Juridictions administratives : conseil de préfecture ; — conseil d'État ; — de la notion du ministre juge.

Conflits.

11e, 12e, 13e et 14e Leçons.

Éléments de droit privé :

Généralités de droit civil : des personnes et de leur capacité ; personnes morales ; des biens ; des droits réels et personnels ; des actions ; — distinction des biens : immeubles et meubles ; domaine public ; *res comunes* et *res nullius ;* — droit de propriété ; possession ; accession ; communauté ; licitation ; — droit d'usufruit ; — droit d'usage ; — servitudes ; — sources ; eaux courantes ; bornage ; enclave.

Différentes manières dont on acquiert la propriété.

Contrats ; principe de la liberté des conventions ; — quasi-contrats ; délits et quasi-délits ;

Obligations : espèces ; effets ; extinction ; preuves : actes authentiques et sous-seing privé ; présomption ; chose jugée.

Règles relatives à certains contrats : vente ; transport de créance ; louage de choses ; d'ouvrage ; mandat ; transaction ;

Cautionnement ; nantissement ; privilèges et hypothèques ;

Prescription acquisitive ; libératoire.

Droit commercial : sa distinction du droit civil ; — actes de commerce ; — commerçants ; — livres de commerce ; — effets de commerce : lettres de change ; billets à ordre ; chèques.

Sociétés : généralités sur le contrat de société ; — sociétés civiles particulières ; à forme commerciale ; — sociétés commerciales : en nom collectif ; en commandite ; anonyme ; en participation ; — sociétés par actions : en commandite ; anonymes ; — sociétés à capital variable ; — sociétés étrangères.

15e, 16e et 17e Leçons.

Matières administratives :

Travaux publics : déclaration d'utilité publique ; —

expropriation pour cause d'utilité publique ; — exécution des travaux publics : régie ; entreprise ou marchés ; concession ; — dommages occasionnés par les travaux publics ; — servitude d'extraction de matériaux ; — occupation temporaire ; — travaux mixtes.

Contributions directes et taxes assimilées : mode d'imposition : impôt foncier ; personnel et mobilier ; des portes et fenêtres ; des patentes ; — recouvrement ; privilèges du Trésor ; — réclamations gracieuses ; contentieuses : compétence ; procédure.

Algérie, colonies et **protectorats :** différences d'organisation, de législation et de réglementation avec la métropole.

DEUXIÈME PARTIE (Leçons 18 à 32).

LÉGISLATION DES MINES.

18e et 19e Leçons.

Généralités sur la législation minérale : objet ; caractères propres ; place spéciale dans le droit ; types divers suivant les temps et les lieux ;

Historique : droit romain ; droit français ancien ; droit intermédiaire ;

Aperçu historique et résumé général du droit français moderne.

20e et 21e Leçons.

Classification légale des substances minérales.

Recherches de mines : par le propriétaire du sol ; — avec l'autorisation du gouvernement ; — en terrains communaux ou domaniaux ; — illicites ; — en terrains concédés ; — disposition des produits de recherche ; — sociétés de recherche.

Institution des concessions de mines : formalités de l'instruction ; demande et ses annexes ; enquête ; oppositions ; demandes en concurrence ; — concessibilité ; limites ; étendue ; noms des titulaires ; — acte de concession et cahier des charges ; — recours contre les actes de concession ; — interprétation des actes de concession.

Indemnités d'invention ; — indemnités d'explorateurs évincés.

22e Leçon.

Bornage des concessions de mines.

De la propriété des mines : caractères généraux ; — contrats de droit civil : vente ; amodiation ; usufruit ; privilèges et hypothèques ; — opérations de droit administratif : modifications dans le périmètre ; renonciation ; réunion ; — caractère juridique de l'exploitation des mines ;

Sociétés de mines.

23e et 24e Leçons.

Relations des exploitants de mines avec les propriétaires de la surface :

Redevances tréfoncières : fixation par l'administration ; — types divers : fixe, proportionnelle, à forme variable ; caractère juridique.

Servitudes de l'article 11 de la loi de 1810 ;

Caution de l'article 15 ;

Occupation de terrains : à l'intérieur du périmètre ; — à l'extérieur ; travaux faits après déclaration d'utilité publique ; — chemins de fer miniers ;

25e et 26e Leçons.

Dommages produits à la surface par les travaux de mines.

Dommages occasionnés à la mine par les travaux de surface.

Relations entre exploitants de mines : investisons ; — indemnités pour écoulement d'eaux ; pour autres dommages ; — mise en communication de deux concessions voisines ou superposées ; — loi du 27 avril 1838.

Redevances publiques : redevance fixe ; — redevance proportionnelle : estimation du produit brut ; des dépen-

ses ; — procédure annuelle : imposition ; recouvrement ; — réclamations ; — abonnement.

Impôts divers payés par les exploitants de mines.

27e Leçon.

Surveillance de l'exploitation par l'administration :

Généralités : objet et nature de la surveillance ; — autorités compétentes ; procédure ; — voies de recours ; — sanctions des prescriptions administratives ;

Chômage et abandon des exploitations ;

Déchéance et retrait des concessions : motifs ; procédure ; effets.

Dispositions générales sur la police des exploitations.

Prescriptions spéciales : protection de la surface ; — indemnités en faveur de l'exploitant ; — protection du personnel ; accidents ; sauvetage.

Délégués mineurs (projets sur les).

28e Leçon.

Anciennes concessions.

Mines de sel et sources d'eau salée.

Exploitations de minerais de fer : classification légale des minerais de fer ; — relations entre exploitants de mine et de minière superposées ; — police de l'exploitation des minières.

29e Leçon.

Minières de terres pyriteuses et alumineuses.

Usines minéralurgiques.

Carrières : police de l'exploitation des carrières à ciel ouvert ; des carrières souterraines ; carrières abandonnées ; — règles de droit privé sur les carrières et leur exploitation.

30e Leçon.

Tourbières.

Juridiction et pénalités : en matière de mines, minières ; carrières souterraines et carrières à ciel ouvert ; — contraventions de grande voirie.

Organisation et fonctionnement de l'administration des mines : conseil général des mines ; inspecteurs généraux ; ingénieurs en chef ; ingénieurs ordinaires ; — fonctions ; — cadres ; avancement ; discipline ; congés ; retraites ; — gardes-mines.

Principes sur la responsabilité des fonctionnaires : pénale ; civile.

31e et 32e Leçons.

Législation des mines en Algérie ; — dans les colonies : Guyane ; Nouvelle-Calédonie ; Indes françaises ; — dans les protectorats : Tunisie ; Annam et Tonkin.

Législation des mines à l'étranger : types principaux.

Droit anglais : Grande-Bretagne : lois de police ; — colonies anglaises.

Droit allemand ancien et moderne : leurs différences ; — loi prussienne de 1865 ; — loi autrichienne de 1854 ; loi saxonne de 1868.

Droit espagnol ancien et moderne : leurs différences ; — décret-bases de 1868 ; — application des droits espagnols ancien et moderne au Mexique et dans les États de l'Amérique du Sud.

Droit français : Belgique ; — Grèce — Turquie.

Droits divers : Italie ; régimes divers ; loi piémontaise de 1859 ; — grand-duché de Luxembourg ; régime spécial des exploitations de minerais de fer ; — États-Unis d'Amérique ; législation fédérale sur les mines des *public lands*.

TROISIÈME PARTIE (Leçons 33 à 42).

LÉGISLATIONS DIVERSES.

§ 1. — *Chemins de fer* (Leçons 33 à 36).

33e Leçon.

Distinctions légales entre les voies ferrées.

Chemins de fer d'intérêt général :

Régime de la concession ; ses caractères généraux ; — concours financier de l'État : subvention ; garantie d'intérêt ; — constitution des grands réseaux : conventions de 1857 ; 1859 ; 1863 ; 1868-1869 ; 1875 ; 1883.

34e, 35e et 36e Leçons.

Principes généraux des cahiers des charges : droits et obligations du concessionnaire ; séquestre ; déchéance, rachat ; — chemins de fer de l'État ;

Organisation de la surveillance de l'administration : contrôle technique ; commercial ; financier ; — commission de vérification des comptes.

Exploitation technique : établissement et entretien de la voie et de ses dépendances ; — matériel roulant ; — mouvement ; composition et circulation des trains ; transport de matières spéciales ; — police du public.

Exploitation commerciale : généralités ; — tarifs de différente nature ; — frais accessoires ; — délais de transport ; — obligations du public et des compagnies ; — factage et cammionage ; correspondance et réexpédition ; — prescriptions relatives à certains services publics : postes ; guerre et marine ; — embranchements particuliers.

Police de la voirie.

Sanctions pénales : au regard du concessionnaire ; du public.

Chemins de fer industriels ; — chemins de fer d'intérêt local ; — tramways.

§ 2. — *Matières diverses.*

37e, 38e, 39e et 40e Leçons.

Eaux minérales : autorisation ; — déclaration d'intérêt public ; périmètre de protection ; — surveillance.

Établissements insalubres : classement ; — autorisation : formalités ; recours ; — surveillance ; — dommages au voisinage ; — *industries spéciales :* gaz d'éclairage ; — huiles et essences de pétrole ; — *substances explosives :* poudres ; nitroglycérine ; dynamite : fabrication ; — transport ; — conservation ; — emploi.

Appareils à vapeur : *appareils établis à terre :* conditions d'établissement et de fonctionnement des chaudières fixes ; locomotives ; locomobiles ; récipients ; — surveillance administrative ; associations de propriétaires d'appareils à vapeur ; — accidents ; — pénalités.

Locomotives routières.

Bateaux à vapeur : navigation en eau douce ; — sur mer.

41e et 42e Leçons.

Emploi des ouvriers :

Contrat de louage de services : généralités ;

Loi et règlements sur le travail des femmes et des enfants dans l'industrie ; spécialement dans les mines ;

Loi et règlements sur la durée du travail des adultes ;

Grèves et coalitions ;

Syndicats professionnels ;

Livrets d'ouvriers ;

Organisation, attributions et fonctionnement des prud'hommes ;

Responsabilité du patron : pénale ; — civile ; délictuelle ou contractuelle ;

Mesures et institutions de prévoyance : sociétés de secours mutuels ; — caisses nationales d'assurance en cas d'accidents ; en cas de décès ; — caisse nationale de retraites pour la vieillesse ; — institutions privées : avec retenues sur les salaires ; sans retenues.

Législations projetées.

COURS D'ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

M. CHEYSSON, ingénieur en chef des ponts et chaussées, Professeur.

1re Leçon.

GÉNÉRALITÉS. — PRÉLIMINAIRES.

Premières notions des phénomènes économiques. — Besoins matériels, immatériels; leur essor illimité. — Utilité. — Richesses. — Travail. — Produits et services. — Rôle et progrès de l'Industrie.

Définition de l'Économie politique; elle est une science et un art. — Son classement parmi les sciences. — Ses rapports avec la morale; — avec le droit; importance des études de législation comparée. — Lois économiques permanentes. — Règles contingentes. — Nécessité actuelle de l'économie politique pour les ingénieurs.

Méthode de déduction; ses dangers. — Méthode inductive, fondée sur l'observation avec le secours de l'histoire et de la statistique.

Grandes divisions de l'économie politique.

2e et 3e Leçons.

I. — PRODUCTION DES RICHESSES.

La production; son but; ses sources.

Les trois facteurs de la production : le travail, le capital, la nature. — Leurs rôles respectifs.

(*a*) LE TRAVAIL.

Généralités sur le travail. — Le travail et l'antiquité. — Personnel du travail. — Travail manuel, mécanique, intellectuel. — La science et l'industrie. — Importance des forces intellectuelles et morales comme facteurs

économiques. — Erreur du travail pour le travail. — Droit au travail.

Division du Travail. — Ses principaux avantages; sa généralisation; circonstances influant sur son développement; ses conséquences. — Coopération sociale et internationale. — Objections contre la division du travail. — Devoirs de l'industrie et de l'État.

Liberté du Travail. — Esclavage dans l'antiquité, dans les colonies. — Motifs allégués à l'appui de l'esclavage. — Émancipation; ses effets. — Difficultés de la transition. — La question de l'esclavage en Afrique.

Servage. — Son explication historique; sa disparition graduelle en France. — L'émancipation des serfs en Russie, en Roumanie; ses effets.

Système réglementaire. — Castes en Orient. — Collèges romains; collèges des utriculaires et des naviculaires.

Corporations. — Leur explication historique; leurs diverses phases et leur organisation; leur suppression en France, sauf des vestiges actuels. — Leurs avantages dans le passé et leur incompatibilité avec les données du milieu moderne. — Les corporations en Russie, en Turquie, en Suède. — Leur restauration en Allemagne, en Autriche; intérêt de l'expérience.

Objections contre la liberté du travail et la concurrence. — Dangers et impuissance des remèdes. — Vertu du travail libre. — Les régimes de contrainte et la liberté du travail. — Devoirs de l'État, des patrons, des intéressés.

4e, 5e et 6e Leçons.

(*b*) LE CAPITAL.

Définition du Capital. — Capital de consommation et capital de production.

Capital fixe et circulant. — Importance de cette no-

tion; rôles respectifs des deux capitaux; proportion à observer entre eux. — Problème de la transformation de l'outillage; méthode pour le résoudre. — Conséquences de l'augmentation du capital fixe. — Grande industrie. — Le capital fixe et l'État.

Formation du Capital. — Importance et emploi de sa production annuelle. — Marché des capitaux : disponibilité, confiance. — Démocratisation des valeurs. — Évaluation de la richesse publique en France et dans les divers pays. — Propriétés de l'État. — Fonds commun. — Compensation à la perte des quatre droits primitifs.

L'Épargne. — Ses diverses formes; circonstances influant sur sa formation. — Caisses d'épargne en France, en Angleterre, en Italie : histoire; situation actuelle, organisation; — caisses d'épargne postales, scolaires; — l'État et les fonds des Caisses d'épargne; clause de sauvegarde. — Objections contre l'épargne. — L'épargne obligatoire. — Socialisme d'État; son impuissance et ses dangers.

Les Machines. — Outils et machines; leur rôle dans l'humanité. — Trois âges : des outils; des machines simples; de la vapeur. — Transformations produites par les machines.

Objections et préjugés populaires contre les machines. — Violences contre les inventeurs et les inventions. — Action réelle des machines sur l'effectif des travailleurs; sur l'essor de la consommation. — Difficultés et souffrances de la transition. — Leur atténuation par le développement lui-même des machines et par diverses causes retardatrices.

Bienfaits et devoirs du capital. — Situations respectivement faites aux patrons et aux ouvriers par l'accroissement du capital et des machines. — Avantages conquis par les ouvriers. — Paradoxe économique. — Harmonie entre le capital et le travail. — Loi de Bastiat. — Bienfaits du capital; ses devoirs. — Fonds commun immatériel. — La richesse repose au fond sur le progrès moral.

7e et 8e Leçons.

(*c*) LA NATURE.

La Terre. — Particularités qui la distinguent des autres capitaux.

Appropriation du sol. — Communautés agraires : Marke germanique; la Dessa à Java; le Mir en Russie; les Allmenden en Suisse; les communaux en France; la propriété arabe.

Communautés de famille. — Leur essor sous le régime féodal; leur organisation; communautés *taisibles.* — Les communautés et la petite propriété; leur disparition en France; la *Zadruga* slave.

Propriété individuelle. — Dédoublement de la nue propriété et de l'usufruit. — Domaine éminent chez les Hébreux, les Musulmans, au moyen âge, sous la Monarchie absolue. — Propriété quiritaire.

Légitimité de la propriété. — Attaques contre la propriété. — Divers systèmes pour la défendre : le contrat social, la loi, la première occupation, le juste, l'utile. — La terre et le travail humain. — La plus-value du sol et le capital. — Emphytéose. — Supériorité de la propriété absolue, perpétuelle, héréditaire. — Systèmes collectivistes; leurs dangers.

Propriété rurale. — Importance de l'agriculture. — Divers systèmes de culture : culture intensive, extensive. — Circonstances influant sur ces divers modes.

Division de la propriété : en France, sous l'ancien régime; aujourd'hui. — Nombre et classement des cotes foncières. — Résultats des dernières enquêtes. — Division de la propriété : en Belgique, en Prusse, en Italie, en Angleterre, aux États-Unis. — Caractères respectifs

de la grande, de la moyenne et de la petite propriété. — Avantages de leur juxtaposition. — Progrès de la petite propriété. — Les Latifundia. — Les prairies et la population.

Mobilisation du sol. — Système de Law. — Loi de messidor an III. — Assignats. — Act *Torrens*. — Systèmes pour retenir la petite propriété entre les mains du paysan : le champ patrimonial en Chine; l'*Homestead exemption* en Amérique; le *Hoferolle* en Allemagne et en Autriche. — Le morcellement et les enclaves. — Influence des lois de succession. — Lois allemandes sur le remembrement obligatoire; — *Rentengüter*.

(*d*) LES INDUSTRIES ET LES LIEUX.

Influence des lieux sur la production. — La zone tempérée et la civilisation. — Répartition géographique des industries. — Leur classification et leur personnel. — Leurs caractères. — Grande et petite industrie. — Recensement des professions. — La famille et l'atelier.

II. — LA RÉPARTITION.

9e, 10e et 11e Leçons.

Généralités. — Rémunérations des divers facteurs de la production : sa légitimité et sa nécessité. — Régimes de répartition : autorité; coutume; liberté. — Offre et demande.

(*a*) RENTE.

Théorie de Ricardo. — Ses conséquences; sa réfutation. — Monopoles naturels.

Formes d'exploitation du sol. — Leur histoire; leurs caractères. — Faire-valoir patronal et familial; absentéisme; questions agraires. — Métayage : circonstances auxquelles il convient; harmonie des intérêts du métayer et du propriétaire; réaction en faveur du métayage

transformé. — Fermage : durée des baux; *Holdings act*. — Crise agricole; ses causes et ses conséquences sur les modes d'exploitation du sol.

(*b*) INTÉRÊT.

L'intérêt de l'argent. — Sa condamnation dans le passé. — Sa fécondité et sa légitimité. — Baisse progressive du taux de l'intérêt; ses causes et ses conséquences; conversions.

Réglementation de l'intérêt en France et à l'étranger. — Tendance générale à la liberté de l'intérêt. — Réaction contre ses abus.

(*c*) SALAIRE.

Valeur du salaire. — Sa généralité, et ses formes multiples. — Ses avantages pour le patron et l'ouvrier.

Le salaire envisagé au point de vue du patron : élément du prix de revient. — Loi de Brassey. — Débat pour la fixation des salaires. — *Truck-system;* lois destinées à la réprimer dans les divers pays. — Intervention des machines. — Combinaisons solidarisant l'intérêt des patrons et des ouvriers.

Le salaire envisagé au point de vue de l'ouvrier : principal chapitre du budget de la famille ouvrière. — Salaire nominal et salaire réel. — Salaire en nature; ses caractères; sa généralité dans la passé; son rôle actuel. — Les subventions; leur importance sur le bien-être de la famille et sur les rapports dans l'atelier. — Industries domestiques. — Revenus des propriétés. — Monographies de famille. — Choix du jour de paie. — Périodicité de la paie; législation qui la régit dans divers pays.

Objections contre le salariat. — Attaques contre le marchandage, contre l'inégalité des salaires; — salaire naturel; loi d'airain; — fonds des salaires; — théorie de Malthus. — Réfutation de ces théories. — Le salaire

dépend surtout de la productivité du travail; conséquences au point de vue économique et social. — Influence de la richesse du pays, du coût des vivres, de l'état des mœurs, de la loi, de la nature de la profession.

Statistique des salaires; ses difficultés. — Dangers des catalogues de salaires; — Bourses du travail. — Hausse générale des salaires plus rapide que celle du coût des vivres. — Amélioration de la situation matérielle du plus grand nombre.

Réglementation des salaires. — Salaires minima. — Essais à diverses époques. — Résultats.

Associations coopératives de production. — Leur histoire; leur faible développement; leurs conditions de succès. — Ouvriers auxiliaires. — La mine aux mineurs. — Le collectivisme dans les mines de Rancié. — Permanence et universalité du salaire.

(*d*) PROFIT.

Produit brut; frais de production; produit net. — Inventaire; ses difficultés.

Circonstances influant sur le taux du profit. — Variations du profit avec l'intensité de la production suivant la nature des industries. — Méthode pour résoudre divers problèmes commerciaux influant sur le profit. — Le profit et les collectivistes.

Rôle et utilité économiques du profit.

12e, 13e, 14e, 15e, et 16e Leçons.

(*e*) RAPPORTS ENTRE LE CAPITAL ET LE TRAVAIL.

Importance économique de l'harmonie des rapports entre le capital et le travail. — Signes caractéristiques de cette harmonie.

Durée du séjour dans l'atelier. — Courbes de stabilité. — Avantages de la stabilité pour les patrons et les ouvriers. — Combinaisons pour l'encourager.

Le logement de l'ouvrier. — Importance de la question du logement. — Mauvaise situation du logement ouvrier en France et à l'étranger; ses conséquences sur l'hygiène et la moralité de l'ouvrier, sur la santé et la sécurité publiques. — But à atteindre : maisonnette isolée pour une élite, maison collective pour la généralité. — Action de l'Etat : intervention directe vis-à-vis de son personnel en tant que patron; transports rapides et économiques entre le centre des villes et leur banlieue; enquêtes; lois et règlements contre les logements insalubres en France et à l'étranger; facilités fiscales et légales. — Action des intéressés : *Buildings societies* en Angleterre et aux États-Unis; mécanisme, développement, résultats. — Action des classes aisées : spéculation, patronage, philanthropie; — société des maisons ouvrières de Mulhouse; — sociétés anglaises, difficultés du début, succès financier et moral, fondation Peabody; — mouvement analogue à l'étranger et en France. — Diverses combinaisons mises en œuvre; emploi des réserves des caisses d'épargne.

Entente sur la fixation des salaires. — Histoire des coalitions et de leur régime légal en France et à l'étranger. — *Trade's Unions* en Angleterre et aux États-Unis; leur rôle; — Syndicats professionnels en France; statistique. — Organisation des syndicats de patrons; d'ouvriers; des syndicats mixtes.

Les grèves et leurs conséquences. — Remèdes proposés.

Taxation du salaire. — Réglementation internationale du travail. — Objections.

Arbitrage et conciliation en Angleterre, aux États-Unis, en Belgique. — *Sliding scale.* — *Basis system.* — Projets en France.

Participation aux bénéfices : son ancienneté; — ses avantages là où elle est applicable; — ses conditions de succès, surtout dans la petite industrie. — Résultats.

Recrutement du personnel : avantages faits aux fils pour les retenir. — Dynasties d'ouvriers.

Habitudes et institutions de prévoyance. — Effets de l'imprévoyance; alcoolisme; dettes. — Incessibilité et insaisissabilité des salaires en France et à l'étranger.

Prévoyance et assurance. — Diverses catégories d'institutions.

Institutions pour aider la famille ouvrière dans son état normal : — Épargne par le resserrement de la consommation; par l'abaissement du prix des objets consommés. — Économats des compagnies; avantages et difficultés actuelles du patronage direct. — Sociétés coopératives de consommation en Angleterre, en Belgique, en France; leur mécanisme; *Wholesale;* achat au comptant; système du prix courant ou du prix coûtant; emploi des bénéfices. — Comparaison des économats et des sociétés coopératives. — Conclusions du congrès des chemins de fer à Milan, en 1887.

Institutions contre les crises de la famille ouvrière. — Leur distinction, suivant la nature du service; dangers de la confusion des secours annuels et des engagements à longue échéance.

Maladies. — Sociétés de secours mutuels. — Organisation des assurances contre les maladies en Allemagne, en Autriche. — Caisses régionales de secours des mineurs belges. — Les caisses de prévoyance et de secours en France; enquête de 1884; — organisation; résultats.

Accidents. — Principes de la responsabilité civile ou du risque professionnel. — Charge de la preuve. — Assurance obligatoire ou facultative. — Législation en Allemagne; en Autriche; en Angleterre; en Suisse; en Italie. — Législation actuelle en France et projets de loi soumis aux Chambres. — Fixation de l'indemnité et de la pension. — Mode d'assurance. — Distinction entre les accidents graves et légers. — Catégories auxquelles la loi s'applique. — Organisation financière; *Umlageverfahren* ou *Deckungsverfahren.*

Vieillesse et infirmités. — Les retraites; difficultés d'en calculer d'avance les charges; illusions, mécomptes et embarras. — Solutions adoptées par l'État; par les grandes compagnies. — Système de la pension ou du patrimoine. — La retraite obligatoire. — Loi allemande du 24 mai 1889. — Objections.

Respect de l'ouvrière. — Sa place au foyer. — Précautions légales en sa faveur; travail souterrain; travail de nuit. — Emploi des femmes dans les grandes administrations. — Industrie domestique. — Écoles ménagères.

Alliance des travaux agricoles et manufacturiers. — Avantages de cette alliance. — Combinaisons pour la réaliser.

La manufacture rurale et la manufacture urbaine. — Les sociétés anonymes et le patronat individuel.

III. — LA CIRCULATION.

17e, 18e, 19e, 20e et 21e Leçons.

Échange. — Son mécanisme et ses caractères. — Ses services.

La valeur. — Ses différentes définitions. — Circonstances qui la déterminent. — Offre et demande. — Frais de production. — Monopole.

Distinction entre la valeur et la richesse. — Étalon de la valeur : les métaux précieux; le blé; la journée de travail. — Systèmes pour mesurer ou pour conjurer les variations de l'étalon.

(*a*) LA MONNAIE.

La monnaie. — Titre. — Poids. — Cours légal. — La monnaie est une marchandise. — Altération des monnaies.

— Monnaies réelles et monnaies de compte. — Monnaie de billon. — Variation du pouvoir d'achat de la monnaie; ses conséquences pour les débiteurs et les créanciers.

Les divers systèmes monétaires. — Nécessité de plusieurs métaux pour la monnaie. — Loi de Gresham. — Rapport de la valeur de l'or et de l'argent. — Ses variations successives. — Extraction et stock des deux métaux. — Causes de la baisse actuelle de l'argent; ses effets.

Union latine; conventions du 23 décembre 1865 et du 5 novembre 1878; leurs lacunes. — Encaisse de la banque de France. — Variation de sa composition. — Politique monétaire de l'Allemagne; des États Scandinaves, de l'Italie; des États-Unis, *Bland bill.* — Renouvellement de l'Union latine en 1885.

Monométallisme et bimétallisme. — Leurs avantages et leurs inconvénients. — Congrès monétaires. — Situation actuelle de la question.

(*b*) LE CRÉDIT ET LES BANQUES.

Le crédit. — Sa nature. — Son influence. — Ses divers modes.

Les effets de commerce. — Billets simples; au porteur; à vue; à ordre; lettres de change; mandats; chèques. — Le change; ses fluctuations; ses causes et ses résultats.

Les banques. — Leur rôle et leur mécanisme. — Les banques de dépôt, de virement, d'escompte, d'émission. Réserve métallique. — Limite de l'émission. — Billets de banque. — Banque de France; son organisation; renouvellement de son privilège. — Les Banques en Angleterre, en Allemagne, aux États-Unis, en Australie. — Banques populaires en Allemagne et en Italie.

Les crises commerciales. — Leur histoire, leurs causes et leurs caractères. — Leur périodicité. — Taux des prix, de l'escompte, du change. — Mouvement de l'encaisse, de la circulation et du portefeuille des grandes banques. — Prévision des crises; son intérêt.

Le papier-monnaie. — Ses effets économiques. — Cours forcé. — Assignats. — Reprise des paiements en espèces.

Le crédit public. — Emprunts perpétuels, amortissables. — Annuités. — Conversions.

(*a*) LE COMMERCE.

Commerce. — Ses transformations et son rôle. — Gros et détail. — Bazars et boutiques. — Prix fixe ou marchandage. — Concurrence ou réglementation. — Maximum. — Taxe de la boulangerie.

Commerce intérieur. — Douanes intérieures. — Liberté de circulation. — Octrois; leur suppression en Belgique; projet de suppression en France.

Commerce extérieur. — Histoire du régime douanier en France et à l'étranger. — Droits à l'exportation. — Droits à l'importation : fiscaux, protecteurs. — Balance du commerce; système mercantile; système protectionniste. — Correctifs de ces systèmes : échelle mobile; drawbacks; entrepôts; admissions temporaires. — Traités de commerce; tarifs généraux. — Régime douanier actuel; ses tendances générales.

Syndicats de production et de vente. — Leur histoire; leurs divers modes; effets économiques; contrepoids.

Colonies. — Leur rôle économique. — Colonies de commerce, de peuplement, de plantation.

(*b*) LES TRANSPORTS.

Progrès des transports. — Données statistiques. — Principaux effets de ces progrès : sur le déplacement des hommes et des choses (masse, économie, vitesse); sur les débouchés et les approvisionnements; sur les prix; sur la liberté commerciale.

Régime de l'exploitation des voies de communication en France et à l'étranger. — Système français : compa-

gnies concessionnaires sous la main de l'État. — Des tarifs : leur influence économique; leur histoire; leurs diverses formules. — Taxation d'après le principe commercial et non d'après le prix de revient. — Effets des abaissements de tarif; réformes postales. — Régime actuel des tarifs de chemin de fer; homologation; clause des stations non dénommées. — Régime des voies navigables; développement de leur trafic. — Concurrence des voies ferrées et navigables; droits de navigation. — Taxes locales des ports en Angleterre et en France.

Système allemand : exploitation des chemins de fer par l'État. — Tarifs « naturels ». — Conséquences du système.

Système américain et anglais : liberté initiale; évolution graduelle vers la réglementation. — Fusions; coalitions; *pools;* traités particuliers. — *Interstate commerce law* de 1887 aux États-Unis; — *Railway and canal traffic act* de 1888 en Angleterre.

Coup d'œil comparatif sur les divers systèmes et supériorité du système français qui semble le mieux concilier les droits de l'autorité et les avantages de la liberté.

IV. — LA CONSOMMATION.

22e Leçon.

L'épargne et le luxe. — Leur rôle économique. — Influence des prix sur la consommation. — Loi de Tooke.

La consommation et la population. — La loi de Malthus; ses erreurs. — Émigration et colonisation. — Paupérisme. — Charité légale; charité privée.

La consommation et l'impôt. — Impôts directs, indirects; sur le capital, sur le revenu; proportionnels, progressifs. — Revenus industriels de l'État. — Incidence des impôts; leurs effets économiques. — Le budget; son mécanisme. — La dette publique. — Amortissement.

Le rôle de l'État. — Ses attributions légitimes; ses limites. — Mesure de l'utilité des travaux publics. — Bénéfices directs et indirects.

V. — ANNEXES.

23e et 24e Leçons.

STATISTIQUE.

Objet de la statistique. — Son utilité pour les ingénieurs.

Organisation de la statistique en France et à l'étranger. — Bureaux officiels de statistique; leurs principales publications. — Conseils supérieurs de statistique. — Congrès de statistique. — Institut international de statistique.

Méthodes de statistique. — Réunion des données élémentaires; révision; coordination; élaboration. — Coefficients; moyennes. — Tableaux numériques. — Statistique graphique : ses avantages; ses applications; ses ressources (diagrammes, cartogrammes, stéréogrammes).

Données statistiques. — Notions de démographie comparée. — Statistique des transports. — Statistique de l'industrie minérale : production; consommation; importation; accidents; prix.

25e et 26e Leçon.

COMPTABILITÉ.

Comptabilité publique. — Budget. — Crédits. — Exercice. — Budget du ministère des travaux publics. — Liquidation des dépenses. — Ordonnance de fonds. — Mandats de paiement. — Exercices clos, — périmés. — Comptabilité des ingénieurs. — Tenue des bureaux.

Comptabilité privée (1). — Comptabilité économique : son mécanisme; ses services.

---

(1) A l'enseignement oral sont annexés des exercices d'applications pratiques.

Comptabilité financière. — Livres légaux; usuels. — Tenue en partie simple; en partie double. — Comptes généraux. — Journal. — Grand-livre. — Livres auxiliaires. — Balances. — Bilan. — Inventaire. — Spécimen de la comptabilité d'une grande exploitation (Mines; chemins de fer, etc.).

27e Leçon.

OBSERVATIONS ÉCONOMIQUES AU COURS DES VOYAGES DE MISSION.

Observations économiques à recueillir dans une exploitation. — Leur importance. — Intérêt du fait, du document vivant, du contact avec les ouvriers. — Préparation du voyage.

Partie commerciale. — Généralités sur la région et l'industrie. — Organisation financière et commerciale. — Approvisionnements. — Débouchés. — Prix.

Organisation du travail. — Divisions principales de l'atelier. — Recrutement des ouvriers. — Salaires. — Durée du travail. — Institutions de patronage et de prévoyance. — Habitudes générales de la famille ouvrière. — Rapports entre le capital et le travail.

LEÇONS D'ARTILLERIE.

M. PRIOU, chef d'escadron d'artillerie, Professeur.

1re Leçon.

INTRODUCTION.

Attributions du corps de l'artillerie. — Coup d'œil d'ensemble sur l'organisation de notre système d'artillerie : Matériels de campagne, de montagne, de siège et de place, de côte.

2e et 3e Leçons.

BOUCHES A FEU.

Choix du métal. — Formes extérieures et formes intérieures. — Mécanismes de culasse. — Obturation. — Rayures. — Résistance des bouches à feu : tubes simples; tubes composés. — Frettage. — Canons à fils d'acier. — Canons démontables. — Causes de rupture.

4e, 5e et 6e Leçons.

POUDRES ET LEURS EFFETS.

Constitution des poudres de guerre. — Combustion des poudres à l'air libre et dans les bouches à feu. — Examen des divers types de poudres : poudres à gros grains, poudres à grains plats, poudres prismatiques, poudres comprimées.

Variations de la vitesse initiale et de la pression maximum : influence de la nature de la poudre et de son état de conservation, des éléments de l'arme, des conditions de chargement, du poids du projectile. — Recul de l'arme.

Mesure de la vitesse des projectiles à la sortie de l'âme,

en plusieurs points de leur trajectoire, aux divers points de l'âme : Chronographes Le Boulengé, Bashforth, Schultz; enregistreurs Marcel Deprez; projectiles enregistreurs Sebert. — Vélocimètre Sebert pour l'étude du mouvement de recul des bouches à feu.

Mesure des pressions : par la méthode dynamique et par la méthode statique; loi de développement des pressions sur le culot du projectile, aux divers points de l'âme; enregistreur Ricq; mesure de la pression maximum à l'aide du manomètre à écrasement.

7e Leçon.

SUBSTANCES EXPLOSIVES.

Emploi des explosifs pour les divers usages militaires. — Leur puissance. — Circonstances qui en provoquent la détonation. — Conditions à rechercher dans un explosif de guerre. — Pyroxyles. — Nitroglycérine et dynamites. — Acide picrique et picrates. — Panclastites. — Fulminate de mercure.

8e et 9e Leçons.

PROJECTILES ET LEURS EFFETS. — ARTIFICES.

Organisation des projectiles au point de vue du mouvement : formes extérieures; montage. — Organisation au point de vue des effets : Tir contre les troupes; gerbes; obus à fragmentation; obus à mitraille; shrapnels; effet moral; boîtes à mitraille. — Tir contre les obstacles; effets des projectiles de rupture; effets d'explosion dans les terres, dans les maçonneries, etc. — Effets incendiaires.

Artifices de mise de feu et de communication du feu. — Artifices de rupture. — Artifices éclairants. — Artifices incendiaires. — Artifices de signaux.

10e et 11e Leçons.

AFFUTS.

Conditions générales auxquelles doivent satisfaire les affûts. — Conditions particulières de service. — Affûts roulants de campagne, de montagne, de siège. — Affûts glissants. — Affûts à châssis. — Appareils de pointage en hauteur. — Pointage en direction. — Moyens de diminuer le recul : utilisation de la pesanteur, du frottement, de forces antagonistes; freins hydrauliques. — Affûts de formes spéciales : affûts à ressorts, à tampons élastiques ou hydrauliques; — affûts sans recul; — affûts à embrasure réduite; — affûts à éclipse.

12e Leçon.

FABRICATION DES BOUCHES A FEU EN ACIER.

Fabrication des tubes et des frettes. — Conditions imposées par l'artillerie. — Coulée. — Forgeage. — Recuit. — Essais avant trempe. — Usinage dégrossisseur. — Trempe et recuit. — Essais après trempe. — Pose des frettes et usinage définitif. — Épreuve de tir.

13e, 14e, 15e et 16e Leçons.

MOUVEMENT DES PROJECTILES. — TIR.

Mouvement des projectiles dans le vide. — Mouvement dans l'air : résistance de l'air; sa détermination expérimentale; moyens d'assurer la conservation de la vitesse; nécessité du mouvement de rotation; dérivation. — Forme de la trajectoire.

Avantages des grandes vitesses restantes.

Des causes d'écarts dans le tir; causes provenant de l'arme et de son chargement; causes fortuites. — Loi de la dispersion des coups; son application au réglage du tir. — Problèmes du tir. — Réglage par l'observation de la grandeur des erreurs. — Réglage par l'observation du sens des erreurs. — Méthodes de tir : détermination de la hausse; détermination de l'évent. — Tirs contre un but mobile.

Tables de tir : Éléments qui y sont inscrits. — Leur

usage pour les divers genres de tir. — Établissement des tables d'une bouche à feu existante. — Calcul approximatif des tables d'une arme à l'étude.

17e, 18e, 19e et 20e Leçons.

ORGANISATION ET SERVICES DE L'ARTILLERIE.

Notions sur l'organisation du personnel et des établissements de l'artillerie.

Service de l'artillerie en campagne. — Principes relatifs aux marches. — Place dans les colonnes. — Positions de combat : reconnaissance et occupation des emplacements; changements de position. — Exécution des feux. — Ravitaillement. — Rôle et emploi de l'artillerie dans le combat offensif et dans le combat défensif.

Service de l'artillerie dans l'attaque des places. — Équipages de siège. — Personnel de l'artillerie d'une armée de siège; son rôle et ses attributions. — Emploi de l'artillerie. — Diverses sortes de batteries. — Exécution des feux.

Service de l'artillerie dans la défense des places. — Armement des places. — Rôle de l'artillerie de forteresse en temps de paix et en temps de guerre. — Organisation du tir et des services de l'observation des coups et des transmissions. — Exécution des feux.

Service de l'artillerie dans la défense des côtes. — Conditions spéciales des tirs de côte. — Appareils et instruments employés. — Méthodes de tir.

PROGRAMMES DES COURS

DE

L'ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DES MINES

COURS PRÉPARATOIRES

COURS D'ANALYSE ET DE GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE.

M. PELLETAN, ingénieur des mines, Professeur.

ANALYSE.

CALCUL DIFFÉRENTIEL.

1re Leçon.

Infiniment petits; leurs divers ordres; théorème sur la limite d'un rapport ou d'une somme.

Représentation géométrique d'une fonction d'une seule variable. Fonctions de fonctions. Fonctions inverses; composées; explicites ou implicites.

2e Leçon.

Interpolation. Formule de Lagrange. Premières notions sur le calcul des différences finies. Formule d'interpolation de Newton.

3e Leçon.

Définition de la dérivée et de la différentielle. Différen-

tiation des fonctions algébriques, circulaires, exponentielle et logarithmique. Différentiation d'une équation.

4e Leçon.

Tangentes et normales aux courbes. Coordonnées rectilignes et polaires. Sous-normale. Tangentes aux coniques et aux courbes les plus importantes.

5e Leçon.

Enveloppes et enveloppées. Applications.

Différentielle d'un arc de courbe. Variation de la longueur d'une droite. Développées et développantes.

6e Leçon.

Fonctions d'un nombre quelconque de variables ; leurs dérivées partielles; leurs différentielles; cas des fonctions implicites. Fonctions homogènes.

Tangentes aux courbes de l'espace; indicatrice sphérique. Étude de l'hélice.

7e Leçon.

Plans tangents aux surfaces; applications. Enveloppes et enveloppées. Surfaces réglées; variation du plan tangent le long d'une génératrice. Surfaces développables.

8e Leçon.

Différentielles d'ordre supérieur; cas d'une seule variable; différentielle d'un produit. Série de Taylor; expression du reste; développement en séries de fonctions circulaires et exponentielle et de leurs inverses. Fonctions hyperboliques.

9e Leçon.

Formules illusoires. Règles de Lhopital. Applications.

Différentielles d'ordre supérieur des fonctions de plusieurs variables. Extension à ces fonctions de la série de Taylor. Changement de variables. Maxima et minima.

10e Leçon.

Courbure d'une ligne plane. Son expression analytique. Cercle osculateur. Contact de divers ordres; points d'inflexion et sommets. Le centre de courbure est un point de la développée.

11e Leçon.

Recherche de la courbure des coniques, de la cycloïde, de la spirale d'Archimède, etc.

Points singuliers. Étude de ces points par les développées; caractères analytiques auxquels on les reconnaît.

12e Leçon.

Courbes dans l'espace. Plan osculateur; ses propriétés; son équation. Première et seconde courbure : leur détermination par l'indicatrice sphérique. Normale principale. Sphère osculatrice. Lieu des tangentes à une courbe.

13e Leçon.

Courbure des surfaces; indicatrice; directions principales; directions conjuguées. Sections normales et obliques; lois de leurs courbures. Lignes de courbure; asymptotiques; géodésiques.

CALCUL INTÉGRAL.

14e Leçon.

Fonctions définies par des équations différentielles; indétermination du problème. Différentielles d'une seule variable. Intégrales définies et indéfinies.

15e Leçon.

Intégrales immédiates; intégration par décomposition, par substitution, par parties; par les séries, par l'emploi des imaginaires; exemples les plus importants.

16e Leçon.

Intégration des fonctions rationnelles. Cas des racines réelles, simples ou multiples; cas des racines imaginaires. Différentielles qui contiennent des radicaux du second degré.

17e Leçon.

Différentielles binômes. Intégration des fonctions circulaires; cas d'une fonction rationnelle de cos x et $\sin x$. Intégration des fonctions exponentielles.

18e Leçon.

Évaluation des aires planes. Surface de segments elliptiques, hyperboliques et paraboliques. Aire de la cycloïde; de la spirale d'Archimède; de la spirale logarithmique. Longueur d'un arc de courbe. Rectification de la cycloïde.

19e Leçon.

Calcul approché d'une intégrale définie. Méthode de Côtes, de Simpson, de Poncelet. Exemples de calculs.

20e Leçon.

Différentiation et intégration sous le signe $\int$. Application au calcul de quelques intégrales définies. Intégrale de Laplace.

21e Leçon.

Définition de la fonction Eulérienne de la seconde espèce. Sa propriété fondamentale. Condition d'intégralité des différentielles de la forme $M dx + N dy$ ou $M dx + N dy + P dz$.

22e Leçon.

Des intégrales multiples. Cas de deux variables; interprétation géométrique; intégrales triples. Calcul d'un

volume. Application à l'ellipsoïde; à une portion de sphère.

23e Leçon.

Équations différentielles. Équations de la forme $M dx + N dy = 0$; facteurs d'intégrabilité; théorème relatif à ces facteurs; leur détermination dans quelques cas. Solutions particulières.

24e Leçon.

Notions générales sur l'intégration des équations différentielles ordinaires.

Équation linéaire du premier ordre. Cas d'abaissement des équations d'ordre supérieur. Équations linéaires à coefficients constants.

25e Leçon.

Équations simultanées.

Premières notions sur l'intégration des équations aux dérivées partielles. Équations linéaires du premier ordre. Équation des cordes vibrantes.

GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE.

1re Leçon.

Divers modes de représentation des corps. Perspective conique. Projections orthogonales. Perspectives cavalière, axonométrique et isométrique. Projections cotées.

Généralités. Ombres et points brillants. Courbes d'ombre propre et d'ombre portée.

2e Leçon.

Perspective conique : tableau et géométral; représentation de la droite et du plan; points et lignes de fuite; horizon. Point accidentel de distance. Points principaux de fuite et de distance.

3e Leçon.

Trait de perspective : cas où la figure à représenter est donnée par ses projections orthogonales : trouver l'image d'un point du géométral. Trouver celle d'un point de l'espace.

4e Leçon.

Constructions directes en perspective. Problèmes relatifs à la ligne droite et au plan. Image d'un cercle. Intersection de surfaces. Épure de la perspective d'une arche biaise.

5e Leçon.

Restitution d'une perspective. Cas remarquables. Perspective cavalière : représenter dans ce système une figure donnée par ses projections orthogonales. Perspectives axonométrique et isométrique.

6e Leçon.

Projections cotées. Représentation d'un point; cotes rondes. Représentation d'une droite; pente et intervalle. Représentation d'un plan; son échelle de pente. Problèmes relatifs à la ligne droite et au plan.

7e Leçon.

Représentation des surfaces topographiques. Lignes de niveau et de plus grande pente : sommets, cols, lignes de séparation des eaux, thalwegs.

8e Leçon.

Étude des courbes et surfaces usuelles. Hélice, ses projections orthogonales. Ombre portée sur le plan horizontal.

9e Leçon.

Surfaces réglées. Hyperboloïdes et paraboloïdes de

raccordement. Paraboloïde des normales. Déplacement d'un plan. Théorème du foyer. Mouvement le plus général d'une droite.

10e Leçon.

Construction du plan tangent à diverses surfaces réglées : au paraboloïde; au biais passé gauche. Surface de la voûte d'arêtes en tour ronde.

11e Leçon.

Surfaces enveloppes. Détermination de l'ombre par les enveloppées. Application au tore considéré comme l'enveloppe d'une sphère. Ombre portée par la surface : 1° sur elle-même; 2° sur le plan horizontal.

12e Leçon.

Mouvement hélicoïdal. Hélicoïdes réglés. Surface de vis à filet triangulaire. Sa trace sur le plan horizontal. Ombre propre et ombre portée.

13e Leçon.

Vis à filet carré. La courbe d'ombre propre est une hélice. Ombre portée sur le plan horizontal. Hélicoïdes développables. Détermination du plan osculateur et du centre de courbure de l'intersection de deux surfaces.

STÉRÉOTOMIE.

14e Leçon.

Principes généraux et types principaux des assemblages des pièces de bois, de fer et de fonte qui entrent dans les ouvrages en charpente. Consolidation des assemblages.

15e Leçon.

Combles. Conditions mécaniques et géométriques de l'établissement des fermes. Éléments constitutifs. Fermes

en bois, fermes mixtes, fermes métalliques. Types divers et détails d'assemblage. Voûte droite et biaise. Couverture des édifices.

16e Leçon.

Formules empiriques de l'établissement des escaliers. Balancement des marches. Échiffre d'escalier en courbe rampante. Taille du limon. Escalier à marches pleines.

17e Leçon.

Généralités : coupe des pierres et charpente. Tracé des épures. Murs, voûtes et voussoirs. Porte biaise en talus. Biais passé gauche.

18e Leçon.

Porte droite en tour ronde. Porte biaise en tour ronde et en talus. Descente biaise en berceau.

19e Leçon.

Arches biaises. Appareil orthogonal. Appareil hélicoïdal. Théorie complète de l'appareil hélicoïdal en plein cintre ou en arc de cercle. Propriétés géométriques. Foyers. Points d'équilibre. Étude d'un voussoir de tête. Appareil hélicoïdal simplifié.

20e Leçon.

Berceaux tournants. Voûtes sphériques. Arrière-voussures. Voûtes composées : berceau coudé ; voûtes d'arêtes et en arcs de cloître. Voûtes d'arêtes en tour ronde.

COURS DE MÉCANIQUE.

M. MOUTARD, inspecteur général des mines, Professeur.

INTRODUCTION.

VECTEURS ET MOMENTS.

1re Leçon.

Origine, grandeur, direction d'un vecteur. — Composition d'un faisceau de vecteurs. — Décomposition ; parallélogramme, parallélipipède. — Théorème des projections. Expression du résultant par les composants et leurs angles mutuels.

Moment d'un vecteur en un point ; représentation du moment par un autre vecteur ; fixation du sens. — Moment d'un vecteur par rapport à un axe. — Relation entre les projections sur trois axes rectangulaires d'un vecteur et de son moment en un point. — Vecteurs équivalents.

Composition des moments d'un faisceau de vecteurs. — Expressions des moments d'un vecteur par rapport à trois axes rectangulaires, au moyen des coordonnées de son origine et de ses projections.

2e Leçon.

Des systèmes de vecteurs en général. — Systèmes équivalents. — Réduction à deux vecteurs. — Vecteur résultant de translation. — Moment total en un point. Influence de la situation du centre des moments. — Les six équations nécessaires et suffisantes pour l'équivalence ; concentration dans un seul énoncé.

Résultant unique; équations de la droite dont il est un segment.

Corollaires géométriques de la théorie des vecteurs.

3e Leçon.

Étude des cas particuliers. — Vecteurs situés dans un même plan. — Vecteurs parallèles. — Centre d'un système de vecteurs parallèles de direction variable, à origines fixes.

Étude directe de la composition des vecteurs parallèles.

4e Leçon.

Théorie des couples, déduite de la théorie générale de l'équivalence. — Représentation d'un couple par un vecteur; fixation du sens. — Étude directe des couples.

Réduction d'un système de vecteurs à un vecteur résultant de translation et à un couple. Influence du choix de l'origine du vecteur résultant.

Identité essentielle de la théorie des couples et de celle des moments.

CENTRES DE MASSE ET MOMENTS D'INERTIE.

5e Leçon.

Notion de la masse considérée comme un coefficient affecté à un point. — Centre de masse, définition déduite de celle du centre d'un système de vecteurs parallèles. — Propriétés géométriques; théorème des moments, moment d'inertie polaire minimum.

Composition d'un système de vecteurs concourants proportionnels aux masses de leurs origines et aux distances de ces origines au point de concours. — Corollaires géométriques.

6e Leçon.

Réduction d'un système de vecteurs perpendiculaires

à un axe fixe, ou d'un système de vecteurs perpendiculaires aux plans qui passent par leurs origines et un axe fixe, lorsque les vecteurs sont proportionnels aux masses des origines, et aux distances de ces origines à l'axe.

Moment d'inertie d'un système de points-masses par rapport à un axe. — Rayon de gyration. — Translation de l'axe. — Ellipsoïde d'inertie. — Axes principaux d'inertie en un point. — Ellipsoïde central.

7e Leçon.

Extension des théories qui concernent les points-masses aux lignes, aux surfaces et aux volumes, considérés comme des systèmes de points-masses infiniment rapprochés. — Corps homogènes et hétérogènes. — Masse spécifique. — Calculs de la masse totale, des coordonnées du centre de gravité, des moments d'inertie, par des intégrales simples, doubles ou triples.

Construction géométrique des centres de gravité dans les cas simples. — Périmètre et surface du triangle. — Surface et volume du tétraèdre. — Trapèze. — Pyramide. — — Tronc de pyramide.

Théorèmes de Guldin. — Volume du cylindre tronqué.

Calcul du moment d'inertie d'un parallélipipède rectangle, d'un cylindre droit, d'une sphère.

MÉCANIQUE.

8e Leçon.

Division du cours. — Caractères différents des branches de la mécanique. — Du temps ou de la durée.

CINÉMATIQUE PURE.

Mouvement d'un point sur sa trajectoire. — Représen-

tations : analytique, graphique, par une table. Appareils enregistreurs.

Mouvement uniforme. — Vitesse. — Symbole $V = LT^{-1}$.

Mouvement varié. — Vitesse moyenne, vitesse à un instant donné. — Exemples divers. — Mouvement vibratoire simple. — Lois du mouvement uniformément varié.

Détermination du mouvement lorsqu'on connaît une relation entre le temps, le chemin et la vitesse. — Conditions initiales. — Exemples.

9e Leçon.

Accélération tangentielle dans le mouvement uniformément varié, dans le mouvement quelconque. — Symbole $J = LT^{-2}$. — Détermination d'un mouvement lorsqu'on connaît une relation entre le temps, le chemin, la vitesse et l'accélération tangentielle. — Intégration dans les cas simples. — Conditions initiales.

Exemples relatifs à la chute des graves dans les milieux dont la résistance dépend de la vitesse, et aux mouvements rectilignes dont l'accélération dépend de la distance à un point fixe.

Remarque sur la double homogénéité des formules de la cinématique.

10e Leçon.

Accélération totale dans le mouvement curviligne. — Déviation. — Plan osculateur. — Normale principale, courbure. — Décomposition en accélération tangentielle et en accélération centripète.

Projection d'un mouvement sur un plan ou sur un axe. — Vitesse et accélération totale du mouvement projeté. Application à la projection, sur un axe ou sur un plan, du mouvement circulaire uniforme et du mouvement uniforme sur une hélice.

11e Leçon.

Emploi des coordonnées rectangulaires pour l'étude du mouvement d'un point dans l'espace.

Équations du problème général de la cinématique du point. — Mouvements paraboliques, elliptiques, vibratoires.

Conséquences géométriques relatives au plan osculateur, à la normale principale et à la courbure, déduites de la comparaison des équations générales avec l'étude directe de l'accélération totale dans le mouvement curviligne.

12e Leçon.

Réduction des trois équations générales à six équations différentielles du 1er ordre. — Constantes arbitraires. — Intégrales. — Conditions initiales.

Applications : Mouvement d'un point dont l'accélération a une direction constante. — Mouvement parabolique.

Courbe balistique.

Mouvement d'un point dont l'accélération est dirigée suivant la droite qui joint le mobile à un pôle fixe. — Loi des aires.

13e Leçon.

Emploi des coordonnées polaires planes. — Vitesses : angulaire, d'élongation, de circulation, aréolaire.

Décomposition de l'accélération suivant le rayon vecteur et la perpendiculaire à ce rayon. — Expression en fonction du rayon vecteur, de l'accélération d'un mouvement plan dont la vitesse aréolaire est constante, et dont la trajectoire est connue. — Problème inverse.

Interprétation cinématique des lois de Kepler.

14e Leçon.

Mouvement d'une figure plane dans son plan. — Trans-

lation. — Rotation autour d'un point. — Centre instantané de rotation. — Vitesse de rotation instantanée. — Roulement d'une courbe mobile sur une courbe fixe. — Glissement. — Mouvement mixte.

15e Leçon.

Applications géométriques : construction des tangentes aux conchoïdes, cycloïdes, etc. ; du point de contact d'une enveloppée et de son enveloppe. — Roulement d'un cercle à l'intérieur d'un cercle de rayon double. — Engrenage de Lahire.

16e Leçon.

Mouvement d'un solide dans l'espace. — Translation. — Rotation autour d'un axe. — Pivotement. — Mouvement hélicoïdal. — Axes instantanés de rotation. — Axe spontané. — Vitesses instantanées de rotation et de glissement. — Roulement, glissement, mouvement mixte.

Représentation du mouvement d'un solide par six équations. — Formules d'Euler.

17e Leçon.

Mouvements relatifs. — Vitesse d'entraînement, accélération d'entraînement ; accélération complémentaire ; accélération centrifuge composée. — Théorème de Coriolis.

Mouvements simultanés d'un point ; influence de l'ordre dans lequel on les considère.

Méthode de Roberval pour le tracé des tangentes à certaines courbes.

18e Leçon.

Composition des mouvements élémentaires d'un solide, bornée aux vitesses.

Représentation d'une rotation par un vecteur, fixation du sens. — Composition de deux rotations parallèles. —

Couple de rotations. — Rotations concourantes. — Décomposition d'un pivotement en trois rotations autour d'axes rectangulaires. — Composantes de la vitesse d'un point d'un solide pivotant.

Composition des mouvements élémentaires généraux.

CINÉMATIQUE APPLIQUÉE.

19e Leçon.

Premières notions sur les machines. — Organes de transmission. — Classifications de Monge et de Willis. — Classification de M. Haton de la Goupillière.

Galets de transmission uniforme ou variable. — Galets fixes, mobiles, d'interposition. — Problème des courbes roulantes. — Spirale de Bernoulli. — Ellipse. — Profils dérivés. — Solution d'Euler.

20e Leçon.

Glissières cylindriques, de révolution, hélicoïdales, à double effet. — Glissières-guide ou glissières-transmission. — Palier. — Crapaudine. — Articulation. — Excentrique à collier. — Vis. — Vis différentielle de Prony.

Excentriques à rainures. — Rainures rectilignes. — Renvoi de translation, de rotation. — Plateau ou cône à rainure. — Repos, transmission uniforme ou sinusoïdale. — Calcul et tracé.

21e Leçon.

Excentriques à cadre perpendiculaire. — Méthode analytique, méthode graphique. — Excentrique à ondes. — Came en cœur. — Excentrique de Morin. — Excentriques variables de Saulnier et de Meyer.

Excentriques à cadre circonscrit, circulaire, triangulaire. — Emploi des podaires.

22e Leçon.

Théorie des engrenages. — Engrenages plans. —

Courbes conjuguées, méthode des enveloppes, méthode des roulettes. — Glissement élémentaire.

Engrenages à lanternes, à flancs rectilignes, à développantes de cercle, à épicycloïdes.

23e Leçon.

Engrenages intérieurs. — Crémaillères.

Épures d'engrenages.

Engrenages cylindriques ou coniques. — Engrenage de White. — Vis sans fin.

24e Leçon.

Trains d'engrenage. — Trains ordinaires, épicycloïdaux, continus, discontinus, intermittents, alternatifs.

Formule de Willis. — Paradoxe de Ferguson.

25e Leçon.

Bielles. — Théorie géométrique. — Tiges, balanciers et manivelles et leurs six combinaisons. — Balancier à brides de Watt. — Parallélogrammes articulés de Watt et de Peaucellier.

Joint universel. — Joint d'Oldham.

26e Leçon.

Cordes, courroies ou chaînes. — Poulies et moufles. — Courroies sans fin.

Embrayages par manchons, courroies, arbres creux, arbres à came. — Déclics. — Encliquetages.

Indicateurs cinématiques. — Cylindre et disque tournant de Morin.

DYNAMIQUE DU POINT.

27e Leçon.

Réflexions sur les principes expérimentaux de la mécanique. — Du point matériel et de la force.

Principe de l'inertie du point matériel. — Direction d'une force. — Forces égales ; force constante en grandeur et en direction. Poids.

Principe de Galilée. — Une force constante en grandeur et en direction produit un mouvement dont l'accélération est constante en grandeur et en direction. — Mouvement des projectiles dans le vide. — Portée. — Courbe de sûreté. — Hausses de tir.

28e Leçon.

Principe de l'indépendance des effets simultanés des forces. — Définition mécanique de la résultante de forces appliquées à un point matériel, de la somme de plusieurs forces. — Mesure des forces. — Représentation des forces par des vecteurs.

Composition des forces appliquées à un point matériel ramenée à la composition d'un faisceau de vecteurs. — Parallélogramme des forces. — Équations d'équilibre d'un point matériel.

29e Leçon.

Proportionnalité des forces aux accélérations des mouvements qu'elles impriment à un même point matériel. — Masse d'un point matériel. — Relation entre la force, la masse et l'accélération.

Remarque sur la triple homogénéité des formules de la dynamique. — Symboles : $M=L^{-1}T^{2}F$, $F=LT^{-2}M$.

Mesures absolues. — Gramme-masse et gramme-poids. — Poids théorique et poids métrique. — Système CGS. — Dyne.

Indicateurs dynamiques pour la mesure pratique des forces ou des masses. — Ressorts. — Balances.

30e Leçon.

Équations du mouvement d'un point matériel soumis à l'action de forces quelconques.

Interprétation dynamique des résultats de la cinématique pure. — Force totale, tangentielle, centripète. — Troisième loi de Kepler. — Loi de la gravitation.

Théorèmes relatifs à la projection et au moment de la quantité de mouvement. — Impulsion d'une force.

31e Leçon.

Des forces au point de vue industriel. — Travail d'une force constante en grandeur et en direction. — Kilogrammètre, Erg. — Travail élémentaire et travail total d'une force variable. — Effort moyen. — Travail de la résultante de plusieurs forces. — Travail d'une force pour le déplacement résultant de plusieurs autres.

Dynamomètres à ressort. — Dynamomètre de traction. — Manivelle dynamométrique. — Indicateurs de Watt et de Clair.

32e Leçon.

Théorème de la force vive. — Cas où le travail élémentaire est la différentielle d'une fonction des coordonnées du point. — Fonction des forces. — Surfaces de niveau. — Application aux forces émanées de centres fixes et fonctions de la distance.

Stabilité de l'équilibre.

Principe expérimental de l'égalité de la réaction à l'action. — Force d'inertie. — Composante tangentielle. — Force centrifuge.

33e Leçon.

Mouvement d'un point matériel assujetti à rester sur une surface fixe. — Forces directement appliquées. — Action normale, unilatérale ou bilatérale de la surface.

Équations générales. — Théorème de la force vive. — Grandeur et sens de l'action normale de la surface. — Détermination des points où le mobile quitte une surface à résistance unilatérale.

Cas où les forces directement appliquées se font équilibre. — Cas où la force directement appliquée est le poids. — Plan incliné. — Mouvement d'un point pesant dans la concavité ou sur la convexité d'un cylindre horizontal.

Pendule sphérique. — Pendule conique.

34e Leçon.

Mouvement d'un point matériel assujetti à rester sur une courbe fixe. — Action normale de la courbe. — Équations générales. — Théorème de la force vive. — Grandeur et direction de l'action de la courbe.

Mouvement d'un point matériel pesant sur une hélice droite ou inclinée. — Pendule cycloïdal, tautochronisme. — Pendule simple, durée de l'oscillation, degré d'approximation de la formule.

Équilibre d'un point assujetti à rester sur une courbe ou sur une surface. — Cas où il existe une fonction des forces. — Détermination des positions d'équilibre par les surfaces de niveau. — Stabilité de l'équilibre.

35e Leçon.

Des forces dans le mouvement relatif. — Théorème de Coriolis. — Forces apparentes, force d'inertie d'entraînement, force centrifuge composée. — Expériences simples qui rendent sensibles les forces apparentes. — Équilibre relatif et mouvement sur une surface entraînée. — Inclinaison transversale des voies ferrées dans les courbes.

Influence de la rotation de la terre sur les phénomènes observés à sa surface. — Variation du poids. — Verticale. — Indications relatives à l'écart vers l'est dans la chute des graves et au pendule de Foucault.

Application de la théorie des mouvements relatifs à l'étude du système planétaire. — Conséquences relatives à la loi de gravitation.

STATIQUE.

36e Leçon.

Hypothèses sur la constitution physique des corps naturels. — Forces extérieures et intérieures. — Solides, fluides, liquides, gaz. — Travail des forces intérieures.

Équilibre des solides invariables libres. — Postulatum relatif à l'équilibre de deux forces égales dirigées en sens contraires suivant la même droite ; transport du point d'application d'une force. — Théorie de l'équivalence des systèmes de forces appliquées à un solide invariable, ramenée à la théorie des vecteurs.

Interprétation mécanique de la théorie des vecteurs ; les six équations de l'équilibre, concentration dans un seul énoncé. — Résultante unique.

Forces parallèles et couples. — Actions de la pesanteur. — Théorie des centres de gravité ramenée à la théorie géométrique des centres de masse.

37e Leçon.

Équilibre des solides invariables gênés. — Point fixe. — Axe fixe. — Solides appuyés contre une surface fixe. — Pressions sur les appuis.

Équilibre des systèmes articulés. — Articulations sphériques, cylindriques. — Systèmes à liaisons complètes. — Méthode fondée sur l'égalité des actions mutuelles des pièces du système.

Application au coin, au genou, aux ponts-levis, aux balances de Roberval et de Quintenz, aux ponts suspendus.

38e Leçon.

Équilibre des solides liés par un fil flexible et inextensible. — Polygone funiculaire.

Équilibre d'un fil soumis à l'action de forces quelconques. — Fil tendu sur une surface. — Chaînette. — Courbe des ponts suspendus.

Équilibre des solides naturels et des systèmes matériels à liaisons quelconques. — Théorème des travaux virtuels. — Équations de liaison. — Équations de l'équilibre. — Forces de liaison.

39e Leçon.

Hydrostatique. — Propriétés générales des fluides. — Pression. — Principe de Pascal. — Équilibre des fluides. — Surfaces de niveau. — Équilibre d'un fluide pesant ; liquides superposés ; vases communicants. — Équilibre relatif d'un liquide dans un vase tournant.

40e Leçon.

Nivellement barométrique.

Pression d'un fluide pesant sur les parois. — Centre de pression. — Pression sur une paroi courbe.

Équilibre des corps flottants. — Principe d'Archimède.

DYNAMIQUE DES SYSTÈMES.

41e Leçon.

Des systèmes matériels libres ; forces extérieures et intérieures. — Équations différentielles du mouvement. — Constantes arbitraires, conditions initiales. — Intégrales d'un problème de dynamique.

Théorèmes généraux sur les systèmes libres. — Théorème du centre de gravité ; observations vulgaires qui s'y rattachent, parquet glissant, plan incliné, etc. Théorèmes des projections et des moments des quantités de mouvements. Recul des armes à feu. — Théorème des aires. Plan du maximum des aires.

Extension des théorèmes généraux au mouvement relatif par rapport au centre de gravité.

42e Leçon.

Théorème des forces vives. Cas où la somme des travaux élémentaires est la différentielle d'une fonction des

coordonnées des points du système ; fonction des forces. — Stabilité de l'équilibre. — Travail de la pesanteur sur un système matériel.

Travail des forces intérieures, dans l'hypothèse où l'action mutuelle de deux points du système ne dépend que de leur distance. — Potentiel. — Énergie potentielle.

Énergie cinétique. — Énergie totale. — Principe de la conservation de l'énergie. — Pendule élastique.

Remarque sur les cas où les théorèmes généraux fournissent des intégrales d'un problème de dynamique.

43e Leçon.

Des systèmes à liaisons. — Principe de d'Alembert ; forces perdues. — Équation générale résultant de la combinaison du principe de d'Alembert et de celui des travaux virtuels. — Théorème des forces vives pour le cas où les liaisons ne dépendent pas explicitement du temps.

Applications directes du principe de d'Alembert. — Masses pesantes suspendues aux extrémités d'un fil enroulé sur un cylindre horizontal. — Chaîne pesante glissant sur deux plans inclinés adossés. — Point pesant assujetti à rester sur une courbe mobile, etc.

44e Leçon.

Mouvement d'un solide autour d'un axe fixe. — Composition des forces d'inertie d'un solide tournant. — Moments d'inertie. — Ellipsoïdes d'inertie. — Pressions sur les appuis. — Axes permanents de rotation. — Axes naturels.

Pendule composé. — Réciprocité de l'axe de suspension et de l'axe d'oscillation. — Centre d'oscillation.

Théorie de la machine d'Atwood.

Énoncé des théorèmes de Poinsot sur le mouvement d'un solide autour d'un point fixe.

45e Leçon.

Théorie des percussions. — Modification du principe de

d'Alembert pour le cas des percussions. — Conséquences générales.

Choc direct de deux sphères. Réflexion d'une bille sur une bande. — Effet des percussions sur un solide mobile autour d'un axe, contre-coups. — Centre de percussion.

Perte de force vive, théorème de Carnot. — Battage des pilotis. — Pendule balistique.

MACHINES.

46e Leçon.

Notions générales sur les machines en mouvement. — Discussion de l'équation des forces vives. — Transmission du travail. — Résistances passives. — Effet des chocs. — Rendement ; impossibilité du mouvement perpétuel.

Puissance d'une machine. — Cheval-vapeur.

47e Leçon.

Des régulateurs. — Régulateur à boules. — Régulateur parabolique, isochronisme. — Régulateur à bras croisés. — Régulateurs de Rolland et de Foucault.

Modérateur à ailettes.

48e Leçon.

Des volants. — Calcul des volants. — Manivelles à simple ou à double effet. — Deux manivelles rectangulaires à double effet. — Manivelle avec contre-poids. — Procédé graphique.

49e Leçon.

Résistances passives. — Lois expérimentales du frottement de glissement au repos et pendant le mouvement. — Équilibre et mouvement d'un corps sur une surface. — Frottement dans la poulie fixe et le treuil, tourillons, pivots.

Effets utiles du frottement. — Encliquetage Dobo. —

Valet de menuisier. — Embrayages à cône de friction. — Freins.

Frein dynamométrique de Prony.

50e Leçon.

Résistance au roulement. — Transport des matériaux sur des rouleaux; glissement et roulement d'un rouleau sur un plan.

Résistance des cordes, frottement, roideur. — Courroies sans fin.

Résistance des milieux, frottement, pénétration directe. — Parachutes.

COURS DE PHYSIQUE.

M. A. POTIER, ingénieur en chef des mines, Professeur.

1re et 2e Leçons.

OPTIQUE.

Description et usage du goniomètre de Babinet. — Mesure des indices de réfraction des solides, des liquides et des gaz.

Dispersion. — Spectres des lumières émises par des sources diverses. — Spectres d'absorption. — Renversement des raies. — Conséquences relatives à la lumière solaire. — Spectroscopes ; leur emploi dans les recherches chimiques.

3e Leçon.

Vitesse de propagation de la lumière. — Méthodes de Fizeau et de Foucault. — Comparaison entre la vitesse dans l'air et la vitesse dans l'eau.

4e Leçon.

Hypothèse de l'émission; explication succincte de la réflexion et de la réfraction dans cette théorie. — Contradiction avec l'expérience. — Hypothèse des ondulations. — Définition de l'indice dans cette théorie. — Elle est d'accord avec l'expérience.

Principe d'Huyghens. — Construction des ondes réfléchies et réfractées.

5e, 6e et 7e Leçons.

Périodicité du mouvement lumineux. — Production des franges d'interférence. — Définition et mesure des lon-

gueurs d'onde. — Valeur de la période; elle varie avec la nature de la lumière.

Interférences avec grandes différences de marche; emploi du spectroscope pour les reconnaître. Nécessité d'employer deux sources dérivées d'une source unique.

Anneaux colorés. — Expériences de Newton. — Lois expérimentales.

Leur explication dans la théorie des ondulations. — Hypothèse de Young, et vérifications expérimentales.

8e et 9e Leçons.

Diffraction. — Phénomènes produits par des ouvertures étroites et dans le voisinage des bords de l'ombre géométrique. — Explication générale. — Définition du rayon lumineux dans la théorie des ondulations. — Étude détaillée de la diffraction en lumière parallèle. — Mode d'observation. — Fente unique. — Double fente. — Réseau. — Mesure de la longueur d'onde.

10e et 11e Leçons.

Polarisation de la lumière par réflexion, par réfraction et par la tourmaline. — Polariseurs et analyseurs; leur réciprocité.

Non-interférence des rayons polarisés à angle droit. — La lumière polarisée est constituée par des vibrations rectilignes et transversales.

12e, 13e, 14e et 15e Leçons.

Double réfraction. — Propriétés du spath d'Islande. — Polarisation des deux rayons. — Rhomboèdres croisés. Loi de Malus.

Construction de l'onde extraordinaire au moyen de l'ellipsoïde d'Huyghens. — Vérifications par la méthode du prisme et par celle de Malus. Prismes biréfringents. — Nicol.

Biréfringence des cristaux à un axe; cristaux positifs et négatifs.

Lois générales de la double réfraction. — Sa mise en évidence par la méthode de Fresnel et Arago. — Construction de la surface de l'onde de Fresnel; ses points et plans tangents singuliers. — Axes optiques.

Polychroïsme des cristaux.

16e Leçon.

Lumière elliptique. — Composition de deux mouvements périodiques rectangulaires. — Décomposition d'un mouvement elliptique suivant deux directions rectangulaires. — Production de lumière elliptique dans l'expérience de Fresnel sur la non-interférence de rayons polarisés à angle droit. — Apparition des franges par l'emploi simultané d'un polariseur et d'un analyseur.

Constitution de la lumière naturelle.

17e et 18e Leçons.

Polarisation chromatique. — Production et analyse de la lumière elliptique par les lames minces cristallines en lumière parallèle. — Observation en lumière convergente. — Microscope polarisant. — Courbes isochromatiques et lignes neutres dans les cristaux à un et deux axes optiques. Conditions de visibilité des axes. — Mesure de leur angle apparent.

19e Leçon.

Polarisation rotatoire. — Propriétés du quartz examiné en lumière parallèle et en lumière convergente. — Teinte sensible. Biquartz.

Théorie de Fresnel. — Propagation des vibrations circulaires. — Pouvoir rotatoire des liquides. — Saccharimétrie. Polarimètre à pénombres.

20e Leçon.

THERMODYNAMIQUE.

Rappel des propriétés fondamentales élastiques et thermiques des fluides. — Relation entre les deux chaleurs spécifiques et la chaleur latente de dilatation. — Détermination du rapport des chaleurs spécifiques à pression et à volume constant. — Calcul de la chaleur latente de dilatation pour les gaz parfaits. — Détente adiabatique de ces gaz.

21e, 22e et 23e Leçons.

La chaleur n'est pas une substance. — Production et absorption de chaleur par des procédés mécaniques. — Équivalent mécanique de la chaleur. — Expériences de Joule, Hirn et de Foucault.

Détermination de l'équivalent mécanique au moyen des gaz parfaits.

Nécessité de l'emploi d'un cycle pour la détermination de l'équivalent mécanique. — Définition expérimentale de l'énergie intérieure.

Principe de la conservation de l'énergie. — Son extension aux phénomènes chimiques, magnétiques, électriques. — Énergie des gaz parfaits.

24e et 25e Leçons.

Conditions générales de la transformation indéfinie de la chaleur en travail. — Étude détaillée d'un cycle. — Lignes isothermes. — Lignes adiabatiques. — Rendement. — Cycle de Carnot et axiome de Clausius. — Le rendement d'un cycle de Carnot ne dépend que des températures extrêmes. — Définition de la température absolue. — Vérifications expérimentales tirées des vapeurs saturées.

Formes analytiques des deux principes de la thermodynamique. Détente adiabatique des vapeurs saturées.

26e Leçon.

MAGNÉTISME.

Phénomènes généraux. Action de la terre; actions réciproques des aimants. Leur action sur le fer doux. Lois de Coulomb. Expériences de Gauss. Unités absolues de magnétisme et de force magnétique, de moment magnétique. Hypothèse sur la constitution des aimants. Aimantation. Champ magnétique.

27e, 28e et 29e Leçons.

ÉLECTRICITÉ.

Électrisation par frottement, par contact avec les corps électrisés, par influence. Théorie des deux fluides. Loi de Coulomb. Unité électrostatique d'électricité.

Potentiel. Sa définition et sa mesure. — Capacité. Condensateurs à lame d'air. — Exemples de distribution. — Condensateurs à lame solide.

Théorème de Green. Relation entre la densité et la force. — Flux de force. — Extension aux diélectriques.

Application de ces théories au magnétisme. Lignes de force et flux magnétique.

30e Leçon.

Piles. — Différence de potentiel aux pôles d'une pile. — Courants; leur action sur l'aiguille aimantée : Loi de Laplace. — Boussoles des sinus et des tangentes. Définition de l'unité absolue de courant et de l'ampère.

Galvanomètres. Principe de la multiplication.

31e, 32e et 33e Leçons.

Champ magnétique d'un courant. Feuillet équivalent. — Bobines et solénoïdes.

Action des courants sur le fer. — Électro-aimants. — Saturation. Principe de la télégraphie. — Sonneries.

Action des aimants sur les courants; action exercée

sur un élément de circuit dans un champ magnétique. — Action de la terre. — Actions réciproques des courants. — Galvanomètre à cadre mobile.

Machines électro-magnétiques considérées comme moteurs.

Armature Siemens. — Anneau Gramme. — Tambour Von Hefner-Altneck.

34e et 35e Leçons.

Expériences de Pouillet. Lois des intensités. — Résistance d'un conducteur. Force électromotrice. — Lois des courants dérivés. Accouplement des piles. — Choix d'un galvanomètre. — Définition du Ohm légal. — Volt.

Théorie de Ohm. — Vérification expérimentales. Théorèmes de Kirchhoff.

Comparaison des résistances et des forces électromotrices; mesure de la différence de potentiel entre deux points. — Voltmètres.

36e Leçon.

Comparaison entre les courants et les décharges. Mesure électromagnétique d'une charge. Définition du Coulomb et du Farad. — Rapport du Coulomb à l'unité électrostatique.

37e et 38e Leçons.

Actions chimiques des courants. — Électrolyse des composés usuels. — Réactions secondaires. Lois de Faraday. — Équivalence des réactions dans les éléments de pile et dans les électrolytes. — Proportionnalité de l'intensité chimique et de l'intensité magnétique.

Polarisation des électrodes. Piles secondaires ou accumulateurs. Polarisation des piles. — Types principaux des couples employés dans l'industrie et dans le laboratoire.

39e Leçon.

Action calorifique des courants. — Loi de Joule. — Définition théorique de l'unité de résistance et du ohm. Effet Peltier. Effet Thomson.

Effet calorifique des décharges. Expériences de Riess. Comparaison avec la loi de Joule. Explication théorique.

Énergie transmise au courant par la pile. Définition du Watt. Mesure de l'effet utile d'une pile.

40e, 41e, 42e, 43e, 44e et 45e Leçons.

Induction. Découverte de Faraday. — Loi de Lenz. — Production de courants continus par induction. Application du principe de la conservation de l'énergie au calcul de la force électromotrice induite dans ce cas. — Réciprocité entre les moteurs et générateurs de courants. Siège des forces électromotrices induites. — Différences de potentiels produites par l'induction. — Accouplement de deux machines à courant contraire.

Extra-courant. — Induction d'un courant sur lui-même. — Lois expérimentales. — Coefficients d'induction mutuelle et de self-induction. Leur détermination théorique. — Loi générale de l'induction; la force électromotrice est la variation du flux embrassé par le circuit.

Établissement du courant dans une bobine, avec et sans noyau.

Magnétisme de rotation. Amortissement par induction.

Bobine d'induction.

Machines à courants alternatifs. — Mesure de l'intensité et de la force électromotrice.

COURS DE CHIMIE GÉNÉRALE.

M. CHESNEAU, ingénieur des mines, professeur.

PREMIÈRE PARTIE.

CHIMIE INORGANIQUE.

1re Leçon.

Objet de la chimie.

Phénomènes physiques et chimiques; leurs analogies.

Existence et recherche des relations entre les facteurs des équilibres chimiques; lois numériques des réactions.

Propriétés générales des corps.

Divisibilité. Cristallisation : systèmes cristallins.

Dimorphisme; allotropie, isomérie. Isomorphisme.

Lois numériques des réactions chimiques.

Principe de Lavoisier.

Lois des proportions définies, ou de Proust.

Loi de Dalton.

Loi de Gay-Lussac.

Équivalents en poids et en volumes.

Poids atomique et théorie atomique; loi des chaleurs spécifiques.

Nomenclature.

2e Leçon.

Combinaisons exothermiques et endothermiques.

Exemples de chaleur absorbée ou dégagée dans diverses réactions; corps explosifs.

Phénomènes de dissociation.

Dissociation de l'eau, de l'acide carbonique, etc. Tensions fixes de dissociation. Coefficient de dissociation; maximum de ce coefficient, et exemples où on le constate.

Principes de thermochimie.

Définition de l'affinité.

Principe des travaux moléculaires.

Principe de l'équivalence calorifique des transformations chimiques. Applications aux mesures calorimétriques; variation de la chaleur dégagée par une réaction, suivant la température.

Principe du travail maximum : cas où ce principe se vérifie rigoureusement.

3e Leçon.

Influence de certains agents spéciaux sur la réalisation des réactions chimiques.

Influence de la chaleur; influences dites de contact.

Influence de la lumière.

Influence de l'électricité.

MÉTAUX.

Propriétés physiques des métaux.

État physique, aspect, couleur, forme cristalline, poids spécifique, conductibilité calorifique et électrique. Action de la chaleur.

Propriétés mécaniques : élasticité, ténacité, malléabilité, ductilité; influence des actions mécaniques.

Propriétés chimiques des métaux.

Action de l'oxygène et des autres métalloïdes, de l'eau, des bases, des acides et des sels.

Classification des métaux.

4e Leçon.

ALLIAGES.

Préparation; constitution des alliages. Liquation.

Propriétés physiques des alliages.

Densité. Dureté. Ténacité, ductilité et malléabilité. Trempe. Fusibilité.

Propriétés chimiques des alliages.

Action de la chaleur. Action de l'oxygène : principe de la coupellation.

OXYDES MÉTALLIQUES.

État naturel. Préparation des oxydes amorphes. Préparation des oxydes cristallisés : minéralogie synthétique.

Propriétés physiques des oxydes.

Couleur. Fusibilité. Volatilité. Solubilité.

Propriétés chimiques des oxydes.

Action de la chaleur, de la lumière et de l'électricité.

Action de l'oxygène, des autres corps simples; de l'eau.

Classification des oxydes.

5e Leçon.

SULFURES MÉTALLIQUES.

État naturel; préparation.

Propriétés physiques. — Couleur, solubilité, etc.

Propriétés chimiques. — Action de la chaleur; action des métalloïdes, des métaux, de l'eau, de l'acide sulfhydrique et des autres acides.

Classification des sulfures.

CHLORURES MÉTALLIQUES.

Etat naturel : préparation.

Propriétés physiques. — Fusibilité, solubilité, etc.

Propriétés chimiques. — Action de la chaleur, de la lumière, de l'électricité. Action des métalloïdes et des métaux. Action de l'eau.

Classification des chlorures.

6e Leçon.

Phosphures, arséniures et azotures métalliques.

Carbures, siliciures.

Hydrures.

COMPOSITION ET PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES SELS.

Définition des sels. — Sels neutres : sulfates, azotates, carbonates, etc. — Loi de composition des sels neutres.

Propriétés physiques des sels. — Saveur, couleurs, etc.

Action physique de l'eau sur les sels.

Solubilité des sels dans l'eau. — Coefficient de solubilité. — Courbes de solubilité. — Phénomènes de sursaturation. — Explication des anomalies que présentent certaines courbes de solubilité, et des phénomènes de sursaturation tirée des variations de chaleur de dissolution, suivant la température. — Température d'inversion. — Forme théorique approchée de la courbe générale de solubilité.

7e Leçon.

PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES SELS (Suite).

Retard du point d'ébullition des dissolutions salines. — Abaissement des points de congélation.

Action chimique de l'eau sur les sels.

Chaleur de dilution des sels. — Équilibres chimiques dans la décomposition des sels par l'eau. — Comparaison avec les phénomènes de dissociation. — Influence de la température sur la décomposition des sels par l'eau. — Loi d'opposition de la réaction à l'action.

Diffusion et dialyse. Applications.

Mélanges réfrigérants.

Eau de cristallisation, de combinaison, acide ou basique. — Eau mécaniquement interposée.

Déliquescence et efflorescence : expérience de M. Debray; tension de dissociation des sels hydratés.

Fusion aqueuse et ignée.

Méthodes de cristallisation des sels.

8e Leçon.

PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES SELS (Suite).

Propriétés chimiques des sels. — Action de la chaleur, de l'électricité. Loi de Faraday.

Action de l'oxygène et de l'air, des métaux, etc.

Décomposition des sels par les acides, les bases ou les sels. — Lois de Berthollet : 1° action des acides sur les sels; 2° des bases sur les sels; 3° des sels sur les sels.

Exemples nombreux où les lois de Berthollet sont en défaut.

Explication de l'action des acides, des bases et des sels sur les sels, tirée de la thermochimie : 1° action des acides sur les sels; 2° des bases sur les sels; 3° des sels sur les sels.

Partage des acides et des bases dans le mélange des dissolutions de deux sels.

Action d'un sel soluble sur un sel insoluble : loi de Dulong.

9e Leçon.

Propriétés générales des carbonates. — Composition. — Propriétés physiques. — Propriétés chimiques : action de l'oxygène, du carbone, des autres métalloïdes, des acides.

État naturel; usages; préparation.

Propriétés générales des azotates. — Composition. — Propriétés physiques. — Propriétés chimiques : action de la chaleur, des métalloïdes, soufre, carbone, etc.; action des métaux, des acides, etc.

État naturel, usages, préparation.

Propriétés générales des sulfates. — Composition. — Propriétés physiques. — Propriétés chimiques : action de la chaleur, des métalloïdes, etc.

État naturel, usages, préparation.

10e Leçon.

CARACTÈRES GÉNÉRIQUES DES SELS.

Azotates; azotites. — Phosphates. — Arséniates; arsénites.

Chlorates, perchlorates. — Hypochlorites. — Sulfates; sulfites; hyposulfites.

Carbonates. — Silicates. — Borates. — Oxalates.

Chlorures. — Bromures. — Iodures. — Fluorures. — Cyanures.

Sulfures.

Méthodes pour reconnaître l'acide d'un sel.

11e Leçon.

POTASSIUM.

Métaux alcalins : propriétés générales de leurs composés.

Potassium. — État naturel. — Préparation : découverte du potassium. — Procédés de préparation de Gay-Lussac et Thénard, et de Brünner.

Propriétés physiques. — Propriétés chimiques : action de l'oxygène, de l'eau, etc. — Usages.

Potasse. — Oxydes anhydres de potassium. — Hydrate de potasse : préparation. — Potasse à la chaux; potasse à l'alcool.

Propriétés physiques et chimiques de la potasse. — Usages.

Sels de potasse. — Caractères distinctifs.

Sulfures de potassium. — Composition. — Protosulfure. — Foie de soufre. — Usage des sulfures de potassium.

12e Leçon.

POTASSIUM (Suite).

Chlorure de potassium. — État naturel. — Propriétés physiques et chimiques. — Usages.

Préparations industrielles : 1° extraction des mines de Stassfurt; 2° raffinage des cendres de varech; 3° traitement des eaux mères des marais salants.

Bromure, iodure, fluorure, cyanure et sulfocyanure de potassium. — Préparation et propriétés.

Carbonate de potasse. — Composition des carbonates de potasses : carbonate neutre; bicarbonate. — Propriétés et usages.

Carbonate impur, potasses du commerce. — Préparation industrielle : incinération et lessivage; raffinage.

Différentes sources de potasse : vinasses de betterave; suint.

Essais alcalimétriques.

13e Leçon.

POTASSIUM (Suite).

Sulfate de potasse. — Composition des sulfates de potasse. — Préparation. — Propriétés. — Usages.

Sulfites de potasse.

Hypochlorite de potasse. — Préparation. — Eau de Javel. — Usages.

Chlorate de potasse. — Préparation. — Propriétés. — Applications.

Azotate de potasse. — État naturel : phénomènes de nitrification.

Fabrication du salpêtre. — Lessivage des matériaux salpêtrés. — Nitrières artificielles. — Emploi du nitrate de soude. — Raffinage du salpêtre. — Essais de salpêtre.

Propriétés de l'azotate de potasse. — Action des corps combustibles. — Applications.

14e Leçon.

POTASSIUM (Fin).

Poudre.

Composition. — Propriétés physiques. — Résultats de la combustion de la poudre. — Fabrication de la poudre. — Poudres diverses.

Silicates de potasse. — État naturel. — Préparation. — Usages.

SODIUM.

État naturel.

Préparation du sodium. — Méthode de H. Sainte-Claire Deville. — Propriétés physiques et chimiques. — Usages.

Soude. — Oxydes anhydres du sodium. — Hydrate de soude. — Préparation, propriétés, usages.

15e Leçon.

SODIUM (Suite).

Sels de soude. — Caractères distinctifs.

Sulfures de sodium.

Chlorure de sodium. — État naturel : mines de sel gemme, sources salées, marais salants. — Extraction et purification du chlorure de sodium.

Propriétés physiques et chimiques : applications.

Sulfate de soude. — État naturel. — Préparation. — Procédé Hargreaves. — Propriétés et applications.

Bisulfate de soude.

16e Leçon.

SODIUM (Suite).

Carbonate de soude. — Soudes du commerce, naturelles et artificielles. — Usages.

Fabrication de la soude : 1° procédé Leblanc; fours tournants; sel de soude; 2° soude à l'ammoniaque par le procédé Rolland et Schlœsing.

Carbonate neutre de soude, bicarbonate et sesquicarbonate. — Propriétés et applications.

Borate de soude. — État naturel. — Préparation. — Propriétés et applications.

Hyposulfite de soude. — Préparation. — Propriétés et usages.

Hypochlorite de soude.

Azotate de soude. — État naturel. — Propriétés. — Applications.

Arséniates et phosphates de soude.

17e Leçon.

LITHIUM.

État naturel. — Préparation. — Propriétés.

Lithine. — Caractères et propriétés des sels de lithine.

Autres métaux alcalins. — Emploi de l'analyse spectrale. — Découverte du cœsium, du rubidium et du thallium. — Spectres des métaux alcalins.

Extraction et propriétés du cœsium, du rubidium et du thallium.

SELS AMMONIACAUX.

État naturel. — Usages : leur emploi en agriculture.

Analogie des sels ammoniacaux et des sels de potasse correspondants. — Théorie d'Ampère sur la composition des sels ammoniacaux : *ammonium.*

Caractères distinctifs des sels ammoniacaux.

Sulfhydrates d'ammoniaque. — Composition. — Préparation. — Usages.

Chlorhydrate d'ammoniaque. — Préparation. — Purification. — Propriétés et applications.

Bromhydrate, iodhydrate et fluorhydrate d'ammoniaque.

Carbonates d'ammoniaque. — Propriétés, préparation.

Sulfate d'ammoniaque. — Propriété : préparation.

Azotate d'ammoniaque. — Production naturelle de l'azotate et de l'azotite d'ammoniaque. — Préparation. — Propriétés et usages.

18e Leçon.

CALCIUM, BARYUM ET STRONTIUM.

Analogie des métaux alcalino-terreux et de leurs composés.

Préparation du calcium, du baryum et du strontium. — Propriétés physiques et chimiques.

Protoxydes. — Oxydes anhydres. — Hydrates. — Action des métalloïdes et des acides.

Préparation. — Fabrication industrielle de la chaux.

Bioxydes. — Préparation. — Propriétés. — Usages.

Sels des métaux alcalino-terreux. — Caractères distinctifs. — Méthodes pour distinguer les uns des autres les sels de chaux, de baryte et de strontiane.

Sulfures. — Préparation et propriétés. — Application du sulfure de baryum à la préparation des sels de baryte.

19e Leçon.

CALCIUM, BARYUM, STRONTIUM (Suite).

Chlorures. — Préparation. — Propriétés et usages.

Fluorures. — État naturel : spath fluor. — Usages.

Azotates, chlorates. — Préparation. — Usage du chlorate de chaux pour la fabrication du chlorate de potasse.

Hypochlorites. — Préparation. — Industrie du chlorure de chaux : propriétés et usages. — Chlorométrie.

Sulfates. — Propriétés physiques et chimiques. — Industrie de la baryte. — Gypse. — Fabrication et usage du plâtre.

20e Leçon.

CALCIUM, BARYUM, STRONTIUM (Suite).

Phosphates. — Phosphate tribasique de chaux. — Fabrication des superphosphates : leur emploi en agriculture.

Carbonates. — Propriétés physiques et chimiques. — Action de la chaleur : dissociation. — Action des acides.

Carbonate de chaux. — État naturel, variétés. — Dimor-

phisme. — Isomorphisme du spath d'Islande avec les carbonates de magnésie, de fer et de zinc.

Mortiers.

Mortier de plâtre : théorie chimique de la prise du plâtre.

Mortiers calcaires. — Mortiers aériens. — Mortiers hydrauliques : classification.

Étude des théories sur la prise des ciments.

Principes de la fabrication, et emploi des ciments.

21e Leçon.

MAGNÉSIUM.

État naturel. — Préparation.

Propriétés physiques et chimiques. — Applications.

Magnésie. — Préparation, propriétés et usages.

Sels de magnésie. — Caractères distinctifs. — Préparation et usage des différents sels de magnésie.

ALUMINIUM.

État naturel. — *Préparation de l'aluminium.* — Propriétés physiques et chimiques. — Applications.

Alumine. — État naturel. — Préparation. — Propriétés physiques et chimiques. — Applications. — Aluminates.

22e Leçon.

ALUMINIUM (Suite).

Sels d'alumine. — Caractères distinctifs.

Chlorure d'aluminium. — Préparation et propriétés.

Bromure, iodure et fluorure d'aluminium.

Sulfate d'alumine et aluns. — État naturel. — Préparation. — Usages.

Silicates d'alumine. — État naturel, argiles. — Poteries, porcelaines, grès et faïences : composition et principe de leur fabrication.

Verres : composition. — Verres ordinaires et verres à base de plomb. — Propriétés physiques et chimiques des verres. — Principe de leur fabrication.

23e Leçon.

ZINC.

État naturel. — Extraction. — Propriétés physiques et chimiques. — Usages.

Oxyde de zinc. — Préparation. — Propriétés. — Applications.

Sels de zinc. — Caractères distinctifs.

Sulfure de zinc. — État naturel. — Propriétés. — Usages.

Chlorure, sulfate de zinc. — Préparation. — Propriétés. — Usages.

Principes chimiques de la métallurgie du zinc.

GLUCINIUM.

Propriétés. — Préparation de la glucine. — Caractères des sels de glucine.

GALLIUM ET INDIUM.

Découverte du gallium. — Application de la classification des corps simples, d'après leurs poids moléculaires.

Propriétés du gallium et de l'indium.

24e Leçon.

MANGANÈSE.

État naturel. — Préparation. — Propriétés.

Analogies du manganèse, du fer et du chrome.

Usages du manganèse. — Son emploi dans la fabrication de l'acier.

Oxydes du manganèse. — Préparation et propriétés des différents oxydes de manganèse.

Bioxyde de manganèse. — Emploi dans la fabrication du chlore. — Procédé Weldon. — Essai d'un bioxyde de manganèse.

Acide manganique. — Préparation de l'oxygène par le procédé Tessié du Motay et Maréchal.

Acide permanganique. — Usages du permanganate de potasse.

Sels de manganèse. — Caractères distinctifs. — Propriétés et usages des principaux sels de manganèse.

25e Leçon.

CHROME.

État naturel. — Préparation. — Propriétés. — Usages.

Oxydes de chrome. — Protoxyde et sesquioxyde. — Préparation. — Propriétés. — Usages : vert Guignet.

Sels de chrome. — Caractères distinctifs des sels de protoxyde et de sesquioxyde de chrome. — Préparation.

Aluns de chrome : aluns vert et violet.

Acide chromique. — Préparation et propriétés.

Chromates et bichromates. — Préparation, propriétés et usages.

Acide perchromique. — Préparation et propriétés.

Traitement du fer chromé.

26e Leçon.

FER.

État naturel. — Préparation du fer pur. — Propriétés physiques et chimiques.

Oxydes du fer. — Protoxyde de fer anhydre et hydraté. — Préparation et propriétés.

Oxyde magnétique. — Préparation. — Propriétés.

Sesquioxyde de fer anhydre et hydraté. — Préparation. — Propriétés physiques et chimiques : principes chimiques de la métallurgie du fer.

Acide ferrique.

Sels de fer. — Caractères distinctifs des sels de protoxyde et de sesquioxyde de fer.

Sulfures et chlorures de fer. — Préparation, propriétés et usages.

27e Leçon.

FER (Suite).

Carbonate de fer. — Préparation et usages.

Sulfate de fer. — Procédés de fabrication. — Propriétés physiques et chimiques. — Usages.

Azotate de fer. — Préparation et propriétés.

Ferrocyanures et Ferricyanures. — Constitution de ces sels. — Préparation. — Propriétés physiques et chimiques. — Action sur les sels de fer : bleu de Prusse.

Emploi des ferro et ferricyanures comme réactifs.

28e Leçon.

NICKEL ET COBALT.

Analogies du nickel et du cobalt. — État naturel.

Propriétés physiques et chimiques du nickel et du cobalt.

Oxydes de nickel et de cobalt. — Préparation et propriétés.

Sels de nickel et de cobalt. — Caractères distinctifs. — Sulfures, chlorures de nickel et de cobalt. — Sulfates. — Sels ammoniaco-cobaltiques. — Phosphates et silicates. — Smalt ou azur.

Principes chimiques de l'extraction du cobalt et du nickel.

29e Leçon.

CADMIUM.

État naturel. — Extraction. — Propriétés.

Oxyde, sulfure et sels de cadmium.

Caractères distinctifs des sels de cadmium.

ÉTAIN.

État naturel. — Extraction. — Propriétés et usages de l'étain métallique. — Alliages d'étain. — Fer-blanc.

Oxydes d'étain. — Préparation. — Propriétés. — Usages : emploi du bioxyde d'étain pour les émaux. — Stannates.

Sels d'étain. — Caractères distinctifs.

Sulfures et chlorures d'étain. — Préparation, propriétés, usages. — Or mussif; pourpre de Cassius.

Principes chimiques de la métallurgie de l'étain.

TITANE.

Propriétés, préparation et caractères du titane et de ses principaux composés.

30e Leçon.

ANTIMOINE.

État naturel. — Extraction. — Propriétés physiques et chimiques. — Usages.

Oxydes d'antimoine. — Préparation et propriétés.

Antimoniates. — Emploi du bi-méta-antimoniate de potasse comme réactif des sels de soude.

Sels d'antimoine. — Caractères distinctifs.

Sulfures d'antimoine. — Kermès.

Chlorure d'antimoines. — Préparation et propriétés.

BISMUTH.

État naturel. — Extraction. — Propriétés et usages.

Oxydes de bismuth.

Sels de bismuth. — Caractères distinctifs. — Usages.

31e Leçon.

PLOMB.

État naturel. — Extraction.

Propriétés physiques et chimiques du plomb. — Action de l'eau. — Action des acides. — Usage du plomb et de ses alliages.

Oxydes de plomb. — Sous-oxyde. — Protoxyde : litharge. — Minium. — Bioxyde de plomb. — Propriétés, préparation et usages.

Sels de plomb. — Caractères distinctifs.

Sulfure de plomb. — État naturel : propriétés. — Usages.

Chlorure de plomb. — Préparation. — Propriétés.

32e Leçon.

PLOMB (Suite).

Carbonate de plomb. — Carbonate hydraté. — Préparations diverses de la céruse. — Propriétés et usages.

Sulfate de plomb. — Préparation, usages.

Silicate de plomb. — Préparation et propriétés; applications.

Chromate de plomb. — État naturel. — Préparation; jaune de chrome.

Azotate de plomb. — Préparation, propriétés et usages.

Principes chimiques de la métallurgie du plomb.

33e Leçon.

CUIVRE.

État naturel. — Pyrite de cuivre. — Oxydes. — Carbonate. — Cuivre natif.

Propriétés physiques du cuivre métallique.

Propriétés chimiques : action de l'air humide, des acides, etc. — Usages du cuivre : alliages.

Oxydes de cuivre. — Sous-oxyde et protoxyde : préparation et propriétés.

Hydrure et azoture de cuivre. — Préparation.

Sulfures de cuivre. — Propriétés et usages.

Chlorures de cuivre. — Préparation et propriétés.

Sels de cuivre. — Caractères distinctifs.

34e Leçon.

CUIVRE (Suite).

Azotate de cuivre. — Préparation et propriétés.

Sulfate de cuivre. — Préparation, propriétés, usages. — Application à la teinture. — Préparation des cendres bleues.

Phosphate, arséniate et arsénite de cuivre. — Propriétés, préparation, usage. — Vert de Scheele; vert de Schweinfürth.

Carbonate de cuivre. — État naturel : malachite, azurite. — Reproduction artificielle.

Principes chimiques de la métallurgie du cuivre.

35e Leçon.

MERCURE.

État naturel : Cinabre. — Propriétés physiques du mercure métallique. — Propriétés chimiques du mercure. — Usages. — Amalgames. — Emploi du mercure dans la métallurgie de l'argent et de l'or.

Oxydes de mercure. — Préparation et propriétés.

Sulfures de mercure. — Préparation. — Usages : vermillon.

Sels de mercure. — Caractère distinctif.

Chlorures de mercure. — Préparation, propriétés et usages.

Bromures, iodures et cyanures de mercure.

Azotates et sulfates de mercure.

Fulminate de mercure.

Principes chimiques de la métallurgie du mercure.

36e Leçon.

ARGENT.

État naturel : Sulfures, chlorure, argent natif.

Propriétés physiques et chimiques de l'argent. — Usages.

Oxydes d'argent. — Préparation. — Argent fulminant.

Sulfures d'argent.

Sels d'argent. — Caractères distinctifs.

Chlorure, bromure, iodure d'argent. — Etat naturel. — Préparation. — Propriétés et usages : principes de la photographie.

Fluorure et cyanure d'argent.

37e Leçon.

ARGENT (Suite).

Sulfate d'argent. — Préparation et propriétés.

Azotate d'argent. — Préparation et propriétés physiques et chimiques. — Emploi.

Principes chimiques de la métallurgie de l'argent.

Alliages d'argent.

Essais d'argent. — Coupellation et voie humide.

Argenture des glaces, des miroirs de télescopes.

38e Leçon.

OR.

État naturel. — Propriétés physiques et chimiques. — Usages.

Oxydes d'or. — Or fulminant.

Sulfure et chlorures d'or. — Préparation et usages : Pourpre de Cassius.

Procédés de dorure. — Dorure au mercure, dorure au trempé, dorure galvanique.

Sels d'or. — Caractères distinctifs.

Principes chimiques de la métallurgie de l'or.

39e Leçon.

PLATINE ET MÉTAUX DE LA MINE DE PLATINE.

État naturel. — Comparaison des propriétés physiques et chimiques du platine, de l'iridium, du rhodium, du palladium, du ruthénium et de l'osmium.

Platine. — Extraction et fusion du platine. — Usages. Oxydes, chlorures et sels de platine : propriétés et préparation.

Caractères distinctifs des sels de platine.

Préparation et propriétés du palladium, de l'iridium, du ruthénium, du rhodium et de l'osmium.

APPENDICE.

Méthodes pour reconnaître la base d'un sel.

DEUXIÈME PARTIE.

CHIMIE ORGANIQUE.

40e Leçon.

NATURE ET CONSTITUTION DES SUBSTANCES ORGANIQUES.

Formation des composés organiques.

Analyse immédiate et élémentaire. — Dosage du carbone et de l'hydrogène. — Dosage de l'azote. — Dosage des autres corps simples.

Formules des substances organiques. — Isomérie et polymérie ; atomicité des éléments organiques.

Production des substances organiques par analyse et synthèse.

Loi des substitutions. — Types chimiques.

Corps homologues. — Fonctions chimiques.

Classification des substances organiques d'après leurs fonctions chimiques.

41e Leçon.

CARBURES D'HYDROGÈNE.

Carbures types. — Acétylène, éthylène, gaz des marais. Familles des hydrocarbures naturels ou artificiels.

Hydrocarbures saturés, ou paraffines : $C^{2n}H^{2n+2}$.

État naturel et modes de formation. — Propriétés physiques et chimiques. — Action du chlore.

Gaz des marais.

Pétrole. — Paraffine.

Carbures éthyléniques, ou oléfines : $C^{2n}H^{2n}$.

Propriétés physiques et chimiques : éthylène, propylène, butylène, amylène.

Carbures acétyléniques : $C^{2n}H^{2n-2}$.

Préparation de l'acétylène. — Propriétés physiques et chimiques.

42e Leçon.

CARBURES D'HYDROGÈNE (Suite).

Carbures camphéniques : $C^{2n}H^{2n-4}$ et leurs polymères.

Essence de térébenthine : propriétés physiques et chimiques. — Modifications isomériques. — Usages.

Résines. — Vernis. — Caoutchouc : Vulcanisation. — Gutta-percha.

Produits de la distillation de la houille. — Huiles légères, huiles lourdes, brai.

Carbures aromatiques : $C^{2n}H^{2n-6}$.

Benzine : Extraction, propriétés physiques et chimiques. — Usages. — Constitution de la benzine et formation de ses dérivés : dérivés chlorés ; nitrobenzine.

Toluène.

Carbures pyrogénés.

Naphtaline. — Anthracène. — Production, propriétés et usages.

43e Leçon.

ALCOOLS ET ÉTHERS.

Définition d'un alcool. — Isomérie dans les alcools ; alcools primaires, secondaires et tertiaires.

Alcool vinique ou éthylique : $C^4H^6O^2$.

Synthèse de l'alcool éthylique. — Préparation de l'alcool absolu. — Propriétés physiques et chimiques : action de l'oxygène, du chlore, de l'eau, des acides.

Fermentation alcoolique. — Alcools industriels.

Éthers composés. — Préparation et propriétés.

Éthers simples. — Préparation et propriétés.

Éthers mixtes ou oxydés. — Éther ordinaire ou oxyde d'éthyle. — Préparation : théorie de l'éthérification. — Propriétés et usages de l'éther.

Sulfure d'éthyle. — Composés organométalliques : Zinc-éthyle.

44e Leçon.

ALCOOLS ET ÉTHERS (Suite).

Homologues de l'alcool éthylique : Série grasse $C^{2n}H^{2n}(H^2O^2)$.

Esprit de bois ou alcool méthylique. — Préparation, propriétés physiques et chimiques.

Éthers de l'alcool méthylique. — Chlorure de méthyle : Préparation ; action du chlore : Chloroforme.

Alcools butyliques.

Alcools amyliques.

Cires. — Propriétés, usages.

Alcools de diverses séries. — Alcools acétyliques : $C^{2n}H^{2n}O^2$; camphéniques : $C^{2n}H^{2n-2}O^2$; benzéniques : $C^{2n}H^{2n-6}O^2$; cinnaméniques $C^{2n}H^{2n-8}O^2$.

45e Leçon.

ALCOOLS POLYATOMIQUES.

Alcools diatomiques. — Glycol : préparation, propriétés physiques et chimiques.

Éthers du glycol.

Alcools triatomiques. — Glycérine : préparation, propriétés et usages.

Éthers de la glycérine.

Nitroglycérine : préparation, propriétés et usages. — Dynamite.

Stéarine, margarine et oléine. — Corps gras neutres : leur constitution chimique. — Huiles et suifs : fabrication des bougies stéariques et des savons.

46e Leçon.

PHÉNOLS ET LEURS DÉRIVÉS.

Définition et fonction des phénols.

Phénols mono-atomiques : $C^{2n}H^{2n-6}O^2$. — Phénol ou acide phénique : extraction, synthèse ; propriétés, usages.

Acide picrique.

Phénols diatomiques. — Orcine.

Phénols triatomiques. — Acide pyrogallique.

ALDÉHYDES.

Définition et fonction des aldéhydes. — Leur dérivation des alcools. — Aldéhydes proprement dites ou primaires. Acétones. Aldéhydes à fonctions mixtes. Quinones.

Production et propriétés générales des aldéhydes.

Aldéhydes primaires. — Aldéhyde éthylique : préparation et propriétés. — Aldéhyde trichlorée ou chloral. — Aldéhyde benzoïque. — Essence d'amandes amères.

Aldéhydes secondaires ou acétones. — Acétone éthylique : préparation et propriétés.

Aldéhydes à fonctions mixtes.

47e Leçon.

ALDÉHYDES (suite).

Glucose et glucosides. — Glucose : état naturel, préparation. — Lactose.

Sucre ordinaire. — État naturel. — Propriétés physiques et chimiques. — Action des acides et des bases.

Extraction du sucre de canne et du sucre de betterave.

Dextrine. — Préparation et usages. — Gommes.

Matières amylacées. — État naturel. — Propriétés. — Amidon et fécule. — Extraction et usages.

Cellulose. — Propriétés physiques et chimiques.

Aldéhydes des phénols, ou quinones. — Production et propriétés.

48e Leçon.

ACIDES ORGANIQUES.

Définition et production des acides organiques.

Acides monobasiques ou acides gras. — Propriétés générales.

Acide formique. — Production, propriétés.

Acide acétique. — État naturel. — Propriétés physiques et chimiques. — Préparation du vinaigre de bois et du vinaigre ordinaire. — Usages de l'acide acétique. — Préparation et propriétés des acétates.

Préparation et propriétés des acides margarique, stéarique, oléique et benzoïque.

Acide polybasiques.

Acide oxalique. — Préparation, propriétés. Usages.

Acides alcools. — Acides lactique, malique, tartrique et citrique.

Acides phénols. — Acide gallique.

Acides éthers-phénols. — Tannin.

49e Leçon.

AMMONIAQUES COMPOSÉES OU AMINES. — ALCALOÏDES. — AMIDES.

Composés azotés basiques correspondant aux alcools et aux phénols.

Amines des alcools monoatomiques. — Modes généraux de formation des amines : Méthylamine, éthylamine.

Amines correspondant aux alcools diatomiques.

Amines correspondant aux phénols. — Aniline. — Préparation, propriétés et usages. — Couleurs d'aniline.

Alcalis organiques végétaux.

État naturel. — Propriétés générales. — Alcalis des quinquinas, de l'opium, du tabac.

Composés azotés neutres.

Amides des acides monobasiques et bibasiques. — Préparation. — Indigo.

50e Leçon.

MATIÈRES ALBUMINOÏDES. — FERMENTATIONS.

Constitution des matières albuminoïdes. — Albumine, caséine, fibrine. — Sang.

Ferments organisés. — Fermentations proprement dites. — Fermentations dues à des ferments solubles.

Fermentation alcoolique; boissons fermentées.

Fermentations diverses. — Origine des ferments.

Conservation des matières animales.

NOTE

SUR

L'EXPLOSION D'UNE CHAUDIÈRE DE LOCOMOBILE

A CIRON (INDRE)

Par M. OLRY, Ingénieur en chef des mines.

Le 10 septembre 1888, la chaudière d'une locomobile appartenant au sieur Lamoureux, entrepreneur de battage, a fait explosion dans la ferme de la Ménagerie, commune de Ciron (Indre). Huit hommes ont été tués et cinq blessés, dont un a succombé six semaines après, ce qui porte à neuf le nombre des morts. Les dégâts matériels ont été peu importants.

Description sommaire des lieux. — La locomobile, arrivée la veille dans la soirée, devait servir à actionner une machine à battre; elle avait été installée dans l'angle nord-ouest de la grande cour de la ferme (Pl. II, *fig.* 1), à proximité de la grange et à une dizaine de mètres d'une porte donnant sur un champ voisin. On avait immédiatement rempli d'eau sa chaudière.

Description de la chaudière. — Elle était du type dit à T. Son corps horizontal était greffé sur une enveloppe de foyer cylindrique verticale; elle renfermait un faisceau tubulaire émanant d'un foyer également cylindrique. Ses dimensions principales étaient les suivantes :

	Longueur ou hauteur.	Diamètre.	Épaisseur.
Corps cylindrique horizontal . .	2m,05	0m,70	8mm
Enveloppe du foyer	1 ,10	0 ,90	10
Foyer en fer	0 ,72	0 ,73	15
24 tubes en laiton	2 ,26	0 ,06	2
Capacité		1020 litres	
Surface de chauffe		12m²,20	
Timbre		6 kg	
Produit caractéristique		65 (2e catégorie).	

Il y a lieu de croire que les appareils de sûreté étaient au complet, à l'exception peut-être du clapet de retenue d'alimentation; mais les soupapes seules ont été retrouvées. Les témoins s'accordent à dire que le manomètre marquait invariablement 3kg,500, ce qui semble indiquer qu'il était faussé.

Origine. Épreuves. Réparations. — La chaudière a été construite, en 1871, par M. Hidieu, de Châteauroux. Elle a appartenu successivement à plusieurs personnes, et a subi en dernier lieu l'épreuve légale le 14 août 1883. Elle a été achetée par le sieur Lamoureux le 29 août 1888, quelques jours seulement avant l'accident. Grâce à plusieurs chômages de longue durée, elle n'a pas fonctionné en tout plus de trois ans. Elle n'a subi, depuis l'origine, que des réparations peu importantes.

Circonstances qui ont accompagné l'explosion. — Le 10 septembre 1888, entre quatre heures et demie et cinq heures du matin, le feu fut allumé. Lorsque, vers six heures, le mécanicien Désiré voulut mettre en marche la batteuse, il ne réussit pas à la faire démarrer, et c'est en vain que plusieurs ouvriers vinrent agir sur les volants de la machine. Attribuant cette circonstance à une disproportion de force entre la machine et la batteuse, Désiré fit tomber la courroie de transmission et activa le feu pour faire monter la pression. Quelque temps après,

il ouvrit l'admission, et la machine se mit en mouvement, à vide, avec une telle vitesse qu'il dut l'arrêter immédiatement. Les témoins déclarent que la locomobile « dansait sur ses cales », et que la cheminée « cracha un plein seau d'eau chaude ». Il semblait que, dans ces conditions, le mécanicien dût replacer la courroie pour faire fonctionner la batteuse; au lieu de cela, il continua à pousser le feu, et une dizaine de minutes après, vers six heures et demie du matin, la chaudière volait en éclats.

Les effets de l'explosion ont été terribles. Huit hommes, parmi lesquels le mécanicien et l'entrepreneur de battage, grièvement brûlés par la vapeur ou atteints par des fragments de la locomobile, ont été tués. Les corps des victimes ont été, en général, projetés à de grandes distances; ceux du sieur Lamoureux et d'un autre ouvrier, lancés contre la porte de la grande cour dont nous avons parlé plus haut, l'ont défoncée. Il y a eu, en outre, cinq blessés. Quatre d'entre eux, dont l'un a succombé, ont simplement subi des brûlures plus ou moins graves; le cinquième, un enfant, a été projeté à une vingtaine de mètres, et a été renversé si violemment qu'il a eu les deux cuisses brisées.

La matinée du 10 septembre ayant été très froide, la plupart des ouvriers de la ferme s'étaient approchés de la locomobile pour se chauffer en attendant sa mise en marche; c'est ce qui explique la gravité des conséquences de l'accident.

La *fig.* 2, Pl. II, indique la disposition des lignes de rupture de la chaudière, abstraction faite de quelques menus débris.

L'enveloppe du foyer s'est déchirée suivant ses deux lignes de rivure circulaires, inférieure et supérieure; son fond, qui portait les soupapes, a été retrouvé à une distance de 250 mètres; sa virole s'est rompue en pleine

tôle et suivant la couture avec le corps cylindrique horizontal; elle s'est ainsi divisée en deux fragments α_1 et α_2; deux petits morceaux de tôle sont en outre restés adhérents l'un au foyer, l'autre au corps cylindrique.

Ce dernier s'est partagé en cinq fragments β_1, β_2, β_3, β_4 et β_5; il s'est déchiré presque exactement suivant ses rivures avec la plaque tubulaire de la boîte à fumée et avec l'enveloppe du foyer; les autres lignes de rupture ont eu lieu en pleine tôle. Un morceau de l'enveloppe est resté attaché au fragment β_5.

Le foyer, complètement intact, a entraîné avec lui trois des tubes de laiton et une petite partie de l'enveloppe.

Le complément du faisceau de tubes a été emporté avec la plaque tubulaire de la boîte à fumée.

Enfin le bâti et le mécanisme ont été projetés d'une seule pièce.

Les autres organes, tels que les roues et les volants, ont été complètement brisés.

Les diverses parties de la locomobile ont été projetées, suivant les directions indiquées par la *fig.* 1, dans la grande cour de la ferme, ainsi que dans un jardin et dans les champs du voisinage. Seul, l'emplacement où est retombé le fragment β_3 n'a pu être déterminé.

Le bâti de la machine et le fragment β_4 ont passé au-dessus des bâtiments sans les toucher, de sorte qu'en dehors de la destruction même de l'appareil, les dégâts matériels ont été insignifiants. Quelques tuiles ont été brisées et un mur situé à proximité de la locomobile a été renversé sur une longueur de 2 à 3 mètres. La batteuse est restée intacte.

Examen des tôles. — D'une lettre de commande remise par le constructeur à M. l'ingénieur des mines de Grossouvre, qui a procédé à l'enquête, il résulte que les

tôles ont été fournies par l'usine du Creusot. L'enveloppe du foyer était en n° 3, le corps cylindrique en n° 4, le foyer et la plaque tubulaire de la boîte à fumée en n° 5.

Des éprouvettes, de 50 millimètres de longueur utile, découpées dans le corps cylindrique horizontal, ont donné une résistance moyenne à la rupture de $35^{kg},17$ par millimètre carré, et un allongement moyen de 6 1/3 p. 100.

D'autres éprouvettes, de 100 millimètres de longueur utile, provenant de l'enveloppe du foyer, ont offert une résistance de $32^{kg},15$ en long et de $31^{kg},11$ en travers, avec des allongements respectifs de 7,40 et de 5 p. 100.

Ces résultats sont assez satisfaisants.

Aucune trace de fissure ancienne n'a été découverte sur les surfaces d'arrachement des tôles; l'aspect de ces surfaces indiquait un métal homogène et bien soudé. Les déchirures qui se sont produites suivant les lignes de rivure se sont étendues en général d'un rivet à un autre, d'une manière plus ou moins régulière.

Les tôles du corps cylindrique présentaient à l'intérieur quelques corrosions par pustules, auxquelles venait s'ajouter une oxydation de la surface extérieure. Pour ces deux raisons, leur épaisseur n'était plus, en certains points, que de $6^{mm},1$; l'une des pustules était même assez profonde pour réduire l'épaisseur à 3 millimètres, mais sur une longueur d'un demi-centimètre à peine; la paroi de la chaudière avait été réparée dans cette région au moyen de quelques vis.

Cause de l'accident. — M. de Grossouvre ne pense pas que la diminution d'épaisseur des tôles et les réparations qu'elles ont subies aient joué un rôle dans l'accident, car les lignes de rupture se sont toutes produites dans des régions complètement saines et d'épaisseur normale.

Le manque d'eau, dont on a beaucoup parlé dans le public, est également à rejeter. La chaudière avait été remplie la veille; elle n'avait pas encore dépensé de vapeur, et tous les témoins déclarent avoir vu le niveau de l'eau osciller dans son tube indicateur en verre; son foyer ne porte aucune trace de surchauffe; enfin, l'intensité des effets dynamiques observés est contraire à cette hypothèse.

M. l'ingénieur ordinaire n'hésite pas à affirmer qu'il y a eu surpression, et surpression considérable. Il a procédé sur une chaudière de locomobile analogue à celle dont il s'agit à des expériences desquelles il résulte qu'il fallait une heure à partir de la mise en feu pour y amener la pression à 6 kilogrammes, et qu'ensuite la température s'élevait de 2 degrés environ par minute. Dans l'espèce, il s'était écoulé une heure et demie à deux heures depuis la mise en feu de la locomobile, et comme il suffisait d'une augmentation de température de 50 degrés pour porter la pression de 6 à 20 kilogrammes, on voit qu'au moment de l'explosion, la pression devait être extrêmement élevée et dépassait sans doute 20 kilogrammes. M. de Grossouvre a cherché à la calculer en partant soit des modifications éprouvées par les tôles dans leurs propriétés élastiques, soit des phénomènes balistiques produits, mais la complication du problème l'a empêché d'arriver à des résultats précis, et il a dû baser ses appréciations sur d'autres considérations.

Un propriétaire, chez qui la machine avait fonctionné quelques jours auparavant, a déclaré que le manomètre était alors en bon état, les soupapes bien réglées, et que ces dernières commençaient à souffler dès que la pression atteignait 6 kilogrammes; de plus, les agents de l'entrepreneur de battage ayant cru devoir caler les soupapes, il avait dû les menacer pour obtenir l'enlèvement des cales. Il résulte de cette déposition une présomption d'autant plus grave que, peu de temps avant l'explosion, la machine était incapable d'entraîner la batteuse, ce qui devait exciter le mécanicien à forcer la pression.

D'autre part, les témoins affirment que les soupapes crachaient depuis environ une demi-heure; il s'est donc écoulé une demi-heure pendant laquelle, la pression limite de 6 kilogrammes étant atteinte, il y a eu production de vapeur sans aucune dépense, d'où l'on est amené à conclure que les soupapes étaient calées.

Il ressort de l'enquête qu'un peu après le moment où le mécanicien Désiré avait fait marcher la machine à vide, il avait dû monter sur l'une des roues et appuyer de la main gauche sur les leviers des soupapes, la main droite armée d'une clef à écrou avec laquelle il travaillait; ceci s'explique facilement si l'on admet que les soupapes étaient calées au moyen de coins en bois tendre; ces coins n'ayant pas suffi à les empêcher de souffler, Désiré a sans doute cherché à repousser les cales avec sa clef à écrou, ou bien encore à tourner les soupapes au moyen de cette clef, pour les placer dans une position où elles seraient étanches.

Quelques minutes après, un gros jet de vapeur s'étant déclaré vers la base de l'enveloppe du foyer, probablement au robinet de vidange, Désiré avait cherché à le faire disparaître, et Lamoureux s'était littéralement suspendu aux leviers des soupapes pour s'opposer à la sortie de la vapeur. C'est à ce moment que l'explosion s'est produite.

Ces considérations paraissent concluantes; elles sont, toutefois, en contradiction avec le témoignage d'un ouvrier survivant qui prétend n'avoir pas vu de cales; les autres disent qu'ils n'en ont pas remarqué.

Le ciel de l'enveloppe du foyer est retombé à une distance de 250 mètres sur sa face supérieure; dans le choc

qu'il a subi, les guides des soupapes et leurs leviers ont été faussés; on n'a donc pas retrouvé de cales, et il faut d'autant moins s'en étonner que c'est seulement deux mois après la catastrophe qu'on a découvert dans un champ la pièce en question.

Ajoutons enfin que la surpression est accusée par le fait que les tôles se sont déchirées très régulièrement suivant les rivures circulaires, qui étaient des lignes de moindre résistance.

Toutes ces raisons, jointes à l'intensité des effets produits et à l'impossibilité d'expliquer l'accident d'une autre manière, déterminent M. de Grossouvre à l'attribuer à un excès de pression.

Il fait observer enfin que Lamoureux et Désiré n'avaient ni l'un ni l'autre l'expérience des appareils à vapeur. C'était, en effet, la première année que Lamoureux s'occupait du battage des grains, et Désiré, qui était de son état maréchal-ferrant, n'avait jamais auparavant conduit une machine.

Avis de l'ingénieur en chef. — M. l'ingénieur en chef Grand trouve également dans l'intensité des effets de l'explosion une preuve qu'elle a eu lieu sous l'influence d'une pression considérable. Les expériences faites montrent que le temps pendant lequel la chaudière a été en feu sans dépense de vapeur, deux heures environ, était largement suffisant pour que la tension ait atteint une vingtaine de kilogrammes par centimètre carré. La pression limite de 6 kilogrammes devait d'ailleurs avoir été obtenue depuis longtemps, car les soupapes soufflaient déjà une demi-heure au moins avant l'accident, et l'enquête a démontré que, quelques jours auparavant, elles étaient bien réglées et commençaient à se soulever dès que le manomètre marquait la pression indiquée par le timbre.

Dans ces conditions, et malgré les dépositions de quelques témoins, M. Grand conclut que les soupapes étaient calées, ce qui a permis d'atteindre la pression exagérée qui a été la cause de l'explosion.

Avis et conclusions du rapporteur. — Le rapporteur a été d'avis, comme les ingénieurs locaux, que l'accident doit être attribué à un excès de pression, et par suite à l'imprudence et à l'inexpérience du mécanicien Désiré et du patron Lamoureux qui ont poussé le feu outre mesure, après avoir calé les soupapes, le manomètre étant d'ailleurs hors d'état de fonctionner.

En conséquence, il a soumis à l'approbation de la commission centrale des machines à vapeur l'avis suivant :

« L'explosion de chaudière locomobile qui s'est produite, le 10 septembre 1888, à Ciron (Indre), est due à un excès de pression. Ce fait est imputable à l'imprudence et à l'inexpérience du chauffeur Désiré et de l'entrepreneur de battage Lamoureux, qui ont été tués.

« Le manomètre étant faussé et les deux soupapes de sûreté ayant été calées, la pression, sous l'influence d'un feu trop prolongé sans dépense de vapeur, s'est élevée bien au delà de la limite fixée par le timbre, et a fini par amener la rupture de la chaudière. »

En adoptant cet avis, la Commission centrale a été particulièrement frappée de l'intérêt que présente la forme des cassures de l'appareil, qui concorde de la manière la plus complète avec l'explication ci-dessus. Elle a demandé, en conséquence, l'insertion de la présente note dans les *Annales des mines* et dans les *Annales des ponts et chaussées*. Cette insertion aura, en outre, l'avantage d'appeler l'attention, une fois de plus, sur les dangers qui résultent de la conduite des locomobiles servant à l'agriculture par des ouvriers inexpérimentés.

NOTE

SUR

L'EXPLOSION D'UN TUBE DE CHAUDIÈRE A PETITS ÉLÉMENTS

A PARIS

Par M. OLRY, Ingénieur en chef des mines.

Le 1er juin 1888, un tube de chaudière à petits éléments a fait explosion à la station centrale d'éclairage électrique exploitée à Paris, 31, rue du Faubourg-Saint-Martin, par M. Pulsford. Le chef mécanicien de l'établissement a été grièvement blessé; il n'y a pas eu de dégâts matériels.

La chaudière est du système Lagosse et Bouché; elle se compose essentiellement d'un faisceau incliné de trente tubes bouilleurs de $0^m,10$ de diamètre et 3 mètres de longueur, placé dans le fourneau et surmonté d'un réservoir d'eau et de vapeur non chauffé par les gaz du foyer, le tout complété par un réchauffeur d'eau d'alimentation et un sécheur de vapeur placés latéralement. — Capacité : $1^{m3},960$; timbre : 10 kilogrammes; produit caractéristique : 163.

Les indicateurs de niveau consistent en deux clarinettes disposées à droite et à gauche de la façade, à hauteur du réservoir supérieur où se trouve le niveau normal de l'eau; chacune d'elles porte un tube de verre et deux robinets de jauge.

L'alimentation se fait habituellement par un injecteur; en outre, la tuyauterie est disposée de manière à permettre de diriger sur la chaudière dont il s'agit l'eau de trois autres appareils alimentaires, deux injecteurs et une pompe, affectés plus spécialement à une chaudière Collet, voisine de la précédente.

La rupture s'est produite à l'un des tubes du faisceau bouilleur, sur $0^m,56$ de long et $0^m,15$ de bâillement maximum. En même temps, les portes du foyer et de la boite à tubes se sont ouvertes brusquement, et le chef mécanicien, qui se trouvait à peu de distance en avant du générateur, a été atteint par une double projection de vapeur et de combustible incandescent : il a été plus d'un mois à se remettre de ses blessures.

L'accident doit être attribué, sans aucun doute, à un manque d'eau. En effet, les tubes inclinés étaient rougis par l'oxyde sur des longueurs variables d'après leurs rangs dans le faisceau, l'ensemble des parties ainsi avariées étant assez nettement délimité par un plan horizontal; quelques-uns de ces tubes s'étaient déformés et cintrés plus ou moins; celui qui faisait partie de la même paire que le tube crevé présentait même une fissure.

Il résulte d'ailleurs de l'enquête de M. l'ingénieur des mines Walckenaer que pendant la demi-heure qui a précédé l'accident, de vaines tentatives avaient été faites pour alimenter la chaudière Lagosse, soit au moyen de l'injecteur qui lui est propre, soit à l'aide des injecteurs et de la pompe de la chaudière Collet. Ces tentatives avaient échoué par suite du fonctionnement défectueux des injecteurs, de l'échauffement de l'eau de la bâche d'alimentation, et de la rupture probablement ancienne du tuyau destiné à amener l'eau au petit-cheval alimentaire. Le chef mécanicien et les chauffeurs prétendent, toutefois, qu'ils pensaient avoir alimenté dans une certaine mesure, et qu'ils ne soupçonnaient pas le danger,

parce qu'ils continuaient à voir de l'eau dans le tube indicateur de gauche; ces ouvriers assurent même qu'ils ont constaté la présence de l'eau en purgeant ce tube et en ouvrant le robinet de jauge inférieur de la clarinette : le niveau, disent-ils, se relevait après chaque purge, lorsqu'on fermait le robinet, au-dessus du niveau permanent.

D'après M. Walckenaer, ces particularités peuvent s'expliquer par une disposition vicieuse des indicateurs de niveau. Les prises d'eau des deux clarinettes se faisaient au moyen de deux longs tuyaux qui se réunissaient en un seul, aboutissant dans la région arrière du réservoir supérieur, et dont l'extrémité, formant branche verticale, s'ouvrait à 60 millimètres au-dessus de sa génératrice inférieure (voir la figure 3, Pl. II). Cette branche verticale, le long tuyau adducteur de chaque clarinette, et le tube de verre correspondant constituaient une sorte d' U qui restait plein d'eau lorsque la chaudière se vidait, auquel cas le niveau se fixait dans le tube, à l'état statique, à 13 millimètres au-dessus du sommet de son écrou-bague inférieur. Dès lors, on comprend que les indications du tube de verre de gauche aient pu tromper les chauffeurs et le chef mécanicien sur le niveau réel dans la chaudière, et même que ces ouvriers aient obtenu de l'eau en purgeant ce tube ou en ouvrant le robinet de jauge inférieur de la clarinette; le long tuyau adducteur renfermait une quantité de liquide assez considérable pour que cet effet ait pu se produire et induire en erreur les ouvriers chargés de l'alimentation.

M. Walckenaer a exécuté sur l'indicateur de gauche, à froid et à chaud, une série d'expériences dont le but était de vérifier l'exactitude de cette explication. A froid, l'eau que l' U renfermait venait affleurer l'orifice interne du robinet de jauge inférieur de la clarinette; il n'y avait donc pas d'écoulement quand on ouvrait ce robinet, mais

il est clair que son ouverture *sous pression* devait occasionner un entraînement d'eau avec la vapeur. A chaud et dans des conditions analogues à celles qui existaient lors de l'accident, des purges opérées par le robinet de jauge inférieur de la clarinette et par le robinet de purge du tube, alors que le niveau était déjà très bas dans ce dernier, ont non seulement donné de l'eau, mais encore produit cet effet, relaté par les témoins, de l'eau se relevant, après chaque purge, plus haut que son niveau permanent. Malheureusement, M. Walckenaer n'est pas absolument sûr que la branche postérieure de l' U émergeait déjà quand ces purges ont été faites, et cette réserve laisse quelque doute sur la signification des expériences précédentes. Une autre purge, opérée quelques instants après au moyen d'un robinet situé tout à fait au bas de la clarinette, a fait remonter notablement l'eau dans le tube de verre : cette fois, le niveau dans le réservoir était certainement inférieur à celui de l'extrémité de la branche postérieure de l' U. Enfin, M. l'ingénieur ordinaire a remarqué sur la porte de la boîte à tubes qui, en s'ouvrant, était venue briser l'indicateur de droite, la trace d'un jet liquide qui ne pouvait provenir que de cet indicateur. L'ensemble de ces remarques confirme d'une manière satisfaisante les dépositions des témoins et en rend la sincérité très vraisemblable.

M. Walckenaer fait encore observer que l'accident n'aurait sans doute pas eu de conséquences graves si les portes du foyer et de la boîte à tubes avaient été fermées solidement, mais la première ne possédait aucun moyen de fermeture et l'état du loquetage de la seconde laissait à désirer.

M. l'ingénieur en chef Michel Lévy et le rapporteur près la commission centrale des machines à vapeur, ont complètement adopté les conclusions de M. l'ingénieur ordinaire.

En conséquence, le rapporteur a proposé à la commission d'émettre l'avis suivant :

« L'explosion d'un tube de chaudière multitubulaire survenue, le 1er juin 1888, dans la station d'électricité de M. Pulsford, est due à un abaissement excessif du niveau de l'eau, résultant d'un fonctionnement défectueux des appareils d'alimentation. Le chef mécanicien et les chauffeurs ont été induits en erreur sur le niveau réel de l'eau dans la chaudière, par suite d'un vice de construction des appareils indicateurs qui laissaient voir de l'eau dans les tubes de verre et en donnaient par les robinets de purge, alors que le niveau était déjà abaissé dans la chaudière d'une façon anormale. Les conséquences de l'accident ont, en outre, été aggravées par l'absence de moyens de fermeture à la porte du foyer et par le mauvais état du loquetage de la porte de la boîte à tubes. »

En donnant son approbation à cet avis, la commission centrale a demandé l'insertion de la présente note dans les *Annales des mines* et dans les *Annales des ponts et chaussées*, à l'effet d'appeler l'attention des ingénieurs et des industriels sur les inconvénients et les dangers qui peuvent résulter tant de l'emploi d'indicateurs de niveau présentant le vice de construction signalé plus haut, que de l'absence ou de l'état défectueux des fermetures des portes des foyers et des boîtes à tubes, dans les chaudières multitubulaires.

Sur ce dernier point, il ne sera pas inutile de rappeler que plusieurs accidents de chaudières à petits éléments qui étaient en eux-mêmes de peu d'importance, ont eu cependant des conséquences funestes, en raison de l'ouverture intempestive ou imprudente des portes des foyers ou des boîtes à tubes. Tel a été notamment celui du Grand-Hôtel, à Paris, en date du 19 octobre 1886, qui a coûté la vie à deux ouvriers, grièvement brûlés. On peut citer encore l'explosion du bateau Abeille n° 5, survenue le même jour à Thouaré (Loire-Inférieure), qui a occasionné la mort d'un chauffeur et des blessures à un mousse, et celle du bateau-omnibus n° 3, à Rouen, en date du 6 février 1887, dans laquelle le chauffeur et le mécanicien ont été blessés l'un mortellement, l'autre assez grièvement. Dans ces trois accidents, les ouvriers n'auraient probablement pas été atteints d'une manière sérieuse si les portes étaient restées fermées.

C'est pour ce motif que la circulaire ministérielle du 14 août 1888, relative aux conditions à imposer en cas de tolérance d'emplacement, pour les types de chaudières à petits éléments, a spécifié, sur l'avis de la commission centrale des machines à vapeur, une prescription spéciale, libellée comme il suit : « Les portes des boîtes à tubes seront tenues fermées pendant le travail ; celles du foyer le seront habituellement ; le système de fermeture présentera des garanties de solidité. »

NOTE

SUR LA PRÉPARATION ET LE MONTAGE

DES TUBES A FUMÉE DE LOCOMOTIVES

AUX CHEMINS DE FER DU NORD

Par M. E. COSTE, ingénieur des mines.

On n'employait autrefois pour la fabrication des tubes de locomotives que le laiton et le fer; l'emploi du métal fondu doux ne date que de peu et c'est surtout aux Etats-Unis qu'il est répandu. On a longtemps admis que le laiton présentait de grands avantages sur le fer et sur le métal doux. La conductibilité du premier de ces métaux est évidemment plus grande que celle des deux autres. Mais, tant que l'épaisseur du métal est faible, la résistance au passage de la chaleur, soit à travers la paroi métallique, soit au contact des gaz chauds et de la paroi est négligeable à côté de la résistance au contact de la paroi et de l'eau (*). De plus, les dépôts de suie et de tartre qui se forment sur les parois des tubes font encore disparaître tous les avantages qui pourraient résulter de la substitution du laiton au fer, puisque la conductibilité de ces deux substances est infiniment plus faible que celle des métaux. Aussi ne doit-on pas s'étonner que les

(*) Voir : Études sur les appareils Piccard, *Annales des mines*, 8e série, t. XIV, p. 387.

consommations en combustible ne présentent pas de différence sensible suivant que l'on emploie le laiton ou le fer.

Le fer et l'acier présentent pourtant un inconvénient assez sérieux. Ils s'entartrent plus facilement, et les dépôts qui se forment sur ces métaux sont beaucoup plus adhérents que ceux qui se forment sur les tubes de laiton. Aussi toutes les fois que l'on n'a pas le soin d'épurer les eaux d'alimentation des chaudières, doit-on nettoyer les tubulures en fer et en acier beaucoup plus souvent que celles qui sont faites en laiton. Enfin, la plaque tubulaire du foyer de la locomotive étant presque toujours (en France du moins) en cuivre, la rivure des tubes en fer sur cette plaque de cuivre présente toujours des difficultés et il s'y produit fréquemment des fuites. Mais cette difficulté peut être évitée en employant des tubes raboutis en cuivre rouge.

Lorsque l'on a cherché à employer des métaux autres que le laiton pour la fabrication des tubes, c'est par le fer que l'on a commencé. Ce n'est que plus tard, lorsque les procédés Bessemer et Martin se sont perfectionnés que le métal fondu doux a commencé à être utilisé. Il était assez difficile au début d'obtenir avec cette matière des tubes bien soudés; l'acier doux il y a encore quelques années se soudait beaucoup moins bien que le fer; et ce n'est relativement que depuis peu que l'on peut faire avec ce métal de bons tubes. Actuellement on préfère le métal doux au fer pour la raison suivante : la composition des tubes est beaucoup plus constante avec le premier qu'avec le second. Les essais faits sur un tube pour 100, par exemple, renseignent beaucoup mieux sur la qualité de la livraison fournie lorsqu'il s'agit du métal doux, que lorsqu'il s'agit du fer, qui est souvent aujourd'hui de qualité médiocre et surtout fort irrégulière. Les fournisseurs de la compagnie du Nord peuvent

lui présenter indifféremment des tubes en fer ou en métal doux; en fait c'est ce dernier métal que l'on emploie; tout ce qu'on leur demande c'est que les épreuves prescrites par les cahiers des charges soient satisfaites. Ces conditions sont les mêmes pour les deux matières et le prix d'achat est, lui aussi, le même.

Il y a une autre question, fort importante aussi, que l'on ne doit pas négliger. La valeur du métal entre souvent en ligne de compte pour le choix que l'on a à faire entre le cuivre et le fer. Les tubes en laiton, par suite de la grande hausse des prix du cuivre, coûtent 222f,70 les 100 kilogr. (prix du 7 juin 1888); tandis que les tubes en fer ou en acier ne coûtent que :

Tube de	40mm	de diam. extér.,	1f,85	le mètr. ;	99f,45,	les 100 kilogr.
—	45	—	2,00	—	—	—
—	50	—	2,15	—	91,50	—
—	55	—	2,45	—	—	—

Inversement le prix de vente des vieilles matières est beaucoup plus élevé pour le cuivre que pour le fer.

Les tubes en cuivre jaune	décapés	valent	120 fr.	les 100 kilogr.
—	non décapés		110	—

tandis que les tubes de fer écrasés ne valent plus que 3 francs les 100 kilogr.

Si donc avec le fer le prix de construction est beaucoup moins élevé, la valeur de l'appareil après usure est presque nulle. Aussi le choix que l'on fait entre les tubulures en fer et les tubulures en cuivre est-il surtout une question du moment. On doit toujours se demander s'il y a avantage ou non à immobiliser un capital plus ou moins considérable. D'après les ordres qui ont été donnés à la compagnie du Nord au mois de juin 1888, toute tubulure neuve est faite complètement en fer, tandis que s'il ne s'agit que de remplacer un petit nombre de tubes, on emploie pour la réparation le métal avec lequel est faite toute la tubulure.

Les poussières qu'entraînent toujours avec eux les gaz de la combustion, usent très rapidement les tubes de laiton aux environs de la plaque tubulaire, car le métal est très tendre. De plus le laiton est fort cassant à la température du rouge sombre; et comme au voisinage de la plaque tubulaire la température peut parfois s'élever beaucoup par suite des dépôts de tartre, les tubulures uniquement faites en laiton sont sujettes à des accidents fréquents. Aussi fixe-t-on presque toujours à l'extrémité du tube de laiton un bout de tube de 170 à 180 millimètres de long en cuivre rouge, métal relativement plus dur et moins cassant, et c'est ce bout qui se fixe à la plaque tubulaire. Il existe 5 locomotives à la compagnie du Nord, où l'on emploie des tubes en laiton raboutis en fer. C'est un essai qui a été fait il y a environ douze ans. Ce métal s'use naturellement fort peu, mais l'emploi du cuivre rouge est plus avantageux que celui du fer. Les dilatations sont toujours les mêmes et pour le tube et pour la plaque tubulaire, de sorte que les fuites sont bien moins à craindre. C'est cette dernière raison qui fait que bien qu'il n'y ait pas à tenir compte ici de l'usure produite par les poussières, les tubes en fer sont eux aussi, en général, raboutis en cuivre rouge. Ce n'est guère qu'aux États-Unis que l'emploi des tubulures entièrement en métal doux est extrêmement répandu. Depuis un ou deux ans on a construit à la compagnie du Nord quelques tubulures uniquement en fer, et il ne semble pas qu'elles aient donné jusqu'à présent plus de fuites que les autres. On peut ainsi réaliser une légère économie, en construisant les tubulures neuves en fer et en ne faisant le raboutissage en cuivre rouge qu'au moment où les réparations deviennent nécessaires.

Les tableaux suivants indiquent le nombre des tubulures et le nombre de tubes de chaque catégorie qu'il y avait en service à la compagnie du Nord au 1er janvier

1887, au 1er janvier 1888 et au 1er janvier 1889. Ils permettent de se rendre compte de l'importance relative des matières premières employées :

	1er JANVIER 1887			1er JANVIER 1888			1er JANVIER 1889		
	Tubulures	Tubes	Pour 100	Tubulures	Tubes	Pour 100	Tubulures	Tubes	Pour 100
Tubes tout en laiton.	83	13.746	4,5	62	10.537	3,5	43	7.474	2,4
Tubes en laiton raboutis en cuivre rouge.	1.364	259.033	85,0	1.359	254.858	86,0	1.344	248.542	84,8
Tubes en laiton avec bouts en fer	5	1.000	0,4	6	1.103	0,6	5	988	0,6
Tubes en fer avec bouts en cuivre rouge.	98	18.378	6,0	108	18.305	6,1	116	21.497	7,3
Tubes en fer ou acier.	63	12.558	4,1	59	11.385	3,8	76	14.558	4,9
Total.	1.613	304.715	100,0	1.594	296.188	100,0	1.584	293.059	100,0

Sur les 12.558 tubes de fer ou acier, il y en a :

	1er janv. 1887.	1er janv. 1888.
Tubes en acier (métal doux).	3.248	»
Tubes en fer.	9.310	»
Sur les 11.385 tubes de fer ou acier, il y en a :		
Tubes en acier (métal doux).	»	3.211
Tubes en fer	»	8.174
Total.	12.558	11.385

Ces statistiques ne comprennent pas les locomotives de manœuvre nos 2001-2034 à chaudières Field.

Les dimensions des tubes, bien qu'assez variables, rentrent toujours dans des limites peu étendues. Les diamètres extérieurs les plus généralement répandus sont de 50 millimètres et de 45 millimètres. Ils varient pourtant entre 40 et 50 millimètres. L'épaisseur des tubes est de $2^{mm},5$ pour les tubes en fer et de 2 millimètres pour les tubes en laiton. Exceptionnellement les tubes en laiton de 55 millimètres de diamètre extérieur ont une épaisseur de $2^{mm},2$.

La longueur de commande, qui est approximativement de $0^{m},40$ plus grande que la longueur prise sur les dessins varie entre $5^{m},10$ (locomotives nos 4361 à 4400) et $3^{m},20$ (nos 3801-3835).

Enfin, pour les raboutissages des tubes, on emploie des bouts de cuivre rouge de 200 millimètres de longueur. Les diamètres varient comme les précédents, mais l'épaisseur constante est toujours de 3 millimètres.

J'ai déjà indiqué plus haut le prix d'achat actuel des tubes de laiton, de fer et d'acier doux. Les bouts de tubes en cuivre rouge de 200 millimètres de longueur se payent $2^{f},58$ le kilogramme (prix du 7 juin 1888). Il y a avantage à les acheter tout faits au lieu de commander de longs tubes que l'on pourrait ensuite couper aux ateliers, ces longs tubes en cuivre rouge se payant $3^{f},07$ le kilogramme. Les vieux bouts en cuivre rouge peuvent se revendre $1^{f},50$ le kilogramme.

Tubes neufs. *Cahier des charges.* — Les conditions imposées aux constructeurs pour les fournitures de tubes neufs sont réunies dans deux cahiers des charges, l'un pour les tubes de fer, l'autre pour les tubes de laiton, dont voici le résumé.

I. — La compagnie emploie :

1° Des tubes en acier doux et en fer à recouvrement et à épaisseur constante ;

2° Des tubes de laiton à épaisseur constante étirés sans soudure, dont les dimensions (diamètre et épaisseur) ont déjà été indiquées. Le laiton employé est composé de 70 parties de cuivre et 30 parties de zinc.

II. — Lors de la réception des tubes il sera fait une vérification minutieuse de chacun des tubes livrés et tous devront satisfaire aux conditions suivantes :

1° Avoir les dimensions rigoureuses des dessins, et

(condition spéciale pour les tubes en laiton) présenter les poids moyens suivants par mètre courant de laiton avec tolérance de deux pour cent (2 0/0) en dessus et en dessous :

3^{kg},06	pour les tubes de	55^{mm}	de diamètre extérieur
2 ,53	—	50	—
2 ,26	—	45	—
1 ,52	—	40	—

2° Être parfaitement ronds et présenter une épaisseur constante dans chaque section.

2° *bis* (spécial pour les tubes en laiton). Présenter la composition chimique ci-dessus indiquée, avec tolérance de un pour cent (1 0/0) en dessus et en dessous.

3° Résister à une pression intérieure de 20 kilogrammes à la presse hydraulique sans qu'il se manifeste aucun suintement sur le corps du tube. Si le nombre des tubes qui ne satisfont pas à cette condition dépasse 2 p. 100, la livraison entière pourra être refusée.

4° Satisfaire aux épreuves mécaniques suivantes, qui seront effectuées à raison de un tube pris au hasard par livraison de cent tubes (*).

III. — 1° Un bout de dix centimètres (0^{m},10) coupé à l'extrémité du tube est recuit, puis scié suivant une génératrice, et retourné jusqu'à présenter un bout de tube dont la surface intérieure soit la surface extérieure primitive. Ce retournement ne doit révéler aucune paille ni gerçure, ni dessoudure.

2° Un bout recuit doit pouvoir supporter le rabattage à froid d'une collerette de quinze millimètres (0^{m},015) de bord dans un plan perpendiculaire à l'axe du tuyau, sans qu'il se déclare ni fente ni éclat.

(*) Un nombre de tube inférieur à 100 comptant comme 100. Avant le 1er octobre 1888 les essais étaient faits à raison de 1 tube par livraison de 200 tubes.

(Les fentes et les gerçures qui peuvent se produire sur la collerette montrent quelle est la qualité du métal. Cet essai permet aussi de voir si la soudure des tubes en fer est bien faite. La tendance au décollement est très forte pour la collerette rabattue).

3° Spécial pour le fer). Un bout de dix centimètres (0^{m},10) de longueur doit pouvoir s'écraser sous le pilon, suivant son axe sans qu'il se manifeste ni crique, ni gerçure, ni dessoudure.

(La tendance au décollement de la soudure est ici aussi très forte ; cette épreuve donne de bons renseignements sur la qualité).

4° (Spécial pour le laiton, mais se faisant rarement). Un bout de 0^{m},70 recuit et rempli de brai, doit pouvoir se plier jusqu'à ce que ses extrémités se rejoignent sans qu'il se manifeste ni crique ni paille. Un autre bout de 0^{m},70 non recuit, rempli de brai, et reposant sur deux appuis distants de 0^{m},50, doit pouvoir être pressé en son milieu jusqu'à être fléchi de 0^{m},080 sans qu'il se manifeste ni crique ni paille.

5° (Spécial au cas où les tubes de laiton sont raboutis en cuivre rouge). Un bout de 8 à 10 centimètres, coupé moitié sur la partie cuivre, moitié sur la partie laiton sera scié suivant une génératrice, puis redressé à plat, la partie en cuivre sera rabattue à angle droit à l'extrémité de la soudure, qui devra résister sur toute sa longueur sans présenter de décollement.

6° (Même cas). Chaque tube à la réception sera enfoncé dans une matrice conique et retreint au diamètre indiqué ; tout tube qui présenterait un bourrelet à l'endroit de la brasure sera rebuté comme présentant un soudage insuffisant entre le cuivre et le laiton.

Pour les bouts de tubes en cuivre rouge on ne doit employer que du métal de première qualité, ne contenant que des traces de métaux étrangers. L'analyse chimique

faite sur $0^{gr},5$ ne doit pas accuser de taches appréciables à l'appareil de Marsh.

Ces tuyaux doivent avoir une épaisseur bien uniforme avec tolérance de 5 p. 100 en dessus ou en dessous ; la surface doit être parfaitement lisse à l'extérieur et à l'intérieur exempte de crevasses, pailles ou gerçures.

L'essai à la presse hydraulique, quoique spécifié dans le cahier des charges, ne se fait pas ; on se contente des essais IV 1° et 2° que l'on complète par l'essai suivant: Des bouts de tuyaux sont cintrés à froid jusqu'à ce que le rayon de courbure intérieur soit égal au diamètre extérieur du tuyau, et il ne doit se manifester aucune crique.

Toute livraison de tubes qui ne satisferait pas aux conditions ci-dessus pourra être refusée.

Lorsque l'on répare une tubulure de locomotive, il peut y avoir encore un grand nombre de tubes pouvant être réemployés, soit pour la même machine en les raboutissant quand la partie bonne est trop courte, soit pour une machine d'un type différent. Tout tube est bon tant que son épaisseur dépasse $1^{mm},5$. Cette mesure doit se faire en ayant soin d'opérer à une certaine distance d'un bout bien affranchi. En opérant trop près du point où un tube est coupé, on est sujet à des erreurs, car par suite de la section qui a été faite, l'épaisseur du tube est un peu exagérée (*). Tant qu'un tube présente une longueur de $3^{m},30$ au moins, il peut encore servir si son épaisseur est suffisante ; si le bout qui pourrait être utilisé est moins long, on rejette le tube pour éviter de faire des raboutissages trop considérables. Les tubes rejetés sont aplatis à coups de marteau et vendus comme vieille matière.

(*) Ces mesures peuvent être faites au Palmer. Un moyen simple pour évaluer l'épaisseur des tubes consiste à les peser.

Épreuve à la presse hydraulique. — La seule épreuve que l'on fasse subir aux vieux tubes est l'épreuve à la presse hydraulique (20 kilogrammes par centimètre carré). Pour cet essai auquel doivent être soumis *tous* les tubes, on emploie une petite presse hydraulique à bras munie d'un manomètre métallique qui permet de refouler de l'eau dans les tubes ; le tube placé horizontalement vient s'appuyer par ses deux extrémités contre les deux plaques métalliques A et B (Pl. III, *fig.* 1) que l'on serre contre le tube au moyen de 2 tiges filetées *a* et *b* et des écrous *a'* et *b'*. Le joint entre le tube et la plaque est rendu hermétique au moyen d'une garniture en cuir. Les plaques A et B sont percées dans l'axe du tube. C'est par l'ouverture de la plaque A qu'arrive l'eau refoulée par la presse hydraulique ; l'orifice que présente la plaque B correspond à un robinet C. Le tube une fois fixé on ouvre C et on introduit l'eau dans le tube ; l'air s'échappe par le robinet. Le tube une fois plein, on ferme C, et en deux ou trois coups de piston on amène la pression à 20 ou 25 kilogrammes. On examine alors soigneusement le tube ; tout suintement correspondant à une fissure amène son rejet immédiat. On se contente à la compagnie du Nord de faire un essai, la pression s'exerçant à l'intérieur, bien que ce ne soient pas exactement les conditions dans lesquelles le tube doitt ravailler. Dans d'autres ateliers, et en particulier dans ceux de l'Œsterreichische Ungarische Staatsbahn Gesellschaft que j'ai eu l'occasion de visiter à Vienne, on fait successivement deux essais en soumettant le tube d'abord à une pression intérieure, puis à une pression extérieure de 20 kilogrammes. Je reviendrai plus tard sur ces essais pour indiquer le personnel qui s'en occupe et le prix de revient de cette opération.

Que l'on ait affaire à des tubes neufs ou à des tubes vieux, il faut toujours les préparer avant de pouvoir les

employer. Les vieux tubes qui proviennent de la démolition d'une tubulure doivent être nettoyés. Il faut les débarrasser de la couche de tartre qui les recouvre, puis il faut en général en affranchir les extrémités qui ont été plus ou moins abîmées pendant le démontage. Enfin, il faut les raboutir lorsque leur longueur totale est trop faible ou lorsque le bout de cuivre qui reste utilisable est lui-même trop court (moins de 50 à 60 millimètres). Ce travail du raboutissage doit aussi être fait pour les tubes neufs, puisque, et je l'ai déjà dit, un grand nombre de tubes sont fournis sans bouts de cuivre rouge. J'aurai donc à étudier successivement les deux questions suivantes :

1° Lavage des vieux tubes ;

2° Raboutissage des tubes (tubes vieux et tubes neufs).

Après ces deux opérations, tous les tubes, de quelque provenance qu'ils soient, sont prêts à être montés et je m'occuperai alors de la question du *montage des tubes dans les plaques tubulaires*. Ce sera également à ce moment que je parlerai de l'*extraction des tubes*, opération qui se présente lors du démontage d'une tubulure.

Lavage des vieux tubes. — L'appareil qui est employé aux ateliers de la Chapelle ainsi qu'à ceux de Hellèmmes pour le lavage des tubes est un grand trommel (*fig.* 2) mesurant $5^m,40$ de long (de façon à pouvoir y laver les plus longs tubes qui mesurent $5^m,10$) sur $1^m,04$ de diamètre, monté sur un arbre horizontal et pouvant être animé d'un mouvement de rotation. Les deux plaques de fond présentent une forte armature en fonte, les secteurs qui s'étendent entre les nervures sont mobiles et sont formés par de simples feuilles de tôle, que l'on fixe aux nervures par une série de coins en bois, et que l'on enlève pour le chargement ou le déchargement de l'appareil. Le trommel est divisé en une série de compartiments par de grands disques en fonte, montés sur l'arbre de l'appareil et qui maintiennent la paroi cylindrique extérieure, paroi faite en tôle de 6 millimètres. Ces plaques de fonte sont percées, comme le montre le croquis, d'une série de trous ovales de 10 centimètres sur 8 centimètres environ. C'est dans ces trous qui se correspondent sur diverses plaques que l'on introduit les tubes à nettoyer. Leurs dimensions sont suffisantes pour que tous les tubes de 40 à 65 millimètres de diamètre puissent y entrer avec un jeu suffisant pour que chaque tube puisse prendre de petits mouvements.

La charge de l'appareil est de 36 tubes ; on ajoute dans chaque compartiment quelques pelletées de silex de la craie plus ou moins concassés (en tout 60 à 70 kilogrammes), puis une certaine quantité d'eau. Une bonde par compartiment permet d'introduire ces matières. Cela fait et toutes les ouvertures étant fermées, on fait tourner le trommel à raison de 40 à 45 tours par minute. Les cailloux en roulant contre les tubes les décrassent rapidement et les mouvements que peuvent prendre les tubes dans leurs logements facilitent encore cette opération en empêchant les cailloux de se coincer entre les tubes. Les cailloux s'usent vite et il coule de l'appareil une boue liquide contenant du noir de fumée, du silex pulvérisé et une quantité assez considérable de calcaire provenant des dépôts de tartre qui recouvrent les tubes. Il doit toujours y avoir une quantité d'eau suffisante dans l'appareil pour entraîner cette boue ; aussi doit-on en ajouter plusieurs fois par opération.

Pour juger de la propreté des tubes, il suffit d'arrêter l'appareil, d'ouvrir une bonde et de laver le tube qui en est le plus près. Dès que la surface est bien nette, le travail peut s'arrêter. On compte que pour laver complètement une charge de tubes, il faut de deux heures à deux heures trente minutes suivant le degré de saleté. Lors-

qu'il s'agit de vieux tubes que l'on doit vendre, on se contente d'un décapage sommaire durant de une heure à une heure et demie. La nature du métal a aussi une légère influence sur la rapidité du lavage ; le tartre est beaucoup plus adhérent sur le fer que sur le laiton, aussi les tubes faits avec ce dernier métal se lavent-ils beaucoup plus facilement que les autres.

Lorsque le nettoyage est complet, on retire les tubes en enlevant les secteurs mobiles situés sur un des fonds de l'appareil et on les lave successivement dans une grande auge en bois, de façon à enlever toutes les boues et tous les petits galets qui s'introduisent souvent à l'intérieur.

Un trommel est surveillé par un seul ouvrier, et encore celui-ci, qui fait normalement quatre charges dans sa journée, a-t-il bien des moments de libres, de sorte qu'il peut aider un peu ses camarades du raboutissage. A Paris, le lavage des tubes se paye à la tâche, à raison de $0^f,04$ par tube lavé, ce prix comprenant la prise du tube au tas où sont empilés ceux que l'on doit laver et la remise en magasin après nettoyage.

L'appareil que je viens de décrire est extrêmement simple et fort économique à tous les points de vue. De plus, les tubes sont beaucoup mieux nettoyés par ce procédé que par celui qu'on employait autrefois et qui consistait à dissoudre le tartre par l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique. Dans d'autres ateliers, le nettoyage du tube se fait d'une autre façon. Le tube fixé sur un tour est animé d'un rapide mouvement de rotation, et l'ouvrier le serre dans des mâchoires armées de dents ; on enlève vite le tartre, mais l'usure du métal est très grande et la main-d'œuvre nécessaire à ce travail est plus considérable. Le seul inconvénient du trommel est le bruit assourdissant qu'il produit ; il est d'ailleurs placé dans une cour assez loin de l'atelier de raboutissage.

Une fois que les tubes sont lavés, on en coupe les bouts qui ont été détériorés pendant le démontage. Ceci se fait avec la scie circulaire dont je parlerai plus tard ; c'est à ce moment que l'on vérifie l'épaisseur des tubes, si toutefois le trajet parcouru par la machine peut faire croire que l'usure est assez considérable ; les parcours moyens correspondant à l'usure sont calculés à nouveau chaque année, et je les indiquerai dans le résumé général des travaux de l'atelier ; puis on redresse à la main les tubes qui ont été faussés, soit pendant le démontage de la tubulure, soit pendant le lavage, en engageant une de leurs extrémités dans un œil percé au sommet d'un pieu fortement enfoncé en terre, et en agissant sur l'autre extrémité du tube. Quand ces différentes opérations sont terminées et que par suite le tube vieux se retrouve exactement dans les conditions d'un tube neuf, on passe à l'opération du raboutissage, qui s'applique aux deux catégories.

Raboutissage des tubes. — Cette opération consiste à souder à chaud, à l'extrémité d'un tube de laiton ou de fer, un bout de tube en cuivre rouge ou en laiton (quand le tube primitif en laiton n'est pas assez long et qu'au contraire le bout de cuivre rouge est suffisant, c'est-à-dire quand sa longueur dépasse $0^m,060$). Pour obtenir une bonne liaison entre les deux pièces, elles doivent s'emboîter l'une dans l'autre, et la soudure doit exister tout le long de l'emboîtement, soit sur une longueur de 20 à 25 millimètres. Pour éviter des bourrelets toujours fâcheux, les pièces doivent être taillées en biseau. Enfin la pièce extérieure, qui est toujours le bout que l'on ajoute, doit présenter une petite collerette pour maintenir la soudure en fusion et éviter les trop grandes pertes.

Le raboutissage du tube comprend plusieurs opérations :

1° *Préparation de l'extrémité du tube à laquelle on*

fixera le bout de tube. — J'ai déjà dit que cette extrémité du tube avait été affranchie, et l'on a soin de donner à tous les tubes d'une même série exactement la même longueur, pour que les bouts de tubes que l'on doit y fixer aient tous, eux aussi, les mêmes dimensions, ce qui facilite beaucoup les opérations. On commence par tourner la surface extérieure du tube sur une longueur de 20 à 25 millimètres (*fig.* 3), de façon à lui donner une forme conique, comme le montre le croquis. L'outil (*fig.* 4) que l'on emploie pour cela est un cylindre creux présentant à l'intérieur, suivant une de ses génératrices, une lame tranchante s'avançant un peu dans le vide central; la position de cette lame peut être réglée au moyen d'une série de vis. Le tranchant de la lame n'est pas parallèle à l'axe de l'outil, mais présente une inclinaison d'environ 1/10 à 1/12, de façon à pouvoir donner à l'extrémité du tube la forme voulue. Le cylindre est animé d'un mouvement de rotation de 100 tours environ à la minute, et il suffit d'y introduire l'extrémité du tube que l'on veut travailler pour lui donner en quelques secondes la forme voulue. L'ouvrier maintient le tube en le faisant poser sur des supports fixes placés devant l'outil.

Si cet appareil donne très rapidement à l'extrémité du tube une forme conique, il présente pourtant certains inconvénients qui exigent des retouches. La moindre irrégularité sur le tranchant de la lame, et il y en a toujours, produit sur la surface extérieure du tube un sillon circulaire plus ou moins profond. Lorsque l'on introduit la soudure entre le tube A (*fig.* 5) et le bout de cuivre B, des rainures telles que C empêchent le métal fondu de glisser entre les deux surfaces. Il s'y arrête et ne descend pas plus bas. Aussi est-il toujours nécessaire de donner à l'extrémité du tube un coup de lime, pour être bien sûr de faire disparaître toutes les irrégularités résultant du tournage.

Tout n'est pas encore fini. Pour que la soudure pénètre complètement entre la surface A et la surface B et qu'elle ne risque pas de couler dans l'intérieur du tube, il faut que le cône formant la surface extérieure A soit un peu plus aigu que le cône formant la surface B. Le contact se faisant alors suivant une circonférence C, il n'y a aucune perte possible de soudure. En fait, les deux surfaces ne peuvent jamais être obtenues avec une perfection suffisante pour que cela ait lieu, et alors, ou bien les deux surfaces s'emboîtant trop exactement, la soudure ne peut pas se glisser entre elles, ou bien, le contact n'ayant pas lieu exactement suivant la circonférence C, la soudure coule et vient se solidifier à l'extrémité froide du tube. Ces gouttes de métal sont alors souvent fort difficiles à enlever, et non seulement elles diminuent le diamètre du tube et augmentent considérablement la résistance au passage des gaz, mais encore elles occasionnent des pertes de soudure, et par suite une augmentation de frais notable. Pour éviter ces deux inconvénients, on évase légèrement, au moyen d'un manchon en acier, l'extrémité du tube de façon à lui donner la forme A, et en enfonçant doucement le tube B sur le tube A, on est certain que le contact des deux pièces est exact tout le long d'une circonférence et qu'en même temps la soudure peut pénétrer complètement entre les deux surfaces. Cet évasement a dû être considérablement exagéré dans le croquis pour qu'on puisse s'en rendre compte (*fig.* 6).

2° *Préparation des bouts de tubes.* — Les bouts de cuivre rouge que l'on emploie ont 200 millimètres de long. La longueur des bouts de laiton varie avec la longueur que l'on veut donner au tube; mais pour les réparations ordinaires, quand on a simplement à ramener le tube à sa longueur primitive après en avoir affranchi les deux bouts, cette longueur varie entre 200 et 210 millimètres. Les bouts de tubes sont obtenus en découpant à la scie

circulaire d'anciens tubes de laiton. On emploie pour cela une scie en acier, montée sur un axe horizontal et tournant à raison de 600 tours par minute. Le tube repose sur un support glissant dans une rainure de façon à ce que l'ouvrier puisse le déplacer par rapport à la scie. Pour découper un tube de $3^m,40$ à $3^m,50$ de long en 17 tronçons de 200 à 210 millimètres chacun, c'est-à-dire pour marquer sur le tube les tronçons et pour donner les 16 coups de scie nécessaires, il faut environ 5 minutes.

Les bouts une fois coupés, on forme à une de leurs extrémités une collerette présentant une saillie de 7 à 8 millimètres qui doit retenir la soudure. Pour les tubes en cuivre rouge on fait cette collerette par estampage à froid. On introduit le bout de tube dans une matrice A (*fig.* 7) dont la longueur peut être modifiée au moyen d'un piston B mobile, puis on évase le tube en deux fois, d'abord avec un mandrin conique, puis avec un second mandrin présentant exactement la forme que doit avoir la collerette que l'on enfonce à coups de marteau. En pressant sur une pédale on soulève le piston B qui chasse le tube. Pour les tubes en laiton la collerette se fait à froid, mais au marteau; le laiton ne s'estampe pas assez bien sans un recuit préalable.

L'outil (*fig.* 8) que l'on emploie pour aléser l'extrémité du bout dans laquelle doit s'engager le tube est un cône à angle très aigu (1/10 à 1/12) portant parallèlement à une de ses génératrices une lame tranchante. Cet outil se fixe sur le même banc et absolument de la même façon que celui dont j'ai parlé plus haut. L'alésage est très vite obtenu, mais on doit toujours le faire suivre d'un coup de lime pour faire disparaître toutes les irrégularités.

3° *Brasage des deux pièces.* — Les deux parties du tube une fois prêtes, on les assemble en enfonçant doucement le bout sur le tube lui-même en ayant soin de les placer exactement en prolongement l'un de l'autre. Mais les deux parties ne sont pas alors assez bien maintenues; elles pourraient se séparer pendant le soudage. On introduit dans le tube une tige de fer A (*fig.* 9) présentant en B une clavette qui supporte une rondelle C sur laquelle repose le bout du tube. L'autre extrémité du tube s'appuie contre une rondelle D qu'un ressort E appuie constamment contre elle. L'écrou F permet d'augmenter ou de diminuer la tension du ressort. Grâce à cette disposition les deux parties du tube G et H seront appliquées l'une contre l'autre même si elles n'ont pas été bien assemblées au début. Dans d'autres ateliers on emploie simplement une tige *a* qui n'est maintenue que par les branches *b* et *c* s'appuyant contre la paroi intérieure du tube. L'assemblage est bon si on a enfoncé à fond la tige *a*, mais, dans le cas contraire, rien ne peut corriger la faute de l'ouvrier.

Pour faire la brasure, on suspend verticalement le tube comme le montre la figure, et dans cette position un contrepoids doit presque équilibrer le poids du tube, puis on chauffe au rouge le raccord des deux tubes sur une longueur de $0^m,10$ environ. Cette chauffe est faite soit au moyen d'un chalumeau à gaz d'éclairage comme aux ateliers d'Hellèmmes, soit comme à Paris, en employant les gaz combustibles produits par un gazogène. L'appareil employé à Paris est un petit four à cuve soufflé dans lequel se trouve une colonne de coke d'environ $0^m,70$ de haut. Les gaz produits sortent par un orifice latéral devant lequel on place la partie du tube à chauffer. Au bout de 20 à 30 secondes le tube est rouge, on le retire du feu et on place sur la collerette, avec une petite cuillère, la soudure à l'état de grenaille avec un peu d'une dissolution chaude et saturée de borax; puis on chauffe de nouveau le tube. Quand toute la soudure est fondue

on en fait une seconde et quelquefois une troisième addition, jusqu'à ce que le métal paraisse avoir parfaitement rempli l'intervalle qui existait entre les deux parties du tube. Grâce aux précautions que j'ai indiquées, on n'a pour ainsi dire jamais à craindre que la soudure ne coule dans l'intérieur du tube.

On emploie pour la brasure du cuivre rouge sur le laiton ou du laiton sur le laiton, de la soudure dite *soudure grise n°* 3, dont la composition est 50 p. 100 de cuivre et 50 p. 100 de zinc. Elle est assez fusible. Pour la brasure du cuivre rouge sur le fer, la composition est différente : c'est 75 p. 100 de cuivre pour 25 p. 100 de zinc, et le métal obtenu est bien moins fusible.

On consomme pour la brasure les poids suivants de soudure et de borax :

Par tube de	100^{mm}	de diamètre,	155^{gr}	de soudure
—	80	—	125	—
—	65	—	85	—
—	55	—	75	—
—	50	—	52	—
—	45	—	42	—
—	40	—	25	—

Pour les tubes dont le diamètre est compris entre 100 millimètres et 55 millimètres, on alloue 150 grammes de borax par kilogramme de soudure, et pour les autres 100 grammes seulement.

Enfin la consommation en coke s'élève à environ 1^{k},500 par tube.

Une fois la soudure faite, il faut enlever la collerette qui marque le point de jonction des deux tubes. Cette opération se fait avec un outil un peu analogue à celui qui sert pour raboter intérieurement les bouts. C'est un cône, très ouvert seulement, présentant suivant une série de génératrices des lames tranchantes et constituant

par suite une fraise composée. L'outil (*fig.* 10) est monté sur le tour et tourne avec la même vitesse que ceux dont j'ai déjà parlé (600 tours par minute). L'ouvrier place le tube parallèlement à la génératrice horizontale de l'outil en l'appuyant sur un support fixe et le fait tourner sur lui-même, de façon à présenter successivement devant les lames tranchantes les diverses parties de la collerette. Il ne faut que quelques secondes pour l'abattre complètement.

Ces diverses opérations terminées, avant d'envoyer le tube au montage, on doit l'essayer à la pression de 20 kilogrammes par centimètre carré, comme je l'ai expliqué plus haut. Ce sont les ouvriers qui ont fait le raboutissage qui font ces essais. Ils sont responsables de toutes les fuites à la soudure et non de toutes celles qui peuvent survenir dans le corps du tube. Ils ont donc tout intérêt à soigner leur travail, et avec une bonne équipe d'ouvriers le déchet par suite de défaut à la soudure n'atteint pas 1/2 p. 100.

Le personnel employé au raboutissage des tubes est fort variable suivant le travail à faire. L'équipe la plus simple se compose de 1 soudeur pour 2 ouvriers préparant les bouts de tubes, et de 1 laveur au trommel; ce dernier peut toujours aider ses compagnons pendant les essais à la presse.

L'équipe est payée par tube bon, à raison de :

0^{f},55 pour le raboutissage.
0 ,04 pour l'essai à la presse hydraulique.

J'ai déjà indiqué plus haut que le lavage se paye à raison de 0^{f},04 par tube, ce qui fait ressortir à 0^{f},63 par tube le prix de la main-d'œuvre pour toutes les opérations décrites.

Le gain de l'équipe est réparti entre ses divers mem-

bres proportionnellement aux chiffres suivants :

5f,50 pour la journée du chef d'équipe.
4f,25 à 3f,75 pour la journée des ouvriers.

Montage des tubes. — Les orifices qui sont pratiqués sur les plaques tubulaires des foyers et de la boîte à fumée ne sont pas cylindriques. Ils présentent (*fig.* 11) une légère conicité, le sommet du cône étant dans l'intérieur de la chaudière. De cette façon les tubes sont bien mieux maintenus que lorsque les trous sont cylindriques. Pour les trous pratiqués sur la plaque de boîte à feu, le point de départ est le petit diamètre, et par suite le diamètre sur la face intérieure de cette plaque; on lui donne toujours 2 millimètres de moins que le diamètre du tube. L'inclinaison que doit présenter l'orifice est de 1/40 ce qui, pour une plaque tubulaire de 30 millimètres, donne une augmentation de diamètre de 1mm,50, ou de 1mm,15 pour une plaque de 25 millimètres. Du côté de la boîte à fumée, on donne au petit diamètre du trou 1 millimètre en plus du diamètre du tube. Les plaques ayant de 18 à 20 millimètres, on obtient pour le grand diamètre, toujours avec une inclinaison de 1/40, une augmentation de 1 millimètre sur le petit diamètre du trou. L'introduction des tubes par la plaque tubulaire d'avant est donc facile, grâce à la différence qui existe toujours entre le tube et l'orifice par lequel il doit pénétrer.

L'écartement des tubes est assez variable. Ainsi pour ceux dont le diamètre est de :

55mm,	l'écartement d'axe en axe est de. . .		78mm,48
50	—	varie de. .	70mm,7 à 64mm
45	—	varie de. .	60 à 61

Enfin les trous sur les deux plaques tubulaires ne se correspondent pas exactement. L'orifice du tube dans la

boîte à fumée est en général à 25 millimètres au-dessus de l'orifice dans le foyer (*).

Pour le montage des tubes d'une locomotive, on emploie 3 hommes. C'est à ce personnel que correspondent les durées de travail nécessaires aux diverses opérations que je vais indiquer, et, pour préciser, je prendrai pour exemple le montage des tubes de la locomotive 2870 que j'ai eu l'occasion de voir faire. La tubulure comprend 201 tubes de 45 millimètres de diamètre et de 3m,50 de long entre les plaques tubulaires, en laiton rabouti en cuivre rouge. Les tubes que l'on a employés sont d'anciens tubes raboutis en laiton à une de leurs extrémités.

On commence par retreindre de 3 millimètres le diamètre du bout en cuivre rouge des tubes. On emploie pour cela deux matrices successives ayant la première 40 millimètres de profondeur, la seconde 75 millimètres.

Le travail se fait de la façon suivante : deux ouvriers saisissent le tube et frappent violemment et à plusieurs reprises, contre le sol, le bout en cuivre rouge que l'on a préalablement engagé dans la matrice. On doit toujours avoir soin de graisser avec de l'huile de colza l'intérieur de celle-ci, pour que le tube puisse en sortir facilement lorsqu'il vient buter contre le fond. On soumet ainsi les tubes à des efforts extrêmement violents ; aussi arrive-t-il souvent que les tubes ayant déjà servi s'écrasent sous ces chocs répétés. Ce travail est fait par deux

(*) Cette inclinaison est insuffisante pour que l'extrémité des tubes aboutissant à la plaque de boîte à fumée soit à un niveau supérieur à celui du ciel du foyer. Les tubes ne risquent donc jamais de sortir de l'eau; et cette disposition présente les deux avantages suivants : on peut disposer sur la plaque tubulaire de boîte à fumée, tout à fait à la base de la chaudière, une série de bouchons de lavage, sans pour cela être obligé de diminuer le nombre des tubes, et de plus les escarbilles, qui s'accumulent toujours à la base de la boîte à fumée, risquent moins de boucher les orifices de la rangée inférieure des tubes.

ouvriers ; ils passent les tubes au troisième, qui les engage dans la chaudière par la plaque d'avant. Lorsqu'il y en a ainsi une trentaine de placés, un ouvrier, s'installant dans la boîte à feu, engage l'extrémité en cuivre rouge dans les trous de la plaque tubulaire, pendant que les deux autres enfoncent ces tubes à coups de marteau jusqu'à ce qu'ils s'avancent d'environ 5 millimètres dans l'intérieur du foyer. Pour éviter de détériorer l'extrémité des tubes sur laquelle on frappe, on emploie un mandrin (*fig.* 12), dont la grosse tête s'appuie également sur toute la paroi du tube. Ce mandrin présente souvent un long manche, pour que l'ouvrier qui frappe avec le marteau puisse travailler en dehors de la boîte à fumée. Pour les tubes situés sur les bords de la chaudière, on ne peut pas toujours s'en servir ; on emploie alors le petit mandrin. Il a fallu 3 heures 20 minutes pour rétreindre l'extrémité des 201 tubes et pour les placer dans la tubulure.

Ceci fait, on régularise la position des tubes par rapport à la plaque tubulaire du foyer. Ils doivent présenter de ce côté une saillie de 5 à 6 millimètres. L'autre extrémité des tubes dépasse la plaque de boîte à fumée de 40 à 60 millimètres ; il faut couper ce bout qui ne sert à rien, en laissant seulement le métal nécessaire pour faire la rivure, soit environ 4 à 5 millimètres ; on trace avec une pointe (*fig.* 13) un trait sur la surface extérieure du tube au ras de la plaque tubulaire, puis on retire les tubes, ce qui se fait très facilement lorsque l'on a dégagé par un coup de marteau l'extrémité engagée dans la boîte à feu.

Pour le sciage des tubes en laiton, on emploie une scie à main en acier, et on maintient les tubes dans un étau porté sur un établi situé près de la locomotive. Le métal est très tendre et on arrive à scier de deux à trois tubes par minute. On ne coupe jamais le tube au ras du

trait, mais à une distance de 4 ou 5 millimètres, comme je l'ai déjà dit. Pour les tubes en fer ou en métal doux, cette scie n'est pas suffisante. On emploie alors une espèce de tour mû à la main, avec lequel on donne un mouvement de rotation au tube, et on le coupe avec un outil porté sur un petit chariot que l'on fait avancer à la main. Le tube est engagé dans un manchon A (*fig.* 14), que l'on met en mouvement au moyen d'une manivelle et d'une série d'engrenages. Le tube est pincé dans l'axe du manchon par trois griffes qui s'avancent ou s'éloignent du centre absolument comme dans la filière de Sellers. Le cercle métallique B est mobile par rapport au manchon A, et c'est en le faisant tourner dans un sens ou dans l'autre que les mâchoires, glissant dans des rainures convenablement disposées, viennent serrer le tube ou l'abandonner. L'appareil est disposé de façon à pouvoir saisir les tubes de 45 millimètres et au-dessus. L'outil employé est un petit tranchant en acier de 1 millimètre de large ; le porte-outil est commandé par une manivelle spéciale. Avec la scie à main, on arrive à couper à peu près deux tubes par minute ; on va toujours beaucoup moins vite avec cet appareil.

Lorsque les bouts de cuivre rouge ont passé à la matrice, ils sont un peu écrouis ; aussi doit-on toujours les recuire avant de les placer définitivement dans la chaudière. Lorsque les tubes sont en fer ou en métal doux, les extrémités que l'on doit fixer sur les plaques tubulaires doivent être, elles aussi, recuites pour éviter la formation de fentes ou de criques pendant la rivure. Mais tandis que les bouts de cuivre peuvent être refroidis brusquement en les plongeant dans l'eau, il faut laisser refroidir lentement les tubes en fer. On chauffe toujours ces tubes sur une petite forge portative et on n'emploie comme combustible que du charbon de bois.

Des trois ouvriers qui sont employés au montage, l'un

retire les tubes de la chaudière et remet en place ceux qui sont finis ; le second coupe les bouts et le troisième s'occupe du chauffage. Ce travail doit être fait avec ordre pour être certain de replacer exactement chaque tube à sa place. Il a fallu environ 2 heures un quart pour faire subir cette série d'opérations aux 201 tubes de la tubulure 2870.

Les tubes une fois remis en place, il faut appliquer fortement leurs extrémités contre les deux plaques tubulaires, de façon à ce que les joints soient parfaitement hermétiques et qu'il n'y ait aucune fuite possible. On complète cette opération en rabattant contre la plaque tubulaire l'extrémité du tube qui la dépasse, de façon à former une véritable rivure. La première opération se fait avec un dudgeon ; la seconde se fait avec un matoir de forme spéciale. On a toujours préféré, à la compagnie du Nord, ce mode de travail à l'emploi d'appareils assez compliqués qui permettent de faire mécaniquement ces deux opérations.

Le dudgeon (*fig.* 15) se compose essentiellement de trois galets en acier trempé maintenus dans une sorte de cage à trois fenêtres, de façon à ce que chaque galet puisse déborder un peu par la fenêtre qui lui correspond. Entre ces galets on peut enfoncer une tige légèrement conique (inclinaison 1/40). On introduit la cage avec ses trois galets dans l'intérieur d'un tube, puis on enfonce la tige conique à coups de marteau. Ce coin entre facilement et produit une dilatation du tube aux points qui viennent toucher les galets. En faisant tourner la tige au moyen d'un cliquet, on entraîne par suite du frottement énergique les trois galets et l'on amène ainsi peu à peu le diamètre du tube à égaler celui du cercle circonscrit aux trois galets. On comprend facilement qu'en combinant le mouvement d'enfoncement de la tige avec le mouvement de rotation de l'appareil entier, on arrive à appliquer énergiquement le tube contre les parois de l'orifice dans lequel il pénètre. Enfin on retire facilement l'appareil en faisant tourner l'écrou qui, venant buter contre l'armature de l'appareil, oblige la tige à reculer.

Le grand avantage du dudgeon, consiste en ce que tout en étant très simple il permet d'agir énergiquement sur les tubes sans exiger de trop grands efforts de la part de l'ouvrier. C'est d'après les expériences de M. Schock (*), ingénieur en chef de la marine américaine, celui de tous les appareils proposés qui permet d'obtenir la plus grande résistance à l'arrachement du tube. Le seul inconvénient que l'on ait pu lui reprocher est le suivant : le dudgeon est d'autant plus énergique que la tige centrale correspond à un angle au sommet plus aigu ; mais, par suite, l'augmentation de diamètre du cercle circonscrit aux galets est d'autant plus petite. Aussi, pour chaque diamètre de tube à air chaud faut-il un dudgeon spécial et, comme il y a une différence notable entre le diamètre des trous des plaques tubulaires d'avant et d'arrière, il faut encore pour chaque catégorie de tubes avoir un appareil spécial pour le mandrinage des tubes dans la boîte à fumée, et dans la boîte à feu. Comme on a même restreint l'extrémité des tubes de ce côté, il faut, avant d'employer ici l'appareil dudgeon, élargir un peu le tube en y enfonçant à coups de marteau un mandrin conique. Sans cette précaution, il faudrait employer 2 dudgeons de diamètre différent pour le mandrinage des tubes du côté de la boîte à feu.

L'effort que l'on peut exercer avec le dudgeon est très considérable et il y a lieu de se demander si après le mandrinage des 200 ou 250 tubes qui entrent dans une tubulure on n'arrive pas à déformer les plaques tubulai-

(*) Voir *Revue générale des chemins de fer*, février 1880, p. 127, et *Engineering*, 14 septembre et 2 novembre 1877.

res. On peut se rendre compte, *a priori*, que du côté de la boîte à fumée, les déformations doivent être très peu sensibles. La plaque est en tôle de fer ou d'acier beaucoup plus dure que le laiton avec lequel est en général formé le tube ; de sorte que c'est le laiton qui doit le plus céder. De plus, cette plaque tubulaire est rivée sur tout son pourtour par une forte cornière à la chaudière, elle-même, formée de plaques de tôle dont l'épaisseur atteint 12 à 15 millimètres. Pour arriver à déformer la plaque tubulaire, il faudrait déformer toute cette armature.

Du côté de la boîte à feu, au contraire, c'est avec le même métal que sont faits les tubes et la plaque tubulaire. De plus, cette plaque n'est reliée aux tôles de la chaudière que par une série d'entretoises en cuivre rouge et il n'y a jamais d'entretoises dans le plan même de cette plaque. Aussi, si le dudgeon donne des déformations permanentes, est-ce de ce côté qu'on peut s'en apercevoir.

J'ai pu faire quelques mesures sur les deux plaques tubulaires de la locomotive 2870. La plaque d'avant était vieille, celle d'arrière était neuve et il manquait encore le premier rang d'entretoises du côté de cette plaque tubulaire, ce qui devait encore en faciliter les déformations. Les mesures ont été faites au moyen de jauges en fer. On a tracé sur deux diamètres perpendiculaires (*fig.* 16) des deux plaques deux coups de pointeau, et de ce point comme centre avec la jauge pour rayon, on a tracé un arc de cercle. Il était plus facile d'observer de cette façon les dilatations que de chercher à mesurer avant et après le mandrinage la distance de deux coups de pointeau. Sur la plaque de boîte à fumée il n'y a eu aucune déformation appréciable ; les deux pointes de la jauge sont retombées exactement dans leurs logements primitifs. Au contraire, du côté de la boîte à feu on a constaté une

dilatation notable. Suivant le sens horizontal on a constaté un allongement de 2 millimètres 3/4 pour une longueur de jauge de 970 millimètres, et suivant le sens vertical, une dilatation de 3/4 millimètre pour une jauge de 700 millimètres. Le croquis ci-joint indique la position des coups de pointeau sur cette plaque. Sans être très considérables, ces déformations sont donc parfaitement appréciables.

Pour le dudgeonnage des tubes, deux ouvriers travaillent de chaque côté de la machine. On commence toujours par la rangée verticale du milieu, et l'on va progressivement par rangée verticale jusqu'aux deux extrémités. De cette façon, les déformations se répartissent très régulièrement. Un bon ouvrier fait environ un tube par minute.

Il ne reste plus qu'à river le tube, c'est-à-dire à rabattre le bord du tube qui dépasse de 4 à 5 millimètres la plaque tubulaire contre celle-ci. Cette opération est très importante pour bien assurer la liaison exacte entre le tube et les plaques tubulaires. Le travail se fait d'une façon un peu différente, suivant que l'on a à faire à un tube en fer ou en laiton ou cuivre. Dans ce dernier cas on commence par évaser fortement l'extrémité du tube au moyen de l'appareil (1) (*fig.* 17), sur la tête duquel on frappe à grands coups de marteau. On termine la rivure avec un matoir présentant en plan et en coupe la forme indiquée (2) qui donne à la collerette de laiton ou de cuivre la forme exacte qu'elle doit avoir. Il n'est pas possible d'opérer de cette façon avec les tubes en fer ; quel que soit le soin avec lequel on les recuise, on produirait toujours des criques et on n'arriverait jamais à avoir une surface lisse et unie comme celle qui caractérise une bonne rivure pour les tubes en cuivre ou en laiton. La rivure se fait alors par refoulement (*fig.* 18). On introduit dans l'intérieur du tube un mandrin conique en acier, puis

avec le matoir, dont l'extrémité présente la forme (3), on commence à refouler le métal contre le mandrin; on termine le bourrelet et on le régularise avec le matoir (4) dont la courbure varie avec le diamètre du tube sur lequel on opère. On obtient ainsi une très bonne rivure et l'on n'a pas à craindre les criques qui se produiraient forcément avec la rivure par rabattement qui précède.

L'emploi de viroles en acier pour consolider la rivure sur la plaque tubulaire du foyer n'est pas général à la compagnie du Nord.

On ne les emploie que lors des réparations, soit sur la demande du chauffeur, et alors uniquement pour les tubes qu'il désigne, soit quand une machine vient aux ateliers après un parcours assez long, bien qu'il n'y ait pas de réparation spécifiée pour les tubes. Comme toute machine qui sort des ateliers doit être en bon état à tous les points de vue, on trouve avantageux de faire cette petite réparation, qui évite un second renvoi de la machine aux ateliers après un très court laps de temps.

Les viroles que l'on emploie sont faites en acier embouti; elles ont toujours 38 millimètres de longueur et 2 millimètres 1/2 d'épaisseur. Elles sont un peu coniques et présentent la même inclinaison 1/40 que les trous pratiqués dans les plaques tubulaires. On les désigne toujours par leur plus grand diamètre extérieur, qui est de :

36mm	pour les tubes de	. . . . .	40mm
41	—	. . . . .	45
46	—	. . . . .	50
51	—	. . . . .	55

On a en plus toute une série de viroles intermédiaires pour les réparations, dont les diamètres varient par millimètre ou demi-millimètre depuis 35 millimètres jusqu'à 56 millimètres.

On enfonce les viroles au marteau. Elles doivent tou-

jours dépasser le bord de la rivure du tube de 3 millimètres, cela facilite très souvent leur extraction.

Après avoir parlé de la pose des tubes, je n'ai plus que quelques mots à dire de leur extraction. Quand il y a une virole, on commence par la fendre en bec-d'âne, suivant une de ses génératrices. Il est ensuite facile de la faire sortir. On dégage ensuite le tube sur la plaque du foyer, toujours avec le bec-d'âne, de façon à lui donner la forme *abc* (*fig.* 19), les trois points *a*, *b* et *c* devant toujours correspondre aux parties de la plaque les plus épaisses et non aux parties étroites situées entre deux tubes. Comme par suite de la conicité des trous l'extraction est beaucoup plus facile à l'avant, on se contente de déformer le tube suivant le profil *a'b'c'*. Cela fait, on repousse avec un mandrin le tube par le foyer, et dès qu'il est dégagé de quelques centimètres du côté de l'avant, il est en général très facile à extraire à bras. Ce n'est que s'il y a des dépôts de tartre trop épais que l'on doit employer des moufles pour l'extraire.

Le montage des tubes est payé aux ouvriers de l'équipe à raison de 0f,30 par tube, défalcation faite des tubes qui perdent aux essais. L'extraction se paye 0f,20. L'équipe de trois hommes qui travaille actuellement aux ateliers de la Chapelle, peut monter une tubulure de 201 tubes en une journée et demie de travail et peut extraire environ 120 tubes par journée. Le salaire est partagé entre les trois ouvriers proportionnellement aux chiffres suivants :

5f,50 pour le chef;
5 ,00 pour le second ouvrier, qui peut au besoin remplacer le chef;
4 ,00 pour le troisième.

Je donnerai enfin un exemple du prix de revient total d'une tubulure aux ateliers de Paris.

Locomotive 2821-2911.

Tubulure en fer raboutie en cuivre rouge, composée de 201 tubes de $3^{m},58 \times 0,045$:

1° *Matières.* — 201 tubes en fer raboutis en cuivre rouge, pesant ensemble 1.119 kilogr. à 98f,20 les 100 kilogr. .	1.884f,54
201 viroles à 13f,50 le cent.	27 ,14
	1.911f,68
2° *Main-d'œuvre.* — Montage de 201 tubes à 0f,30. . .	60 ,30
3° *Frais généraux.* — Comptés à 60 p. 100 de la main-d'œuvre	36 ,18
Total.	2.008f,16

Pour terminer cette étude, il faudrait pouvoir se rendre compte du parcours total que peut faire un tube avant d'être rebuté. Les statistiques de la compagnie du Nord sont malheureusement muettes à ce sujet. On sait seulement qu'une tubulure de locomotive est en moyenne démontée après un parcours de 215.000 kilomètres environ et que, près de trois fois sur quatre, ce démontage est nécessité soit par une visite, soit par une réparation de la chaudière et non de la tubulure. On ne peut pas non plus déduire la durée d'un tube de la proportion de tubes neufs employés annuellement, proportion qui s'est élevée à 2,6 p. 100 en 1887 (*), car le nombre de machines neuves que possède la compagnie du Nord est fort considérable : 577 machines sur 1.151 ayant moins de neuf ans.

(*) En 1887, on a employé 7.953 tubes neufs, savoir : 4.420 pour les réparations et 3.520 pour la construction de 18 machines neuves.

NOTE

SUR LE

FILET DE SURETÉ ÉTABLI AU PUITS JULES CHAGOT

DES MINES DE BLANZY

Par M. LEBRETON, ingénieur des mines.

Préliminaires. — Sauvetage des ouvriers qui tombent dans les puits de mines. — Il arrive assez fréquemment que des ouvriers tombent dans les puits de mines, soit par inadvertance, soit par suite d'une fausse manœuvre de cage. Pendant les dix dernières années, de 1879 à 1888, il est arrivé dix-huit accidents de ce genre dans lès exploitations du département de Saône-et-Loire. Le plus souvent l'ouvrier victime d'un tel accident éprouve dans sa chute des chocs qui lui causent des blessures mortelles et l'on ne trouve plus au puisard qu'un cadavre ; quelquefois cependant ses blessures sont relativement légères et il devient possible de le sauver ; mais elles sont toujours assez graves pour amener une rapide déperdition des forces, et, par suite, l'asphyxie par immersion quand il ne lui est plus possible de se soutenir au-dessus des eaux qui remplissent le puisard.

De la rapidité du sauvetage dépend donc, en ce cas, le succès ; malheureusement aucun des moyens dont on peut généralement se servir n'est réellement pratique ; ni le réglage des câbles, qui, même dans le cas le plus

favorable, quand on dispose d'une bobine folle, exige toujours en fait au moins quinze à vingt minutes, c'est-à-dire un temps incomparablement trop long ; ni la descente le long du guidage ou au moyen de cordes, qui peut être tentée concurremment avec le réglage des câbles et qui est, il est vrai, plus rapide que lui, mais qui n'est pas toujours possible et qui demande des hommes d'une rare énergie, ne sont suffisants.

Établissement d'échelles pour aller au puisard. — Pour permettre cependant de porter utilement secours aux victimes de ces accidents, un arrêté du préfet de Saône-et-Loire, du 30 décembre 1876, a prescrit l'établissement dans tous les puits de mines du département d'échelles en fer, verticales, appliquées contre le parement du puits et allant de la recette la plus profonde au niveau le plus bas que les eaux prennent habituellement dans le puisard.

Limitation à 25 mètres de la hauteur des échelles. — Il est ainsi possible d'arriver à portée du malheureux et de le soutenir en attendant qu'on ait pu régler les câbles et descendre avec la cage ; mais ce moyen lui-même devient illusoire à cause du temps qu'il exige et du danger même qu'il présente, si l'on est obligé de donner à ces échelles une trop grande longueur ; il arrive assez fréquemment, en effet, que, pour explorer le terrain le plus loin possible en profondeur, pour avoir des richesses reconnues d'avance ou pour préparer des travaux d'avenir, le fonçage d'un puits est poussé assez loin dans le mur de la couche ou des couches dans lesquelles est faite l'exploitation, de manière que la dernière recette du puits se trouve à une grande hauteur au-dessus du fond. C'est ainsi que la Compagnie de Blanzy a dans ses puits des puisards dont la profondeur atteint 120 et 150 mètres ; l'un d'eux, celui du puits Saint-Louis, arrive même à 325 mètres. Il était évident qu'on ne pouvait pas imposer l'établissement d'échelles aussi démesurées qui n'auraient été d'aucune utilité, et un nouvel arrêté préfectoral, du 7 juin 1886, autorisa la Compagnie de Blanzy à limiter à 25 mètres la longueur des échelles à établir dans ses puits.

Ainsi, pour les puisards de faible profondeur, c'est-à-dire au-dessous de 25 mètres, la question était résolue, dans la limite du possible, par l'emploi d'échelles fixes ; mais pour les puisards profonds, c'est-à-dire au-dessus de 25 mètres, elle restait entière.

Installation faite par la Compagnie de Blanzy. — Sur la demande du service local des mines, la Compagnie de Blanzy a étudié, pour le puits Jules Chagot, dont le puisard a 120 mètres, et réalisé d'une manière qui nous paraît satisfaisante, une installation qui a pour but de prévenir les chutes, ou du moins de retenir les corps des ouvriers qui pourraient venir à tomber dans le puits.

Description de l'installation. — Les *fig.* 1, 2 et 3 de la Pl. IV représentent l'ensemble de cette installation, dont la partie essentielle est un filet en câbles métalliques, établi à deux mètres au-dessous des taquets d'arrêt de la dernière recette, qui est à 330 mètres.

Le filet que, sur la coupe CD, *fig.* 3, on voit dans sa position verticale après qu'il a été détaché pour laisser passer les cages à eau, est à mailles carrées de 10 centimètres de côté. Il est construit au moyen de câbles en fil d'acier galvanisé de Firminy, n° 11, résistant à 150 kilogrammes par millimètre carré. Ces câbles sont composés les uns de 20, les autres de 18 fils ; cette différence de composition a d'ailleurs été reconnue inutile. Aux

sommets des mailles, les câbles longitudinaux (c'est-à-dire allant de l'un à l'autre des points de suspension) et les câbles transversaux sont assemblés au moyen de fortes ligatures en fil d'acier galvanisé; en chaque point d'ailleurs l'un des câbles traverse l'autre dont les torons sont écartés et s'opposent par leur torsion à son déplacement, tandis que le câble qui est traversé peut glisser sans rencontrer le même obstacle. Pour assurer complètement le maintien de la forme des mailles, il aurait fallu pouvoir en chaque point entrelacer les torons des deux câbles, mais les difficultés que présente dans ce cas la construction ne l'ont pas permis, et l'on a dû se borner à la fixer le mieux possible en faisant passer à l'intérieur des autres les câbles transversaux moins bien assujettis et plus sujets à se déplacer en cas de choc.

Le filet est entouré d'un cadre constitué par un câble de 27 millimètres de diamètre, composé de 133 fils; ce cadre presque carré a $2^m,60$ sur $2^m,70$.

Ainsi construit, le filet est suspendu, par des verrous, à deux moises opposées S, S′ placées immédiatement au-dessous du châssis d'arrêt de la recette à 330 mètres. Le cadre porte, sur deux côtés opposés, des pattes de suspension obtenues en repliant le câble sur lui-même de manière à former des boucles dans lesquelles sont logés, pour les tenir ouvertes, des anneaux en fer. La longueur totale du filet, d'axe en axe de ces anneaux, est de $3^m,300$; son poids n'est que de 130 kilogrammes (*). Les moises auxquelles il est suspendu ont $0^m,25/0^m,25$ d'équarissage et $3^m,75$ de portée. Elles sont munies de

(*) On a décidé, d'après les résultats de l'expérience, d'apporter à ce dispositif des modifications qui portent le poids du filet à 150 kilogrammes. Le cadre est agrandi; il a $2^m,70$ sur $3^m,30$; les pattes de suspension sont supprimées et remplacées par des pièces de fer à double anneau; dans l'un passe le cadre même du filet, dans l'autre on introduit le verrou.

ferrures F sur lesquelles s'appuient les verrous qui supportent le filet. La *fig.* 4 représente à grande échelle l'une de ces ferrures avec le verrou et la patte de suspension qu'il soutient. D'axe en axe des verrous, la distance n'est que de 3 mètres; la longueur totale du filet, d'axe en axe des anneaux, étant de $3^m,30$, le filet prend une légère courbure.

Manœuvre du filet. — La manœuvre à faire pour enlever et pour remettre en place le filet, nécessaire lorsqu'on a besoin d'aller au puisard pour épuiser les eaux s'opère de la manière suivante : on fait passer sur les poulies P, de petits câbles que l'on attache au filet, que l'on amarre pendant qu'on enlève les verrous, et qui servent à le faire descendre ensuite doucement jusqu'à ce qu'il pende verticalement contre le parement opposé du puits; on les détache ensuite; dans cette position, le filet est en retrait de $0^m,30$ sur le plan vertical des faces intérieures des moises, et ne peut en aucune façon être atteint par les bennes qui circulent dans le puits; on le fixe d'ailleurs au moyen d'agrafes. Pour le mettre en place, on rattache au cadre les petits câbles de manœuvre et on le tire jusqu'à hauteur convenable; puis, après avoir amarré les câbles qui le soutiennent, on place successivement les verrous. C'est à l'exécution de ces manœuvres que servent les planchers MN, M′N′, M_1N_1 que l'on voit sur les coupes (*fig.* 2 et 3). Chacune d'elles ne demande pas plus de dix minutes à deux hommes. Elles sont faites tous les jours depuis plus de deux ans au puits Jules Chagot, et s'effectuent avec beaucoup de facilité.

Dépenses d'installation. — Nous ajouterons enfin que le prix d'achat du filet est de 500 à 600 francs, et que son installation dans le puits a coûté de premier établissement,

pour travaux divers, pose de moises, établissement de planchers, etc., à peu près la même somme, soit environ 600 francs.

Telle est, d'une manière succincte, l'installation du filet de sûreté du puits Jules Chagot; les *fig.* 1, 2, 3 et 4 de la Pl. IV compléteront notre description et permettront de se rendre compte des détails que nous n'avons pu donner.

Accidents survenus depuis l'installation du filet. — Le filet n'a pas encore été mis à l'épreuve dans des accidents de personnes, mais il l'a été dans des accidents de matériel, dans lesquels il s'est très bien comporté et a rendu déjà de réels services.

Le 15 mai 1887, la cage étant arrivée sur les taquets de la recette avec une vitesse un peu trop grande, la violence du choc détermina le mouvement du système de manœuvre et la rentrée des taquets; un léger excès de câble se trouvant déroulé, la cage put tomber dans le filet d'une hauteur de deux mètres environ; le filet résista parfaitement; l'avarie fut légère et promptement réparée. Peut-être sans la présence du filet le choc eût-il pu rompre le câble et causer un accident.

Trois jours après, le 18 mai, on remontait au jour un chariot avarié qu'on ne pouvait faire entrer dans la cage, et que, pour cette raison, on avait amarré au-dessous. La cage montante était arrivée à environ 70 mètres du jour lorsque, l'amarre ayant glissé, le chariot échappé vint couper les barres d'attelage de la cage inférieure qui tomba, dès lors, dans le filet d'une hauteur d'environ 70 mètres. La cage était vide, mais son poids est déjà de 2.700 kilogrammes; celui du chariot vide est de 300 kilogrammes, en sorte que le filet a eu à supporter le choc d'un poids de 3.000 kilogrammes tombant d'une hauteur de 70 mètres (sans tenir compte de la force vive

acquise par le chariot dans sa chute sur une hauteur de 200 mètres). Le filet, bien que très endommagé, a bien résisté; une seule attache était brisée; dans le corps même du filet aucun des câbles n'était rompu; il a été cependant nécessaire de le changer ainsi qu'une moise latérale qui avait été brisée; mais le chariot et la cage sont restés suspendus, et celle-ci a pu être utilisée après quelques légères réparations, au lieu que si elle fût tombée au puisard, la valeur de ce qu'on eût pu en tirer eût été à peu près nulle; l'économie réalisée sur le matériel, et sur les réparations qu'il eût fallu faire dans le puits si la cage était tombée au puisard, et celle qui résulte de ce que l'on a évité une perte de temps notable, compensent et au delà la dépense nécessitée par le changement du filet; il suffit, en effet, de comparer le montant de cette dépense, qui peut être évaluée à environ 700 francs, et la valeur d'une cage qui est de 2.000 francs pour se rendre compte de l'avantage qui en résulte.

Enfin, au mois d'août 1888, un chariot plein de remblais, tombait de l'orifice du puits, c'est-à-dire d'une hauteur de 330 mètres, dans le filet où il restait suspendu. Le filet n'éprouvait pas d'avarie sérieuse.

Conclusions. — Ces trois accidents, dans lesquels le filet a bien résisté à des chocs violents permettent de conclure à son efficacité. Aucun accident dans sa manœuvre, ni dans son agencement, n'a apporté un obstacle quelconque au fonctionnement de l'extraction dans le puits; il ferme le puits d'une manière suffisante sans empêcher l'air de descendre pour l'aérage des travaux inférieurs en préparation; enfin, sa légèreté, la facilité de sa manœuvre, et sa solidité font qu'il est capable de rendre des services sérieux même au point de vue des accidents de matériel.

La Compagnie de Blanzy a décidé d'installer des filets

de sûreté semblables à celui du puits Jules Chagot dans quatre autres de ses puits d'extraction qui ont des puisards profonds ; celui du puits Saint-Louis dont le puisard a 325 mètres au-dessous de la recette, vient d'être récemment mis en place.

NOTE

SUR UN

PROCÉDÉ DE RÉGLAGE, PAR L'EMPLOI DU COURANT

APPLICABLE

A CERTAINES INSTALLATIONS DE TRANSMISSIONS DE FORCE

Par M. DE BOVET,
Ancien élève de l'École des mines de Paris.

L'établissement d'une transmission de force à distance au moyen de machines dynamo-électriques est devenue chose simple s'il s'agit de demander à la réceptrice un travail régulier : le problème se complique dès que l'on veut produire un travail variable et plus encore si l'on veut réaliser un travail intermittent.

Cette dernière hypothèse correspond cependant, entre autres, à un cas intéressant, celui des machines employées à l'extraction de minerais soit sur un plan incliné, soit dans un puits vertical. L'emploi des transmissions électriques pour des travaux de cette nature peut être souvent recommandable, non seulement quand il s'agit de transporter au fond d'une mine, pour le service de quelque remontée intérieure, la force d'un moteur placé au jour, mais même pour l'installation du puits d'extraction principal. Leur très grande souplesse peut, en effet, souvent faciliter singulièrement l'appropriation de quelque chute d'eau voisine du puits et, d'autre part, leur grande ca-

pacité de transmission sous un poids relativement restreint, peut conduire à les utiliser dans les régions d'accès difficile. Il n'est donc pas sans intérêt d'examiner à quelles conditions elles se prêteront, d'une façon satisfaisante, à ce mode d'emploi.

En fait, un service d'extraction comporte une série de périodes d'activité correspondant à la montée des bennes ou des wagons, séparées par des temps d'arrêt durant lesquels il n'y a aucun travail à produire. Avec un moteur ordinaire l'arrêt du treuil est obtenu par l'arrêt du moteur ; il n'en peut plus être de même avec une transmission électrique : le moteur et la génératrice seront nécessairement éloignés du puits et un service d'extraction exige une trop grande précision de manœuvre pour que l'on songe à la réaliser en opérant à grande distance et hors de vue.

On ne pourra donc arrêter le treuil et faire à la bouche du puits les manœuvres nécessaires pour le chargement et le déchargement qu'en agissant sur la réceptrice, et l'on devra, soit : 1° employer un commutateur pour retirer à volonté la réceptrice du circuit, soit 2° avoir un système quelconque d'embrayage et de débrayage sur les organes de commande du treuil par la réceptrice. A l'autre extrémité de la ligne, le moteur et la génératrice seront en marche continue et soumis à un régime tout spécial : le moteur aura à fournir pendant la montée des bennes un travail qui pourra être considérable dans le cas d'une extraction importante, tandis que pendant les arrêts des bennes il travaillera en pure perte, complètement à vide si on coupe le circuit, et ne rencontrant, si on débraie, d'autre résistance que celle qui sera créée par la rotation de la réceptrice.

Nous laisserons de côté la solution qui consisterait dans l'emploi de deux batteries d'accumulateurs, l'une en chargement absorbant le travail de la génératrice, l'autre en décharge intermittente actionnant la réceptrice. Elle serait d'autant plus séduisante en théorie qu'elle conduirait aux capacités et partant aux prix minimums pour la génératrice et le moteur dont le travail continu serait utilisé entièrement ; mais en l'état actuel de l'industrie des accumulateurs, elle doit être considérée comme au moins prématurée.

Les accumulateurs électriques, impraticables actuellement, pourraient être remplacés par des accumulateurs hydrauliques. La réceptrice, en ce cas, agirait sur un jeu de pompes de refoulement et l'eau sous pression serait employée au moyen d'un moteur approprié à la manœuvre du treuil. Il y a là, évidemment, une solution absolument pratique, mais elle conduit à un matériel beaucoup plus considérable et compliqué, beaucoup plus lourd surtout ; elle a, d'autre part, il est vrai, l'avantage de placer les dynamos dans des conditions de fonctionnement excellentes, puisqu'elles n'auraient à produire qu'un travail parfaitement régulier.

Selon les cas, selon surtout les conditions locales, elle pourra être acceptée ou repoussée, mais son adoption n'entraînerait du moins aucune difficulté spéciale. Nous ne la citons que pour mémoire : elle ne correspond pas, en effet, au problème que nous avons en vue. Dans une installation ainsi comprise, ce n'est pas la transmission électrique qui est chargée du travail d'extraction, tandis que nous nous proposons d'examiner comment il serait possible d'y employer directement les dynamos, sans aucun intermédiaire, malgré les conditions anormales dans lesquelles nous avons vu que se trouverait placé l'ensemble de l'installation.

Cette installation, telle qu'elle a été définie plus haut, comporte : à une des extrémités de la ligne une génératrice et un moteur quelconque (en l'espèce ce sera généralement un moteur hydraulique, roue ou turbine) qui

seront maintenus constamment en marche et dont il y aura lieu de chercher à conserver la vitesse constante ; à l'autre extrémité une réceptrice actionnant de façon quelconque, par courroie, friction ou engrenages, un treuil d'extraction. Si l'arrêt du treuil est obtenu par une rupture de circuit, cette génératrice sera au repos pendant les arrêts ; si on arrête au moyen d'un débrayage, la réceptrice, restée en circuit, continuera à tourner et il y aura lieu pour elle aussi de chercher à conserver sa vitesse constante malgré la tendance qu'elle aura à s'emballer, ne fût-ce que pour n'avoir pas, au moment de la remise en marche pour le voyage suivant, à faire des embrayages sur des arbres animés de vitesses excessives.

Ainsi posé, le problème comporte une solution simple et évidente : on peut, au moment de l'arrêt des bennes, introduire en circuit une résistance électrique capable d'absorber, soit la totalité du travail transmis par la génératrice durant les périodes de marche, soit ce même travail diminué de la quantité nécessaire pour maintenir à sa vitesse de régime la dynamo réceptrice au cas où celle-ci serait maintenue en circuit. On conserve de la sorte un travail total constant pour les différentes périodes, ce qui est une bonne condition pour les dynamos, et l'on y arrive sans avoir à recourir à l'emploi d'aucun régulateur : au point de vue de la simplicité de l'installation, c'est un avantage manifeste, mais cette manière de procéder présente par ailleurs bien des inconvénients. Elle conduit en somme à perdre systématiquement une grande quantité du travail produit par le moteur, parfois la plus grande partie : pour un puits, par exemple, qui aurait 60 mètres de profondeur et où le service serait réglé à raison de un voyage toutes les cinq minutes et à une vitesse de 1 mètre pour la montée des bennes, l'ensemble des périodes de repos représenterait les 4/5 de la journée. Ce serait donc, en ce cas, les 4/5 du travail

demandé au moteur qu'il faudrait s'ingénier à détruire dans des rhéostats. Cela peut être admissible dans quelques cas exceptionnels, par exemple dans des exploitations comme celles des environs de Diamantina (*), qui ne se peuvent faire, dans le lit des rivières, qu'après qu'on a dérivé ces rivières et créé, en faisant une dérivation obligatoire, une force motrice beaucoup plus que suffisante pour tous les besoins. Mais, en général, il aura fallu pour avoir une chute d'eau, exécuter des travaux coûteux et l'on aura intérêt à ne pas se mettre dans le cas de les établir pour un débit supérieur à la force dont on a besoin. A fortiori, si le moteur est une machine à vapeur, y a-t-il avantage à ne pas lui faire dépenser un travail superflu.

De plus, tout le matériel travaillant toujours à plein, se trouve soumis à une fatigue et à une usure excessives eu égard à l'utilisation que l'on en fait.

Enfin, et c'est peut-être là l'inconvénient le plus grave, la dynamo-génératrice au moins, toujours à pleine marche, s'échauffe bien inutilement. Cet échauffement doit être accepté quand la nature de l'installation l'exige, mais comme il devient facilement excessif, surtout dans les pays chauds, il ne serait que naturel de chercher à l'éviter dans le cas qui nous occupe, puisqu'il est produit en pure perte.

En résumé donc cette manière d'opérer, si elle est acceptable dans quelques cas exceptionnels où l'on a une force surabondante et où l'on peut désirer réduire l'installation à un maximum de simplicité, présentera en général trop d'inconvénients pour être admise.

Du moment que le but à atteindre est uniquement de conserver l'ensemble des appareils à leur vitesse de régime pendant les arrêts des bennes et que le travail produit par le moteur durant les repos du treuil doit être

(*) Voir *Annales des mines*, livraison de mai-juin 1884.

perdu, on doit évidemment chercher à rendre ce travail aussi faible que possible, et le programme à remplir peut s'énoncer ainsi :

Un moteur quelconque produisant, pour une transmission électrique desservant un treuil d'extraction, un travail de A chevaux durant la montée des charges, on ne lui demandera, durant les arrêts, que $\frac{A}{n}$ chevaux qui seront absorbés par une résistance électrique convenable : n sera aussi grand que possible, limité uniquement par la condition de laisser à la machine la quantité d'énergie nécessaire pour que sa vitesse de régime soit bien stable. On aurait ainsi l'avantage de réduire au minimum toute dépense inutile d'énergie, d'atténuer la fatigue du matériel et surtout de réduire considérablement l'échauffement des dynamos puisque, pour tout le temps correspondant aux périodes d'arrêt du treuil, elles seront parcourues par un courant correspondant à un travail beaucoup moindre que celui qui y circule pendant la montée des bennes.

Voyons comment et dans quelle mesure il est possible de réaliser ce programme. Nous examinerons successivement : 1° Le cas où l'on arrête le treuil en retirant la réceptrice du circuit ; 2° le cas où la réceptrice étant maintenue en circuit, le treuil est arrêté ou mis en marche au moyen d'un système d'embrayage quelconque.

1er *cas.* — Il suffira, en ce cas, de munir le moteur d'un bon régulateur ; au moment ou l'on retirera la réceptrice du circuit, on refermera ce circuit sur une résistance établie (en tenant compte des résistances passives de l'ensemble des machines en marche) d'après la quantité de travail que l'on veut conserver durant les arrêts des bennes, et le régulateur du moteur agira jusqu'à ce que l'équilibre soit rétabli pour les conditions de travail correspondant à cette période.

Il sera bon que le régulateur employé ait une très grande amplitude pour que n soit aussi grand que possible. Il faudra surtout qu'il ait une action très rapide. Les changements de régime seront, en effet, de par la nature même du travail à produire, extrêmement fréquents, et chacun des deux états, de travail maximum et de travail minimum, ne sera établi que pour une durée très courte. L'avantage qu'on peut attendre de l'emploi du régulateur deviendrait illusoire si cet appareil se réglait lentement et en exigeant un temps comparable à celui pour lequel un de ces deux états de régime doit être établi. Il faudra donc de toute nécessité, rechercher un appareil aussi rapide que possible ; plus il sera rapide, plus on approchera du but que l'on a voulu atteindre.

Un pareil réglage est assez facile à réaliser avec des machines à vapeur ; avec des turbines, ce sera encore relativement facile si ces turbines sont petites et ont une grande vitesse (et c'est justement ce qu'il faut rechercher pour la commande des dynamos) ; ce sera plus difficile avec des roues, surtout avec des roues puissantes et par conséquent de grandes dimensions. Il n'est besoin, il est vrai, de donner au vannage qu'un faible déplacement puisque la levée totale est faible, mais ce vannage devient, avec les grandes roues, tellement lourd que même ce faible déplacement peut être malaisé à obtenir rapidement. Et pourtant, c'est justement dans ce cas, plus encore que dans tout autre, qu'il y a intérêt à agir très vite pour éviter même de courtes périodes d'accélération, ces roues s'emballant facilement et ces emballages répétés étant de nature à les mettre très rapidement hors de service.

Nous ne rechercherons pas pour le moment comment pourrait être réalisé, même pour le cas de roues de grandes dimensions, ce réglage très rapide, nous en signalerons seulement la nécessité. En somme, l'installation

devrait comprendre : sur le moteur, un régulateur à très grande amplitude et à action très rapide, et pour remplacer la réceptrice dans le circuit pendant les arrêts une résistance électrique dont la valeur sera déterminée, en fait, surtout par les conditions de fonctionnement de ce régulateur.

2e *cas.* — Supposons maintenant que la réceptrice doive rester en circuit pendant les arrêts des bennes.

Notons, en passant, que cette disposition, pour être évidemment moins simple que la précédente, n'en peut pas moins être tout à fait recommandable dans bien des cas. En particulier, pour des applications de la nature de celles que nous envisageons en ce moment, il est clair que si la montée se fait sur un plan incliné et que si on s'astreint à ne manœuvrer le commutateur que lorsque les wagons sont franchement engagés sur la plate-forme qui terminera en tête ce plan incliné, comme à ce moment le travail résistant est considérablement réduit, la rupture du circuit ne fait pas courir grand risque aux dynamos.

Avec un puits vertical, c'est beaucoup plus délicat : la rupture du circuit, si on la fait, se produira nécessairement en pleine charge; elle est donc beaucoup plus dangereuse pour la conservation des machines. La garantie que donne l'emploi d'un rhéostat de rupture peut paraître insuffisante, si l'on songe que le mécanicien sera fatalement amené à faire parfois sa manœuvre avec une extrême brusquerie; et, en ce cas, on sera légitimement conduit à renoncer à produire les arrêts par la suppression de la réceptrice. Il y a là, en somme, une balance à établir entre les risques que l'on veut accepter et les facilités que l'on pourra avoir, selon les lieux, de remédier à un accident arrivé aux dynamos. Il n'est donc pas superflu d'examiner ce second cas.

Ainsi comprise, l'installation peut fonctionner sans

réglage d'aucune espèce et sans l'emploi d'aucune résistance supplémentaire.

En effet, au moment du débrayage du treuil, la vitesse de la réceptrice augmentera rapidement; elle était, par exemple, en marche des 5 ou 6/10 de celle de la génératrice, elle en deviendra les 9/10 ou les 9,5/10, et la réceptrice fournira alors un travail résistant capable d'équilibrer le travail transmis par le moteur à la génératrice.

Mais une pareille solution aurait, outre tous les inconvénients déjà signalés au sujet de celle qui consisterait à remplacer, au moment du débrayage, la résistance mécanique par une résistance électrique équivalente, celui de conduire à faire les embrayages pour la remise en marche sur des arbres tournant à des vitesses excessives. Mauvaise, mais admissible cependant, si les génératrices et les réceptrices sont du même modèle, puisqu'alors la vitesse de la réceptrice ne peut pas atteindre celle qu'on a jugée acceptable pour la génératrice, elle devient tout à fait inadmissible si la dynamo-réceptrice est d'un plus petit modèle que la génératrice, et risque par conséquent d'arriver à tourner à des vitesses que sa construction ne lui permettrait pas de supporter. Elle ne satisfait du reste en aucune façon au programme que nous avons posé.

Supposons que, pour remplir ce programme, on opère comme dans le cas précédent : le moteur sera muni d'un bon régulateur, et de même que l'on mettait en circuit, au moment de la suppression de la réceptrice, une résistance correspondant au travail à conserver pendant la période de minimum, on introduira ici, au moment du débrayage, une résistance calculée de la même façon, mais en tenant compte du travail qui est nécessaire pour conserver en marche et à sa vitesse de régime la réceptrice. Pour plus de clarté, supposons, par exemple,

une installation telle que la génératrice absorbe A chevaux, la réceptrice donnant sur le treuil un travail utile de *a* chevaux pendant la montée des bennes (période de travail maximum); pendant les arrêts je supposerai que la génératrice pourra ne plus absorber que B chevaux, sa vitesse et celle du moteur étant conservées à l'état bien stable; la réceptrice, si elle continue à tourner à sa vitesse de régime, transmettrait au premier arbre du treuil un travail de *b* chevaux; c'est ce travail qu'il faudra faire absorber par une résistance convenable introduite au moment du débrayage.

Le but cherché sera-t-il atteint? En fait, le régulateur prendra nécessairement un certain temps pour agir. Pendant ce temps, la réceptrice restée en circuit, recevant de la génératrice un travail plus considérable que ce que peut absorber la résistance introduite, va tourner de plus en plus vite et par conséquent absorber une quantité croissante de travail. D'autre part, l'action du régulateur se continuant, la quantité de travail fourni au moteur va en décroissant; l'équilibre s'établira naturellement à un moment donné. A ce moment la réceptrice, dont la vitesse s'est accrue au lieu d'absorber le travail nécessaire pour marcher à sa vitesse normale, absorbera un travail supplémentaire *s*, et la génératrice, au lieu de demander au moteur seulement B, devra lui demander B + S. B + S sera moindre que A, et *s* et S seront évidemment d'autant plus petits que le régulateur pourra agir plus vite. Le nombre de tours fait par la réceptrice, pendant les périodes de travail minimum, au delà de ce qui correspond à sa vitesse de régime, sera d'autant moindre, lui aussi, que S et *s* seront moindres. Si le régulateur pouvait agir instantanément, S et *s* seraient nuls, les conditions posées se trouveraient réalisées complètement.

On voit donc que dans ce second cas, comme dans le

premier, il y a intérêt à ce que le régulateur employé ait une action extrêmement rapide. Il y a cependant une différence entre les deux cas.

Dans le premier, les conditions de marche qu'on a voulu s'imposer seront nécessairement réalisées; elles le seront seulement plus ou moins vite, tandis que dans le second elles ne le seront jamais d'une façon rigoureuse; mais on s'en rapprochera d'autant plus que le régulateur pourra agir plus vite. Il y a donc dans ce second cas beaucoup plus d'intérêt encore que dans le premier, à obtenir un appareil à marche très rapide.

Or nous pensons qu'il doit être possible d'arriver à un résultat satisfaisant et de se rapprocher beaucoup de la limite que l'on doit désirer atteindre, en utilisant les variations qui se produiront dans l'intensité du courant chaque fois que l'on voudra passer de l'un des états de régime de la transmission à l'autre état. N'ayant en vue aucune application déterminée, nous ne prétendons indiquer ici que le principe d'après lequel les appareils spéciaux à chaque cas pourraient être étudiés.

Supposons, par exemple, que le moteur soit une roue en dessus, à augets; c'est vraisemblablement le cas qui correspond aux plus grands efforts à exercer pour la manœuvre du vannage; il y faudra donc employer une machine assez puissante en même temps que très rapide. Nous noterons seulement que la vanne à manœuvrer ne sera pas nécessairement celle qui servira pour les arrêts et les mises en marche de la roue. Il ne s'agit plus ici d'arrêter l'eau, mais uniquement d'étrangler plus ou moins le passage qui lui est réservé. On peut donc employer une vanne spéciale, placée en avant de la vanne de fermeture, et disposée de façon à glisser à frottement doux le long de ses guides. Soit V cette vanne (Pl. IV, *fig.* 5). Nous la supposons suspendue à l'extrémité *a* du levier *ab* mobile autour du point *o* et équilibrée de façon

à conserver un poids libre suffisant pour amener sa chute à coup sûr, dès qu'elle sera abandonnée à elle-même, de telle sorte qu'il faille produire un certain effort sur le levier pour la lever, maintenir cet effort pour la conserver levée et le supprimer pour la faire tomber. La course de cette vanne sera limitée au moyen de deux butoirs *m* et *n*, de façon que le contact du levier en *n* produise l'ouverture correspondant au travail maximum à demander à la roue, et le contact en *m* l'ouverture correspondant au travail minimum.

De l'extrémité *b* du levier part une tige qui vient aboutir au piston P d'un appareil à simple effet. Partant du fond du canal d'amenée d'eau, un tuyau *cd* viendra aboutir sur le cylindre dans lequel se meut le piston P, de telle sorte que les mouvements d'un tiroir de distribution quelconque placé en R puissent provoquer la levée de la vanne en admettant sur le piston l'eau amenée par le canal *cd:* on obtiendra sa chute en mettant la face supérieure du piston en communication avec l'atmosphère.

On pourra toujours disposer d'une force suffisante pour produire la levée de la vanne : c'est question de diamètre à donner au piston P. La manœuvre pourra être très brusque ; il suffira pour cela de combiner convenablement la dimension des lumières et le diamètre du tuyau à raison du volume à fournir, et en tenant compte de la hauteur de chute disponible qui peut, en tous cas, être au moins la hauteur de la roue, s'il s'agit d'une roue à augets.

Tout dépendra de la manœuvre du tiroir ou du robinet R ; pour celle-là on peut réduire toujours l'effort nécessaire à être assez faible pour qu'il soit possible de le demander à une variation d'intensité du courant ; cette variation d'intensité se produira nécessairement lors de chaque manœuvre faite au puits, la suppression brusque

de la charge à la fin de la montée amenant une chute d'intensité considérable, et la remise en charge s'accompagnant, au contraire, d'un relèvement.

Or, quel que soit le mode de construction du distributeur R, on pourra toujours le faire commander par un V, AB, mobile autour du point *o* (Pl. IV, *fig.* 6) et dont une tige portera un contre-poids P, tandis que l'autre tige sera reliée à une masse de fer F, autour de laquelle on enroulera une certaine quantité du fil de la ligne allant de la génératrice à la réceptrice.

Supposons, par exemple, qu'il s'agisse d'une transmission dans laquelle l'intensité en marche (période de travail maximum) serait de 34 ampères environ, la suppression de la charge devant la faire tomber à 7 ou 8 ampères. On pourra régler l'appareil indiqué ci-dessus de façon qu'il soit en équilibre pour une intensité moyenne de 20 ampères, et lui donner une sensibilité suffisante pour qu'une variation de 5 à 6 ampères de part et d'autre de la moyenne amène sa chute d'un côté ou de l'autre. Comme la variation sera chaque fois le double de celle que nous venons d'indiquer, son jeu sera certainement assuré.

On aura de la sorte un véritable servo-moteur obéissant à une des extrémités de la ligne à toute manœuvre d'arrêt ou de mise en marche exécutée à l'autre extrémité, quelle que soit la distance des deux machines et sans qu'il ait été besoin d'employer aucun fil supplémentaire, sauf un léger surcroît de longueur à l'un des fils de la ligne principale.

Il est bien entendu que nous n'avons prétendu indiquer que le principe même de l'appareil dont le dispositif pourra varier dans chaque cas particulier, et laisser concevoir qu'il est possible de lui demander des efforts suffisants, même pour la manœuvre du vannage d'une grande roue qui pratiquement ne saurait être attaqué, comme

sur notre croquis, en un seul point. *A fortiori* pourrait-on l'employer pour tous autres moteurs qui généralement demanderont un effort bien moindre.

Notons cependant qu'il peut se présenter des cas où, tel que nous venons de l'indiquer, l'appareil ne donnerait pas une rapidité de manœuvre suffisante. Ce sera par exemple le cas où il faudrait donner au piston P un très grand diamètre et où il faudrait par conséquent laisser entrer dans le cylindre une assez grande quantité d'eau. Cela pourrait demander un temps d'autant plus long qu'on ne pourra pas donner au mouvement du tiroir une grande amplitude, et ce sera pourtant ce qui arrivera quand par exemple on utilisera une faible chute avec une roue de côté ou une grande turbine à marche lente. Il serait facile alors de tourner la difficulté en demandant au moteur le petit travail supplémentaire nécessaire pour faire marcher une pompe à air. Le cylindre de manœuvre serait alimenté avec de l'air comprimé, et on pourra toujours de la sorte obtenir toute la rapidité désirable et se rapprocher presque autant qu'on le voudra de l'instantanéité.

Il va sans dire que si un appareil ainsi conçu peut donner des résultats satisfaisants au cas où les manœuvres se feraient en laissant la réceptrice en circuit, à plus forte raison serait-il applicable au cas où l'on arrêterait le treuil en supprimant la réceptrice. Nous avons vu plus haut que dans ce cas aussi, quoique à un degré moindre, il y a intérêt à employer un régulateur très rapide.

Il y a lieu de remarquer que le système dont nous venons d'indiquer le principe n'est pas à proprement parler un régulateur, c'est-à-dire un appareil susceptible de rétablir à chaque instant l'équilibre entre la puissance et la résistance en cherchant la position pour laquelle la quantité d'énergie livrée au moteur correspondra à la quantité de travail à effectuer. Il ne peut fonctionner que

dans deux positions déterminées, sans s'arrêter à un état intermédiaire, allant au contraire le plus rapidement possible de l'un à l'autre des extrêmes. Au lieu que le régulateur soit chargé de régler selon les besoins l'ouverture d'un vannage, ce sera au contraire l'ensemble de l'installation mécanique qui aura dû être établi et réglé de façon à pouvoir utiliser au mieux la quantité d'énergie correspondant aux deux seules positions que puisse prendre ce vannage. C'est proprement un système capable d'établir à l'un ou à l'autre de deux états déterminés (mais seulement de deux), aussi fréquemment et aussi rapidement qu'on le peut désirer, la marche d'un système de machines. Il serait donc susceptible, en dehors de toute question de matériel d'exploitation, d'être appliqué toutes les fois qu'une installation mécanique ne doit être appelée à fonctionner qu'à deux régimes extrêmes.

Il pourrait par exemple, dans cet ordre d'idées, être employé pour des manœuvres de frein. Et à ce propos nous ajouterons que pour un service d'extraction confié à une transmission électrique, il est absolument nécessaire que le treuil soit muni de freins automatiques dont le jeu soit très sûr. Le mécanicien, en effet, n'a sous les yeux que la réceptrice et le treuil : ce n'est donc que grâce à l'action spontanée de freins automatiques que l'on peut espérer prévenir les accidents pouvant provenir du fait de la génératrice ou du moteur. En l'espèce, un frein à lame commandé au moyen d'un dispositif analogue à celui que nous avons indiqué pour la manœuvre du vannage du moteur pourrait fonctionner efficacement : il suffirait de régler la distribution du cylindre de façon que le frein fût serré pour toute intensité au-dessous d'un minimum fixé : les deux appareils du frein et du moteur se trouveraient ainsi solidaires. Nous ne prétendons pas, en signalant cette application pos-

sible, dire qu'elle donnerait plus de garanties que les dispositifs qui permettent d'arriver mécaniquement au même résultat. Peut-être du moins pourrait-elle, en fonctionnant en même temps qu'eux, augmenter la sécurité.

Du moment qu'il est très important d'obtenir le fonctionnement assuré d'un appareil purement automatique, il peut être prudent, dans certains cas, de le doubler d'un autre agissant dans le même sens mais par des moyens tout autres.

Telle que nous venons de l'indiquer, une installation munie d'un système permettant de manœuvrer presque instantanément même des vannages lourds fonctionnerait dans les mêmes conditions que si, au moment de la suppression de la charge, celle-ci était remplacée brusquement par une résistance équivalente, mais du moins sans exiger une énorme consommation de travail inutile et en permettant d'échauffer beaucoup moins les dynamos; en rendant par conséquent, nous semble-t-il, leur utilisation plus facile.

L'ÉCOLE DES MINES
DE PARIS

NOTICE HISTORIQUE

Par M. L. AGUILLON, ingénieur en chef des mines,
Professeur à l'École nationale supérieure des mines.

INTRODUCTION.

Il n'est peut-être pas une de nos institutions actuelles qui subsiste dans les conditions où elle fut créée. En dehors des tâtonnements inhérents à la période d'essai de toutes choses, les institutions ont dû se transformer successivement pour continuer à répondre à leur destination au milieu de l'incessant changement amené par le seul cours du temps. Rappeler la série de ces modifications n'est pas seulement de nature à satisfaire un intérêt de curiosité ; un pareil historique est susceptible, à un double point de vue, d'un utile enseignement: on s'explique mieux la raison d'être des choses actuelles lorsqu'on sait à la suite de quelles circonstances elles ont été établies ; des essais inutiles ou de prétendues rénovations peuvent être évités quand on connaît les résultats déjà donnés par des tentatives antérieures analogues. C'est dans cet esprit et avec ces intentions que, déférant avec empressement au désir qu'a bien voulu nous manifester le Conseil de l'École supérieure des mines, nous avons entrepris de retracer l'historique de

cette École, qui compte aujourd'hui plus d'un siècle d'existence.

Créée en effet par l'arrêt du Conseil du Roi du 19 mars 1783, la première école des mines établie en France disparut dans la tourmente révolutionnaire. Reconstituée en 1794, elle fonctionna très régulièrement à Paris jusqu'en 1802, date à laquelle elle fut transportée à Pesey, ou plus exactement à Moutiers, en Savoie ; elle y resta jusqu'aux événements de 1814 qui nous enlevèrent ce pays. Après une courte période transitoire, l'École fut définitivement reconstituée à Paris, par l'ordonnance du 6 décembre 1816, et établie à l'hôtel Vendôme, qu'elle occupe encore aujourd'hui, successivement transformé, il est vrai, et surtout considérablement agrandi.

L'histoire de l'École supérieure des mines se partage donc naturellement en quatre périodes, qu'il suffirait à la rigueur d'examiner. Il nous a paru intéressant de remonter au delà de 1783, pour indiquer à la suite de quelles étapes et à raison de quelles nécessités l'école fut créée.

C'est un aperçu (*) que nous avons ainsi à présenter

(*) Pour la période antérieure à la Révolution, nous avons mis à profit des renseignements, non utilisés jusqu'à ce jour, puisés dans plusieurs manuscrits de Monnet, que possède la bibliothèque de l'École des mines. Nous aurons fréquemment à parler de Monnet qui n'a pas laissé de jouer un certain rôle à cette époque. C'était une sorte de paysan du Danube, quelque peu passionné, à l'humeur chagrine, et non dénué de prétentions, quoique esprit de médiocre élévation; ses manuscrits ne le font pas connaître à son avantage. Ses renseignements sont souvent sujets à caution; il brouille volontiers les dates, de telle sorte que ses indications se montrent immédiatement comme matériellement erronées. Nous nous sommes efforcé de ne répéter que les renseignements que nous avons pu contrôler par ailleurs.

L'École des mines possède de Monnet vingt-quatre manuscrits volumineux. Les uns appelés par l'auteur : *Passe-temps de la science*, au nombre de 6 à 7, contiennent sur la minéralogie, la chimie et la métallurgie des observations historiques ou scientifiques d'un intérêt médiocre quant au fond, et insignifiant comme sources historiques. D'autres manuscrits sont les journaux des divers voyages ou missions de Monnet, contenant tous, au milieu d'un remplissage sans valeur, des détails intéressants sur la vie à cette époque; il faut citer en particulier : l'*Histoire d'un voyage politique et minéralogique dans les départements du Puy-de-Dôme et de la Loire en* 1794, dont le titre que nous rapportons exactement à dessein suffit pour jeter un jour sur le personnage; ce manuscrit a été publié par M. Henry Mosnier. (Le Puy, Marchessou, 1875, 1 vol. in-12). Des manuscrits beaucoup plus précieux pour notre histoire sont : 1° un *Essai historique sur les mines*, où Monnet expose les faits auxquels il a été mêlé ou qui sont parvenus à sa connaissance; d'après les renseignements contenus dans ce manuscrit, il est certain qu'il a été écrit après le transfert de l'École des mines à Pesey, c'est-à-dire après 1802 et avant la nouvelle loi sur les mines du 21 avril 1810; 2° un *État des mines*, recueil de documents divers rédigé par Monnet de 1772 à 1780, contenant notamment les rapports faits par lui, comme inspecteur des mines, soit à Bertin, soit à ses successeurs.

Monnet, qui avait une singulière démangeaison d'écrire, bien qu'il ne fût pas très littérateur, avait laissé, en outre de ses 24 manuscrits, des *Mémoires*, en quatre volumes au moins, auxquels il renvoie souvent, mais que l'École ne possède pas. Parmi ceux qu'elle a nous citerons encore comme intéressants sur la vie au XVIIIe siècle : le *Cours de chimie de Vaugirard*, sur lequel nous reviendrons [p. 444, note (**)] et la copie des lettres écrites par Monnet à ses amis pendant trente ans.

Outre le voyage en Auvergne ci-dessus cité, M. Henry Mosnier a publié la partie d'un manuscrit relatant un voyage au Mont-Dore en 1786 (*Mém. de l'Académie de Clermont-Ferrand*, t. XXIX, publié à part : broch. in-8°, Clermont, Ribou-Collay, 1887), en y ajoutant une notice sur Monnet et la bibliographie complète de son œuvre.

sur les origines de notre administration des mines. L'histoire de l'École, où les ingénieurs de cette administration se sont toujours recrutés, se lie d'ailleurs intimement à l'histoire de cette administration elle-même; aussi n'avons-nous pas cru pouvoir résister au plaisir, dans les occasions si nombreuses qui se sont offertes à nous, de rappeler sommairement le souvenir des anciens ingénieurs et inspecteurs aujourd'hui disparus, qui, mêlés

à la vie de l'école, ont tous rendu des services utiles au pays, beaucoup avec un éclat ayant singulièrement profité au corps qu'ils ont honoré par leurs travaux. Il nous a paru que nous remplirions un devoir de reconnaissance envers ceux qui nous ont précédé en permettant aux jeunes générations de garder plus facilement leur souvenir (*). Nous espérons qu'on ne nous reprochera pas trop de nous être attardé parfois à des renseignements qui ne présentent qu'un pur intérêt de curiosité historique; nous nous plaisons à penser que quelques-uns de nos camarades les apprendront ou les retrouveront avec autant de plaisir que nous avons eu à les rassembler; les peines que nous avons dû si fréquemment nous donner pour être certain d'être exact, tout en n'étant pas toujours aussi complet que nous l'aurions voulu, nous portent à croire que, pour beaucoup d'entre eux, notre modeste notice fera revivre un passé qui, pour n'être pas encore fort lointain, est déjà peut-être bien oublié (**).

(*) Les notices nécrologiques sur les membres du Corps des mines qui, par un soin pieux, ont de tout temps été insérées d'abord dans le *Journal des mines*, puis dans les *Annales des mines*, constituent à ce point de vue une source de renseignements des plus précieux et des plus exacts. Plusieurs de ces notices ne laissent pas de présenter pour l'histoire du corps, de l'administration des mines, de l'École et de la science, un intérêt de premier ordre. On ne s'explique pas toujours l'oubli dans lequel on paraît avoir laissé des ingénieurs dont le souvenir aurait pourtant mérité d'être mieux ou plus complètement conservé.

(**) En dehors des renseignements que peuvent donner les Recueils généraux et en outre des indications spéciales puisées dans des ouvrages particuliers dont mention a été alors rappelée explicitement en son lieu, nous avons mis à profit les nombreuses données que l'on peut trouver dans la série du *Journal des mines*, de 1794 à 1816, et des *Annales des mines* depuis 1816. Nous avons, en outre, dépouillé les archives de l'École des mines et la partie des archives du ministère des travaux publics relatives à l'École, que l'administration supérieure a bien voulu nous permettre de consulter. Nous devons, à cette occasion, remercier M. Bizé, chef de division, et M. N. Nobécourt, chef de bureau, de l'obligeance mise par eux à faciliter nos recherches. Il ne leur était pas loisible, toutefois, de nous permettre de consulter les archives du Personnel, dans lesquelles doivent se trouver les renseignements les plus complets.

Nous nous sommes efforcé de n'admettre aucune indication dont l'exactitude ne nous fût pas parfaitement établie par des documents probants. Pour éviter au lecteur la fatigue d'incessants renvois, nous nous sommes cependant abstenu d'indiquer à chaque fois la source où nos renseignements ont été puisés.

Jusqu'à l'établissement de l'École des mines à l'hôtel Vendôme, en 1816, l'ordre chronologique était tout indiqué pour notre travail. Nous avons continué à le suivre, dans la mesure du possible, pour la longue période postérieure, sauf en ce qui concerne l'historique des bâtiments, sans nous dissimuler qu'à divers points de vue il aurait pu être préférable d'adopter un plan plus méthodique que chronologique. Peut-être aurait-on mieux suivi le développement de l'École en en étudiant le fonctionnement et les modifications par matière ou branche de service : les collections, l'enseignement, le professorat, l'effectif des élèves, etc.... Aussi, abandonnant parfois la méthode purement chronologique, avons-nous réuni incidemment l'ensemble des observations relatives à un même objet, comme nous l'avons fait, par exemple, pour les bâtiments; nous avons, d'autre part, essayé de remédier aux inconvénients inévitables de la méthode chronologique en faisant suivre la notice proprement dite d'annexes divers relatifs à des objets déterminés, considérés isolément. Nous ne nous dissimulons pas que ce plan nous a entraîné dans quelques redites; on voudra bien nous en excuser à raison du désir que nous avons eu de donner à chacun la possibilité de trouver le renseignement qu'il voudrait avoir.

A mesure que nous nous sommes rapproché de l'époque actuelle, nous nous sommes montré plus sobre d'observations sur les choses et surtout sur les personnes.

Les choses que tout le monde a vues ou sait ne méritent pas encore d'être rappelées ; à nos successeurs de les apprécier quand l'heure sera venue d'en parler. Les règles de la convenance la plus élémentaire nous interdisaient, même quand nous aurions su pertinemment avoir avec nous *vocem populi*, de parler, si ce n'est pour rappeler les faits matériels auxquels ils ont été mêlés, de ceux pour qui l'histoire n'est pas encore ouverte (*).

(*) Aussi bien nous aurions dû nous abstenir de parler des dix dernières années pour ne pas avoir la malechance de répéter, avec beaucoup moins d'autorité, les renseignements donnés pour cette période dans la notice placée par M. Carnot en tête des programmes et publiée dans la 1re livraison du présent volume. Nous prions les lecteurs des *Annales* d'excuser les longues redites auxquelles nous les exposons s'ils vont jusqu'au bout de notre historique; nous n'avons malheureusement connu le dessein de M. Carnot que lorsque notre travail était déjà imprimé dans des conditions telles que nous ne pouvions ni le faire disparaître de ce Recueil, ni même le modifier.

CHAPITRE PREMIER.

ADMINISTRATION DES MINES ET ENSEIGNEMENT DES MINES ET DE LA MÉTALLURGIE EN FRANCE AVANT LA FONDATION DE L'ÉCOLE DES MINES EN 1783.

A peu près complètement délaissée depuis l'époque romaine, l'exploitation des mines métalliques fut, on le sait, reprise sur quelques points de la France dans les XIVe et XVe siècles (*); elle fut assez vite abandonnée (**) à la suite de la découverte de l'Amérique, et vers le milieu du XVIIIe siècle seulement on se préoccupa à nouveau un peu sérieusement de leur exploitation. Il est à peine besoin de mentionner les exploitations de minerais de fer, puisqu'en dehors des Pyrénées ces minerais étaient à peu près partout fournis par des fouilles superficielles qui ne peuvent pas être considérées comme ayant un réel intérêt pour l'art des mines. Quant aux gîtes de combustibles dont l'exploitation devait prendre pour notre pays une importance relative si considérable, on ne commença à s'en occuper que dans le milieu du XVIIe siècle, et

(*) Suivant Garrault (1579) (*in* Gobet, *Anciens minéralogistes*, t. I, p. 38), la fortune du célèbre argentier Jacques Cœur serait provenue en partie des bénéfices réalisés dans l'exploitation de mines de plomb argentifère.

D'après Gobet (*loc. cit.*, t. II, p. VII), ce serait à la reprise de mines métalliques dans le Mâconnais et le Lyonnais que seraient dues les lettres patentes de Charles VI, du 30 mai 1413, le premier acte général sur les mines de notre droit français.

(**) On peut se faire une idée de l'état d'oubli de toutes les connaissances du mineur et de l'état d'abandon de toute exploitation au début du XVIIe siècle par les aventures survenues au baron et à la baronne de Beausoleil, que le gouvernement avait cru devoir appeler d'Allemagne pour chercher des mines et installer des exploitations en France. Gobet (*loc. cit.*, t. I) nous a conservé le souvenir de ce roman terminé en drame.

les travaux n'y prirent un développement appréciable qu'au milieu du siècle suivant.

Aussi faut-il arriver à cette époque pour trouver quelque préoccupation, de la part de l'administration, de faciliter et de développer l'exploitation des mines en même temps que de la régulariser. A mesure, en effet, que les exploitations s'étendaient et s'approfondissaient sans aucune règle, les inconvénients s'accroissaient pour tous. De nombreuses réclamations avaient été adressées au roi pour lui signaler ces désordres.

L'administration des finances, à laquelle les mines se trouvaient naturellement rattachées à raison des droits perçus sur les exploitations ou leurs produits, ne put songer à porter utilement ses vues de ce côté que lorsque la charge de grand-maître des mines et minières de France put être abolie après remboursement de l'office, conformément à l'arrêt du conseil du 28 octobre 1740, à la maison de Condé, qui en était titulaire. A ce moment, du reste, les sciences avaient déjà fait d'assez notables progrès pour qu'on pût entrevoir que la recherche, l'exploitation et le traitement des minerais ne pouvaient prospérer si on n'avisait pas aux moyens de donner une instruction spéciale à ceux appelés à diriger ces entreprises. On sentait, au moins confusément, qu'il ne suffisait plus d'apprendre par la pratique les procédés d'un métier; on comprenait que le métier avait déjà fait place à l'art, sans qu'on pût encore être convaincu, ce qui ne devait arriver que plus tard, que l'art ne pouvait être fécond qu'éclairé par la science.

Trudaine père (*), comme intendant des finances chargé des recettes générales, avait dans son département,

(*) Daniel Trudaine (1703-1769), fils de Charles Trudaine, qui fut prévôt des marchands de Paris de 1716 à 1720, fut appelé de l'intendance d'Auvergne à une intendance de finances en 1739; il garda ces fonctions jusqu'à sa mort; il fut remplacé par son fils Trudaine de Montigny (1733-1777), qui était associé à son père et collaborait avec lui depuis 1757.

M. Ernest Choullier a donné des renseignements biographiques très complets sur *les Trudaine* dans une brochure sous ce titre (Arcis-sur-Aube, Léon Frémont, 1887.)

sous l'autorité du contrôleur général des finances de Seychelles, le détail des ponts et chaussées (*) et l'administration des mines (**). Trudaine venait de fonder l'École des ponts et chaussées, établie à Paris suivant arrêt du conseil du 14 février 1747, qui, sous l'habile direction de Perronet allait prendre si rapidement une considérable importance et un fructueux développement. On ne pouvait, à ce moment, songer à créer une école des mines sur un plan analogue; en l'état de l'industrie minérale de la France, le nombre des élèves eût été insuffisant à raison surtout de l'imprévoyance des exploitants ; il eût été encore plus difficile de trouver des professeurs.

Trudaine père, conseillé par Hellot, essayeur en chef à la Monnaie (***), se borna à faire offrir aux directeurs et entrepreneurs des mines l'entrée de l'École des ponts et chaussées pour les jeunes gens qu'ils croiraient devoir recommander (****). Trudaine père entendait compléter leur

(*) C'est à l'administration de Trudaine père que nous devons les actes, remarquables pour l'époque, rendus en matière de mines, et notamment l'arrêt du Conseil du 14 janvier 1744, qui reprit l'imprudente concession, faite, en 1698, par Louis XIV, aux propriétaires du sol, du droit d'exploiter les mines de houille dans leurs fonds; cet arrêt donna sur la conduite des travaux de ces mines les premières clauses générales de police minérale.

(**) Hellot a publié, par traduction de l'ouvrage allemand de Schlütter, sous ce titre : *De la fonte des mines et des fonderies*, 1750, 2 vol. in-4°, un des premiers ouvrages de métallurgie parus en France sous l'impulsion des nouvelles idées. Il a également publié un *État des mines du Royaume* (in-4°, Paris, 1764).

(***) Ces mesures furent rappelées, en 1781, par Chaumont de la Millière qui, à cette date, était exclusivement intendant des ponts et chaussées, par suite de la séparation de ce service de celui des intendants de finances supprimés par Necker.

instruction professionnelle en leur faisant faire un cours spécial de chimie par Laplanche, apothicaire du roi renommé; puis il voulait leur apprendre le métier en les faisant voyager et séjourner sur les quelques établissements miniers et minéralurgiques de France, notamment sur ceux qui passaient pour être les mieux dirigés (*); leur instruction professionnelle aurait été achevée par des voyages à l'étranger, surtout en Allemagne. En envoyant à l'étranger des jeunes gens ainsi préparés, Trudaine entendait, d'ailleurs, qu'ils en rapporteraient des connaissances nouvelles devant profiter immédiatement à tous les exploitants et métallurgistes français. On aurait ainsi formé un premier noyau de personnes susceptibles d'exercer utilement l'inspection des exploitations et surtout d'enseigner les saines notions de l'art des mines et de la métallurgie.

D'après ce plan furent formés Jars fils (**) et Guillot-

(*) Parmi les établissements alors les plus réputés en France, se trouvaient les exploitations de Poullaouen, dirigées par Kœnig; ce fut à Poullaouen que Jars fut envoyé comme élève pour y apprendre, de Kœnig, la géométrie souterraine et l'exploitation.

(**) Jars (Gabriel), fils du directeur des mines de Chessy et Sain-Bel, né le 26 janvier 1732, est mort, à Clermont, le 20 août 1769, d'un coup de soleil pris en allant étudier les coulées basaltiques des environs de Langeac. Jars est l'auteur des *Voyages métallurgiques*, 3 vol. in-4°, publiés, après sa mort, par son frère G. Jars, en 1774-1781. Après avoir visité et étudié en France les exploitations et établissements de Poullaouen, Pontpéan, Ingrande (houille) en Anjou, Sainte-Marie-aux-Mines, il avait consacré trois années (1757-1759), avec Guillot-Duhamel père, à voyager en Saxe, Autriche, Bohême, Hongrie, Tyrol, Carinthie et Styrie; il avait visité, en 1765, l'Angleterre d'où il avait rapporté les procédés pour la fabrication du minium; en 1766, la Hollande, le Hanovre, le Hartz, la Saxe, la Norvège et la Suède. Nommé correspondant de l'Académie des sciences le 10 janvier 1761, au retour de son premier voyage, il fut nommé membre titulaire, le 19 mai 1768, contre Lavoisier, bien que celui-ci eût été désigné en première ligne par la Compagnie; le

Duhamel père (*) que l'on peut considérer comme les deux premiers inspecteurs des mines que nous ayons eus,

gouvernement voulut récompenser Jars des services rendus à l'industrie des mines et de la métallurgie.

On doit à Jars un mémoire sur l'aérage naturel des mines.

(*) C'est surtout à Guillot-Duhamel père qu'il faut faire remonter l'honneur d'avoir introduit en France les connaissances rationnelles sur les mines et la métallurgie. Jars, enlevé à trente-sept ans, n'a pu rendre tous les services qu'on pouvait attendre des aptitudes remarquables que dénotent ses *Voyages métallurgiques*. Guillot-Duhamel fut réellement le premier professeur qui enseigna en France l'exploitation des mines et la métallurgie, d'abord dans la première Ecole de Sage, puis au début de l'Ecole de la Convention.

L'Ecole des mines possède, en manuscrit, un traité de Guillot-Duhamel sur l'exploitation des mines, intitulé : *l'Art du mineur*, soumis en 1789 à l'Académie des sciences et portant son approbation, à la date du 17 janvier 1789, pour être publié sous son privilège. Les événements empêchèrent la publication de ce traité, que l'on peut considérer comme donnant le cours que devait professer Guillot-Duhamel dès les débuts de son enseignement.

A ce titre, ce manuscrit est particulièrement intéressant. Il paraît fait plus spécialement pour les mines métalliques. Les objets dont il traite successivement, dans l'ordre suivant, sont : Recherches; boisage; muraillement; méthodes d'exploitation; aérage; roulage; extraction par treuils et baritels ou machines à molettes; épuisement par hommes, chevaux, roue hydraulique, machine à colonne d'eau, et machine à vapeur [d'après celle établie à Montcenis (le Creusot), en Bourgogne, et décrite en janvier 1787 par de La Metherie]; préparation mécanique : bocardage; caisse allemande; table fixe. On reconnaîtra là le programme des cours d'exploitation tels qu'ils se professent encore maintenant.

L'Ecole des mines devait également posséder le manuscrit de Guillot-Duhamel père sur l'*Art du métallurgiste*, qui a dû lui être remis avec le précédent, en 1821, par son fils, alors inspecteur général des mines; ce manuscrit nous aurait fait connaître ce que pouvait être un cours de métallurgie, en 1789; nous n'avons pas pu le retrouver.

Né le 31 août 1730, Guillot-Duhamel père est mort à quatre-vingt-six ans le 30 février 1816; il avait été membre de l'ancienne Académie des sciences et fut nommé de l'Institut dès sa réorganisation. Il a rédigé tous les articles de l'Encyclopédie relatifs à l'art des mines, et publié une *Géométrie souterraine* (2 vol. in-

encore qu'ils n'en aient pas porté le titre (*) et qu'ils n'aient fait des tournées pour le service du roi qu'en qualité de commissaires du contrôleur général des finances; ils ont été, en tout cas, les initiateurs, en France, de l'art des mines et de la métallurgie.

A Jars et Guillot-Duhamel père il faut joindre, parmi les premiers inspecteurs, ou mieux commissaires des mines employés par les Trudaine, Monnet (**), que Tru-

4°, 1787) qui fut le premier traité sérieux paru en France sur les levés de plans et tracés souterrains.

Par sa vie sérieuse et appliquée, par la respectabilité de son caractère, Guillot-Duhamel a été le digne précurseur de notre corps des mines. Sa figure se détache entre celle de Monnet et de Sage, comme lui les ouvriers de la première heure, mais qui brillèrent plus par l'intrigue et le bruit qu'ils ont fait ou cherché à faire autour de leur nom que par les services rendus ou la vraie science.

Cuvier (*Eloges historiques*, t. III) a bien dépeint la figure et le caractère de Duhamel, et justement signalé les grands services rendus par lui à l'art des mines et de la métallurgie.

(*) Monnet fut le premier qui reçut, par brevet du roi en date du 17 juin 1776, le titre d'inspecteur général des mines, sous le ministère Bertin. Auparavant il n'existait que des commissaires pour les mines, par commission émanée du contrôleur général des finances.

(**) Nous avons déjà présenté Monnet au lecteur, dans la note 1 de la page 434. Né à Champeix en Auvergne en 1734, il est mort le 23 mai 1817. D'abord employé de pharmacie successivement à Paris et à Nantes, il sut capter la faveur de Malesherbes, fils du chancelier, et alors premier président de la Cour des aides, pour lequel il institua et fit, en 1766, aux frais de celui-ci, à Vaugirard, ce que l'on appelait alors un cours de chimie, c'est-à-dire une série d'expériences, sans lien méthodique entre elles, exécutées d'après les recettes alors connues; l'Ecole des mines possède, en manuscrit, la relation de ces expériences sous le titre à la fois pompeux et naïf de : *Cours de chimie fait par Monnet à Malesherbes, en* 1766, *en trente-cinq opérations dont plusieurs des eaux de senteur;* ce titre suffirait à peindre l'homme qui, dans un moment de franchise, déclare dans un de ses manuscrits savoir à peine le français et ignorer le dessin et les langues. Ce fut sur la recommandation de Malesherbes que Trudaine le prit pour le service des mines et l'envoya d'abord s'initier en Allemagne.

L'œuvre imprimée de Monnet comprend quelque onze volumes

daine père avait également fait voyager en Allemagne, aux frais du roi, pour l'initier à la pratique des mines et de la métallurgie, et que Trudaine de Montigny, qui avait succédé à son père en 1769 comme intendant des finances, employa également comme commissaire du roi. Monnet n'avait pas, comme les deux autres, passé par l'École des ponts et chaussées ; il n'eut jamais ni leur valeur ni leur mérite.

Les Trudaine ne purent arriver à réaliser le plan qu'ils avaient conçu pour la rénovation de l'industrie minérale et métallurgique. Lorsque Jars et Duhamel revinrent de leur premier voyage d'Allemagne, la malheureuse guerre de Sept ans avait ruiné la France; les tristes personnages qui se succédèrent au contrôle général des fi-

traitant surtout de chimie et de minéralogie. Il faut citer à part un *Traité d'exploitation* (1778, 1 vol. in-4°), composé par adaptation d'ouvrages allemands, et l'*Atlas et description minéralogique de la France*, « entrepris par ordre du roi par MM. Guettard et Monnet et publiés par M. Monnet » (1780, 1 vol. de texte et atlas, in-fol.). Lavoisier (V. *Lavoisier*, par Grimaux, p. 26) qui avait accompagné Guettard dans ses premières tournées de 1767, a énergiquement réclamé contre l'indélicatesse de Monnet, qui, ayant obtenu de Bertin de faire cette publication, a cherché à s'approprier de cette manière les travaux de Guettard et les siens. Monnet, loin d'améliorer les travaux de ceux-ci, n'avait même pas su comprendre ce que Guettard avait entrevu : la continuité et la superposition, c'est-à-dire les deux lois sur lesquelles la géologie allait se constituer comme science.

En chimie, Monnet ne fit pas preuve de plus d'intelligence; il fut, avec son ennemi Sage, un des derniers soutiens de la théorie du phlogistique; en 1798, il publiait une soi-disant *Démonstration de la fausseté des principes des nouveaux chimistes.*

En minéralogie, Monnet, comme Sage également, ne sut comprendre les conceptions d'Haüy contre lesquelles il s'élève vivement dans ses manuscrits.

Maintenu dans le corps des inspecteurs lors de leur réorganisation, Monnet fut mis à la retraite en 1802, avec les trois autres plus anciens titulaires, quand Chaptal songea à diminuer les dépenses du service. Ce coup paraît lui avoir été particulièrement sensible et explique, sans les justifier, les aigreurs des manuscrits écrits dans les loisirs de la retraite.

nances n'étaient pas gens à se soucier des vues des Trudaine à cet égard. D'ailleurs, l'institution des concessions et l'administration technique des mines avaient échappé au contrôle général des finances pour passer au département spécial créé, en 1764, pour Bertin.

Lorsque Bertin quitta, en 1763, le contrôle général des finances, on voulut, en effet, lui constituer un département ministériel (*) qu'on composa par la réunion de divers services enlevés à d'autres départements ; l'agriculture et les mines furent ainsi retirées à l'intendant des finances chargé des recettes générales. Mais le département des finances conserva le service et l'inspection des forges et usines à raison des droits sur la marque des fers et autres, et par suite continua à exercer une inspection sur les mines, plus fiscale il est vrai que technique. Le département de Bertin avait, au contraire, à s'occuper de l'institution des concessions et de leur exploitation à un point de vue purement administratif et technique.

Jars était mort ; Guillot-Duhamel était passé au service du duc de Broglie pour le compte duquel il dirigeait des forges dans le Limousin. Sur la recommandation de Trudaine de Montigny, qui employait Monnet comme com-

(*) Ce fut sous le ministère Bertin, qui dura de 1764 à 1781, et sous ses auspices, que Guettard (né en 1715, mort en 1786, membre de l'Académie des sciences depuis 1743) entreprit sur le terrain, dès 1767, des reconnaissances dans le but de publier un atlas minéralogique de la France. En 1772, Lavoisier (V. Grimaux, *Lavoisier*) fit à Bertin des propositions pour la continuation et la publication de ce travail. Ce fut Monnet qui sut, en 1777, obtenir de Bertin cette autorisation et publia le travail dans les conditions signalées à la note 2 de la page 444.

On ne peut que regretter que Guettard, apparemment découragé et dégoûté par les procédés de Monnet, ait renoncé à continuer ces études. L'intelligence avec laquelle il avait su entrevoir la continuité et la superposition, permettaient de bien augurer de leurs résultats (V. Dufrénoy et Elie de Beaumont, *Explication de la carte géologique*, Introduction).

missaire et continua à l'employer pour le service du commerce, Bertin attacha Monnet, sous son autorité, au service des mines, en juin 1772, mais tout d'abord par simple commission (*). Plus tard, par brevet du roi du 17 juin 1776, contresigné par Bertin, Monnet fut nommé inspecteur général des mines du royaume (**), étant ainsi le premier dans notre histoire moderne auquel ce titre fut attribué, bien qu'avec des fonctions peu définies encore et assez différentes de celles qui devaient être données par la suite aux fonctionnaires de l'administration des mines (***).

Ultérieurement Bertin donna à Monnet un collègue en la personne d'un sieur Jourdan, de Lyon (****) qui, s'il fallait en croire Monnet, aurait été le plus singulier choix qui se pût faire (*****). Jourdan, qui résidait plus spéciale-

(*) Monnet (ms : *Etat des mines*) nous mentionne un brevet du roi du 18 juillet 1772, à lui délivré, pour visiter les provinces du Limousin, Auvergne, Bourbonnais, Berry, Bourgogne, Franche-Comté, Champagne, Lorraine et Alsace.

(**) Ce n'est que dans l'*Almanach royal* de 1778 qu'apparaissent pour la première fois les inspecteurs généraux des mines ; on ne peut douter toutefois de la date de nomination de Monnet, qui a reproduit son brevet dans un de ses manuscrits.

(***) Monnet nous apprend (ms : *Essai historique sur les mines*) qu'il recevait pour le service des mines, sous Bertin, 2.500 livres d'appointements et 1.200 livres pour ses frais de voyage ; de Trudaine, qui l'avait conservé concurremment pour le service des forges, il recevait, en outre, 1.500 livres d'appointements et 1.200 pour frais de voyage.

(****) L'*Almanach royal* pour 1778 l'appelle Jourdan de Montplaisir.

(*****) Suivant Monnet (même ms), Jourdan, qui n'était du reste attaché qu'au département de Bertin, aurait été un ancien capitaine de corsaires, dont toutes les connaissances en fait de mines auraient consisté à avoir vu les mines de cuivre de Chypre pendant une relâche.

Monnet l'accuse aussi d'avoir présenté comme sa femme une jeune fille que, dans son précédent état de corsaire, il aurait enlevée en Sicile. Jourdan a été relevé de ses fonctions d'inspecteur général à la chute de Bertin, en 1781.

ment à Lyon, avait les provinces du Midi, et Monnet, en résidence à Paris, celles du Nord.

Peu après que Bertin eut pris la direction du service des mines, on lui présenta deux mémoires en vue de créer deux écoles des mines : l'une dans le Forez, pour les mines de houille, et l'autre à Sainte-Marie-aux-Mines pour les mines métalliques ; les élèves devaient y être logés et entretenus. Monnet, consulté par Bertin, émit un avis défavorable à toute idée de création d'une école spéciale. Suivant lui, la pratique des mines ne s'enseignait pas dans une école, mais devait s'apprendre sur place ; il estimait qu'il suffirait d'établir à Paris, notamment au Jardin du roi, des cours publics de minéralogie et de métallurgie, que l'on ignorait particulièrement en France, faisait-il observer. On pourrait ensuite faire passer des examens tant sur ces matières que sur celles d'instruction générale, mathématiques et chimie. Les bons élèves, dont on devait avoir toujours six au moins, seraient ensuite logés et entretenus aux frais du roi, à raison de 1000 livres par élève et par an, sur les principales mines du pays, d'où on les prendrait suivant les besoins, de façon à avoir en permanence trois commissaires, brevetés par le roi, chargés d'instruire toutes les affaires de mines.

Un peu plus tard, Jourdan, poussé par Sage, suivant Monnet, revint à la charge auprès de Bertin et lui proposa la création d'une école des mines dont les frais auraient été payés par les taxes perçues à cet effet sur les exploitants (*). Monnet se mit encore par le travers d'autant plus vivement qu'il n'aimait pas Sage.

(*) C'est à cette idée que se rattachent les stipulations contenues à cet effet depuis 1769 dans les actes de concession de mines (V. Lamé Fleury, *Législation minérale sous l'ancienne monarchie*, p. 195, note 1), et plus tard l'arrêt du conseil du roi, du 13 janvier 1776, commettant le caissier de la petite poste de Paris pour recouvrer les contributions des exploitants à ce destinées (V. Lamé Fleury, *loc. cit.* p. 195).

Cependant celui-ci arriva, partiellement du moins, à ses fins ; et un peu suivant le plan indiqué par Monnet lui-même, des lettres patentes du 11 juin 1778 (*) établirent « dans une des grandes salles de l'hôtel des monnaies à Paris, une chaire de minéralogie et métallurgie docimastique, dans laquelle le professeur nommé par le roi donnera des leçons publiques et gratuites de cette science » (art. 1). Par l'art. 2 le roi nommait comme professeur de ladite chaire « le sieur Sage (**), de notre Académie royale des sciences, aux appointements de 2.000 livres qui lui seront payés annuellement, ainsi qu'à ses successeurs à ladite chaire, par le trésorier général des

(*) Le texte de ces lettres patentes a été publié par M. Lamé Fleury (*Législ. minér. sous l'ancienne monarchie*, p. 196).

(**) Sage, auquel on ne peut refuser l'honneur d'avoir créé l'École des mines, qu'il n'aurait pu, il est vrai, faire fonctionner sans Guillot-Duhamel père, né à Paris le 7 mai 1740, est mort en 1824. Fils d'un pharmacien, après de bonnes études au collège Mazarin, il s'adonna à l'étude de la minéralogie et de la chimie docimastique avec assez de succès pour qu'à 30 ans il fût désigné par l'Académie des sciences comme successeur de Guillaume Rouelle. Son mérite ne paraît pas cependant répondre au bruit que volontiers il faisait autour de son nom. Un bon juge, M. le professeur Grimaux, l'appréciait récemment ainsi (*Lavoisier*, p. 122) : « Expérimentateur maladroit, imagination fantaisiste, qui a beaucoup publié, beaucoup écrit, entassé erreurs sur erreurs, et n'a pas laissé dans la science un seul fait bien observé. » Sage, qui présente tant de points de ressemblance, avec son ennemi Monnet, auquel, sans contredit, il était supérieur par la culture générale, se rencontra avec lui pour tirer énergiquement les dernières cartouches en faveur du phlogistique à une date où tous les bons esprits pourtant s'étaient déjà ouvertement ralliés aux théories de Lavoisier. Aussi malheureux en minéralogie qu'en chimie, Sage combattit les vues d'Haüy, et se rangea également dans le mauvais clan de ceux qui croyaient accabler ce grand savant en le traitant de *cristalloclaste*. La fin assez misérable de Sage lui mérite quelque pitié. Atteint de cécité en 1805, il se trouvait, à la suite des événements politiques, dans une situation pénible, dépouillé presque de toutes ses pensions auxquelles il pouvait croire que la cession de ses collections lui donnait quelque droit.

monnaies ». Sage se trouvait déjà attaché à la monnaie comme commissaire aux essais avec appointements de 6.000 livres. D'après l'art. 3, un règlement devait être fait « sur tout ce qui pourra être relatif à l'établissement ordonné par les présentes lettres ». Ce règlement ne paraît avoir été jamais rendu; il aura été considéré comme inutile par suite de la nature du cours et par suite surtout de l'école qui, quelques années après, allait être installée dans ce même local.

Monnet n'avait pas été le seul à faire opposition à la création de cette chaire à la Monnaie. Buffon, au dire de Sage (*), l'aurait retardée d'un an, demandant qu'on l'établît au Jardin du roi, comme l'avait indiqué Monnet, et en faveur de Daubenton.

C'est ce cours que Sage, dans ses nombreuses brochures (**), appelle sa première École des mines. Il y cau-

(*) Sage: *Mémoires historiques et physiques*, br. in-8°, 1817.

(**) Les brochures de Sage, dans lesquelles il est directement ou indirectement traité de son École des mines, sont très nombreuses. Nous avons pu consulter les suivantes, et nous croyons que ce ne sont pas les seules qui existent:

Précis des mémoires de Sage, Paris, 1809, br. in-8°, où il n'est fait allusion qu'à ses relations avec Chaptal;

Exposé des effets de la contagion nomenclative et réfutation des paradoxes qui dénaturent la physique, Paris, Didot, 1810, br. in-8°; c'est la brochure où fâcheusement, pour sa mémoire, Sage attaque violemment la chimie de Lavoisier et la minéralogie de Haüy, en défendant énergiquement encore la théorie du phlogistique;

Origine de la création de l'École royale des mines, Paris, Didot, 1813, br. in-8°;

Probabilités physiques, Paris, Didot, 1816, br. in-8° dont les sept dernières pages sont consacrées aux réclamations habituelles de Sage sur l'École;

Fondation de l'École royale des mines à la Monnaie, Paris, Didot, broch. in-8°, 1817.

Mémoires historiques et physiques, Paris, Didot l'aîné, 1817, br. in-8°;

Notice biographique, Paris, Didot, 1818;

Note biographique, jointe avec même pagination à: *Analyse*

sait, en faisant les honneurs de son cabinet de minéralogie, s'il faut en croire Monnet, beaucoup plus qu'il n'y professait réellement. Sage nous apprend, en effet, qu'il avait installé, à la suite de l'arrêt du roi de 1778, sa collection de minéraux et son laboratoire dans le grand salon de la Monnaie. Parmi les personnages de marque ayant fréquenté sa première école, Sage indique Romé de l'Isle, Demestre et Chaptal, venus vraisemblablement en visiteurs, suivant la coutume de l'époque, beaucoup plus qu'en auditeurs assidus (*).

En 1781, Bertin quittait le ministère et avec lui disparut le département spécial créé à son intention. Les mines retournèrent au département des finances, et comme Necker avait supprimé les intendants de finances, le service des mines fut remis, chacun pour son département, aux quatre intendants de commerce qui étaient à cette date: de Montaran, Tolozan, de Colonia et Blondel. Chacun de ces quatre départements d'intendant de commerce comprenait un certain nombre de provinces dont l'administration supérieure, en ce qui concernait les ser-

comparée de la marcassite et de la pyrite et origine du ver blanc, nommé asticot, dans une br. in-8°, Paris, Didot l'aîné, 1822.

Sage n'a d'ailleurs rien publié, depuis la Révolution, sans accoler à son nom le titre de: *Fondateur et directeur de la première École des mines*, et il s'est plaint amèrement que le *Journal des mines*, en publiant un mémoire de lui en 1809, ne lui ait pas donné ce titre.

(*) Sage (*Précis des mémoires*, p. 19), a cependant prétendu que Chaptal avait été son élève; qu'au sortir de son école il fit créer en sa faveur une chaire de chimie à Montpellier, avec 6.000 livres de traitement, et qu'il concourut à lui faire obtenir le cordon noir.

Quant à Romé de l'Isle, Sage, dans une autre de ses brochures (*Exposé des effets de la contagion nomenclative*, p. 30), dit qu'il lui fut adressé à son retour de l'Inde et de la Chine, pour savoir l'état qu'il devait prendre; que lui ayant reconnu de l'esprit et du goût, il l'engagea à suivre ses cours dont il profita d'une manière si étonnante, qu'au bout de deux années il fut en état de faire la description du cabinet de Davila, en 3 vol. in-8°.

vices ressortissant au commerce, était dévolue à l'intendant dudit département.

Chacun des quatre intendants de commerce voulut naturellement avoir son inspecteur général, et de là l'arrêt du 21 mars 1781 (*) créant quatre « inspecteurs des mines et minières du royaume » (**); leurs attributions, au point de vue de la surveillance des exploitations minérales, étaient définies comme on ne l'avait encore fait dans aucun acte antérieur, en sorte qu'on a bien pu dire — encore que cela ne soit pas absolument exact en fait au point de vue de l'histoire, comme on vient de le voir — que c'est à cet acte et à cette date qu'il faut faire remonter l'organisation de l'inspection technique des mines.

Chacun de ces inspecteurs recevait 3.000 livres d'appointements et 1.000 livres de gratification par an, plus 10 francs par jour de tournée.

Les quatre premiers inspecteurs nommés sous ce régime et qui restèrent en fonctions jusqu'à la fin du règne (***), fonctions qui devinrent plus nominales que réelles, il est vrai, à partir de 1790, furent: Monnet (****) et Guillot-Duhamel, qui nous sont déjà connus, G. Jars (*****),

(*) Publié par M. Lamé Fleury (*Législ. minér. sous l'ancienne monarchie*, p. 190).

(**) Les *Almanachs royaux* de 1782 à 1792 les désignent sous le titre d'inspecteurs généraux; ils figurent, sous cette appellation, dans le rapport fait à l'Assemblée nationale par Lebrun, dans la séance du 29 janvier 1790 (V. *Archives parlementaires*, à cette date).

(***) L'*Almanach royal* de 1792 les mentionne encore, en y ajoutant, en cinquième, Gillet de Laumont, qui figure à ce titre, pour la première fois, dans l'*Almanach* de 1789.

(****) Monnet était attaché à l'intendant de commerce Blondel dont le département comprenait le nord-ouest de la France: généralité de Soissons; Picardie et Artois; Flandre; Hainaut; Champagne; les trois évêchés; la Lorraine et le Barrois; l'Alsace.

(*****) G. Jars, indiqué comme résidant à Lyon, devait être attaché à l'intendant de Colonia, dont le département comprenait le sud-ouest de la France: le Lyonnais, Forez et le Beaujolais; la Bourgogne; la Bresse; les généralités de Limoges et de Tours; le Maine; le Poitou; les généralités de la Rochelle et de Bordeaux.

On confond souvent ce G. Jars l'aîné, avec son frère plus jeune, Gabriel, mort en 1769; celui-ci est le véritable auteur des *Voyages métallurgiques* que celui-là n'a fait qu'éditer après la mort de son cadet. G. Jars l'aîné était, du reste, lui-même un homme distingué, correspondant de l'Académie des sciences. Un troisième frère, plus âgé également que l'auteur des *Voyages métallurgiques*, s'était aussi adonné aux mines.

le frère de Gabriel Jars mort si tristement en 1769, et de Bellejean, qui est resté à peu près inconnu.

Quelque temps après, Joly de Fleury, qui avait pris les finances à la retraite de Necker, le 21 mai 1781, modifia cette organisation assez vicieuse, qui rompait l'unité de l'administration supérieure, et créa, pour le service exclusif des mines, un intendant spécial tout comme, quelque temps auparavant, on avait créé un intendant spécial pour le service des ponts et chaussées en la personne de Chaumont de la Millière qui, choisi en cette qualité en 1781, sut continuer jusqu'en 1792 les heureuses traditions des Trudaine.

L'intendance spéciale des mines fut confiée à Douet de La Boullaye (*), qui était antérieurement intendant à Auch, et venait d'acheter une charge de maître des requêtes au Conseil. Douet de La Boullaye resta en fonctions sous les deux successeurs aux finances de Joly de Fleury: d'Or-

(*) Monnet, d'accord avec les *Almanachs royaux*, ne désigne Douet de La Boullaye que comme *intendant des mines;* l'arrêt du conseil du 19 mars 1783, portant établissement de l'École des mines, le désigne, dans le cours de l'arrêt, comme *intendant général des mines*, et, à la fin, sous le titre de *intendant général des mines, minières et substances terrestres de France;* les deux arrêts du conseil du 19 mars 1783 sur l'exploitation des mines métalliques et des mines de houille, ne portent que *intendant général des mines*.

Douet de La Boullaye avait, d'après Monnet, 40.000 livres d'appointements comme intendant des mines; il avait un premier commis recevant 24.000 livres pour lui et son bureau.

messon (mars à novembre 1783), et de Calonne (17 novembre 1783 au 20 avril 1787). Après de Calonne et avec Loménie de Brienne, le service des mines fut réuni à celui des ponts et chaussées dans la même intendance, et Chaumont de La Millière les conserva tous deux jusqu'au 10 août 1792.

Ce fut sous l'intendance de Douet de La Boullaye et quelques jours avant la démission de Joly de Fleury, que furent rendus simultanément, au rapport de ce dernier, à la date du 19 mars 1783, trois arrêts, l'un portant établissement d'une école des mines et les deux autres portant règlement, le premier pour l'exploitation des mines métalliques, et le second pour l'exploitation des mines de houille (*). Ces trois textes s'appuient respectivement l'un l'autre et sont bien les parties d'un même tout. L'exploitation des mines, tant de houille que de métaux, se trouvait, en effet, soumise désormais d'une façon plus précise et plus étroite que par le passé à la surveillance de police des inspecteurs et sous-inspecteurs du roi, lesquels, aux termes de l'article 11 de l'arrêt sur l'École des mines, ne pouvaient être pris que parmi ceux qui avaient conquis à l'École le brevet de sous-ingénieur (**).

Avons-nous besoin de rappeler que Monnet avait lutté auprès de Douet de La Boullaye, comme jadis auprès de Bertin, contre la création de l'école que soutenaient Sage et Guillot-Duhamel. Monnet préconisait toujours son plan : pas d'école spéciale ; des cours publics de

(*) Le texte de ces trois arrêts du Conseil, qui terminent si bien l'historique de l'administration des mines sous l'ancien régime, a été publié par M. Lamé Fleury, dans sa *Législation minérale sous l'ancienne monarchie :* l'arrêt sur l'École, à la page 198 ; celui sur les mines métalliques, à la page 110 ; celui sur les mines de houille, à la page 147.

(**) Toutefois, en 1784, Gillet de Laumont était nommé directement inspecteur des mines.

minéralogie et de métallurgie ; puis envoi et maintien sur les mines de ceux admis comme élèves après examen.

En terminant ce préliminaire historique, il nous paraît intéressant de rappeler que Douet de La Boullaye, comme de tout temps l'ont fait généralement les chefs auxquels on a confié un service distinct, avait peu à peu augmenté le personnel attaché à l'administration des mines. Une cinquième place d'inspecteur général avait été créée et confiée à Gillet de Laumont, apparemment parce que Guillot-Duhamel, l'un des quatre inspecteurs généraux de 1781, était chargé des fonctions de professeur à l'École (*). En outre des inspecteurs généraux il y eut, en dehors des élèves de l'École : deux sous-inspecteurs, Besson et Hassenfratz, à 1.500 livres chacun d'appointements, sans compter les frais de voyage (**), et six ingénieurs : Guillot-Duhamel fils, Lelièvre, Lefebvre d'Hellancourt, Lenoir, Miché, Brigaudie l'aîné, à 600 livres d'appointements, sans compter les frais de voyage (***). On créa également deux postes de commissaires du roi, plus spécialement préposés à la visite des usines et manufactures mettant en œuvre des substances minérales et consommant des combustibles qui provenaient alors à peu près exclusivement des forêts ; ces commissaires ne s'occupaient qu'indirectement des mines à raison de leurs relations avec les usines qu'elles alimentaient ; les mines ressortissaient plus spécialement aux inspecteurs. Ces fonctionnaires, officiellement désignés sous la qualification

(*) Duhamel, outre ses 4.000 livres comme inspecteur général, touchait 2.400 livres comme professeur.

(**) Estimés à 4.000 francs, année courante, pour les deux, par Lebrun, dans son rapport à l'Assemblée nationale du 29 janvier 1790, auquel nous empruntons tous les renseignements sur le personnel.

(***) Estimés par Lebrun à 2.400 livres pour les six, année commune.

de *commissaires du roi à la visite des usines, des bouches à feu et des forêts du royaume*, paraissent avoir été créés en vue d'amener des améliorations dans le fonctionnement des usines à feu, notamment afin d'obtenir des économies de combustibles et le remplacement du bois par la houille et le coke ; on se préoccupait assez sérieusement alors de l'épuisement des forêts. Ces fonctions de commissaires spéciaux furent attribuées à E. de Dietrich (*) et à Faujas de Saint-Fond (**).

Tout ce personnel, ainsi que celui de l'École, était en fonction en 1790.

Lebrun, au nom du comité des finances, avait proposé à l'Assemblée nationale, dans sa séance du 5 juin 1790, la fusion du corps des mines avec celui des ponts et chaussées. Dans sa séance du 15 août 1790, l'Assemblée n'accepta pas la proposition au fond ; elle se borna à la suspension provisoire du service, en renvoyant l'affaire aux comités réunis d'agriculture, de commerce

(*) Le baron E. de Dietrich, qui fut maire de Strasbourg en 1790, 1791 et 1792, et devait être une des victimes du régime de la Terreur, a rendu compte de ses fonctions de commissaire par la publication de son très intéressant ouvrage, encore utile à consulter aujourd'hui : *Description des gîtes de minerai et des bouches à feu... du royaume*, 3 vol. in-4° ; le premier, de 1786, est consacré aux Pyrénées ; le deuxième, de 1788, est relatif à la haute et à la basse Alsace ; le troisième, publié seulement en l'an VII (1799), mais écrit dès 1788, concerne la Lorraine méridionale.

E. de Dietrich, en tant que commissaire, touchait, d'après le rapport de Lebrun, 6.000 livres d'appointements et 3.000 livres de frais de voyage, soit 9.000 livres.

(**) Faujas de Saint-Fond avait 4.000 livres d'appointements et 2.000 livres de frais de voyage, sans compter une pension de 6.000 livres, comme aide-naturaliste au Jardin du Roi.

Né le 17 mai 1741, mort le 18 juillet 1819, Faujas de Saint-Fond fut un des premiers en France, avec Dolomieu, à présenter des observations neuves sur les volcans et les roches éruptives ; il occupa la première chaire de géologie créée au Muséum ; il se retira en 1818 et eut pour successeur Cordier.

et d'industrie. L'affaire ne fut pas reprise et il ne fut rien statué par l'Assemblée constituante sur la réorganisation du département et de l'administration des mines. A la suite d'une pétition des officiers et élèves des mines, du 29 octobre 1791, une loi du 27 janvier 1792 (*) prescrivit le paiement de leurs appointements pour 1791, et décida qu'ils continueraient à être soldés provisoirement jusqu'à l'époque où il serait prononcé définitivement sur l'organisation de ce corps, qui ne devait être réalisée qu'en 1794, par la Convention.

(*) Publiée par M. Lamé Fleury, dans *Législ. minér. sous l'ancienne monarchie*, p. 192.

CHAPITRE II.

L'ÉCOLE DES MINES A LA MONNAIE.

(1783 — 1790)

L'arrêt du Conseil du 19 mars 1783 sur l'École des mines stipule bien, dans son préambule, « que Sa Majesté a résolu d'établir une école des mines à l'instar de celle qui a été établie avec tant de succès, sous le règne du feu roi, pour les ponts et chaussées » ; mais dans le corps de l'arrêt il semble qu'il soit moins question de la création même d'une école que du recrutement d'un personnel par la voie d'un enseignement déterminé. Aux termes de l'arrêt, en effet, deux professeurs devaient être nommés pour enseigner les sciences relatives aux mines et à l'art de les exploiter (art. 1). Ces sciences devaient comprendre, d'après l'article 2 : « la chimie, la minéralogie, la docimasie, la physique, la géométrie souterraine, l'hydraulique et la manière de faire avec le plus de sûreté et d'économie les percements et de renouveler l'air dans les mines pour y entretenir la salubrité, enfin les machines nécessaires à leur exploitation et la construction des fourneaux ». Le cours des études devait durer trois ans, du 1er novembre au 1er juin, à raison de trois leçons par semaine, de trois heures chacune, de chacun des deux professeurs (art. 3).

Les élèves ne pouvaient être admis qu'à seize ans accomplis, en justifiant qu'ils étaient suffisamment instruits de la géométrie, du dessin et des principes élémentaires de la langue allemande (art. 4).

Chaque élève devait subir tous les ans deux examens, l'un sur la théorie et l'autre sur la pratique, et à la fin du mois de mai de chaque année un examen général

(art. 5 et 6). Les élèves qui s'étaient distingués par leur application et leur intelligence étaient envoyés dans les principales exploitations pour y rester, pendant les cinq mois de vacances, à s'instruire de tous les objets relatifs à la pratique des travaux (art. 7) ; les concessionnaires de mines étaient chargés de l'entretien des élèves envoyés chez eux, à raison de 60 livres par mois (art. 8), et ils devaient donner des certificats sur leur conduite et leur travail (art. 9).

Les élèves qui, après trois ans d'études, avaient convenablement satisfait aux examens et aux conditions de stage sur les exploitations, recevaient le brevet de sous-ingénieur des mines (art. 10) ; ce brevet ne conférait pas *de plano* le droit d'être nommé inspecteur ou sous-inspecteur du Gouvernement, mais sans lui, nul ne pouvait être nommé désormais à ces postes (art. 11) (*).

Enfin l'arrêt (art. 12) affectait une somme annuelle de 3.000 livres, pour créer 12 bourses, de 200 livres chacune, « en faveur des enfants des directeurs et des principaux ouvriers des mines, qui n'auraient pas assez de fortune pour les envoyer étudier à Paris, le surplus devant être employé à distribuer des prix à ceux qui auront été jugés les plus capables à l'examen général ».

Il est curieux de relever dans cette première charte de fondation, si rudimentaire qu'ait été relativement notre première école, des règles analogues à celles qui ont persisté pendant bien longtemps et dont plusieurs persistent encore : durée de l'instruction de trois ans, coupée chaque année en deux périodes : l'une d'enseignement théorique par des leçons, l'hiver ; l'autre d'entraînement pratique, l'été, par des voyages et des stages sur les exploitations ; mélange d'élèves destinés au service du Gouvernement et à celui de l'industrie privée ;

(*) V. la note 2 de la page 454.

il n'est pas jusqu'à la clause de faveur concernant les fils de directeurs dont on ne retrouve la trace dans une clause de portée analogue, que nous aurons à signaler plus tard, et qui a subsisté officiellement jusqu'en 1883.

L'arrêt rendu, il s'agissait de l'appliquer. Sage, qui avait été nommé directeur de l'École, devait être l'un des deux professeurs ; Guillot-Duhamel père, l'autre. Sage paraît avoir rencontré tout d'abord quelques difficultés pour installer son école. Heureusement pour lui, à la fin de 1783, de Calonne était aux finances, et, comme la dépense ne lui répugnait pas, il obtint du roi une subvention grâce à laquelle Sage fit faire à l'hôtel des Monnaies, non sans un luxe qui lui fut vivement reproché par Lebrun dans ses rapports à l'Assemblée constituante (*), les installations nécessaires pour établir un laboratoire et surtout pour disposer, sur les plans d'Antoine, qui venait de reconstruire l'hôtel des Monnaies, les collections soi-disant destinées à l'enseignement de l'École. Ces collections, qui constituaient le *Cabinet de l'École des mines* et subsistèrent à l'hôtel des Monnaies jusqu'en 1824, étaient formées par le propre cabinet de Sage, que celui-ci avait cédé au roi, moyennant une rente viagère de 5.000 livres (**).

(*) Sage rapporte dans deux de ses brochures (*Notice biographique*, *Origine de la création de l'École royale des mines*) que la dépense de 40.000 francs aurait été soldée par un don à lui personnellement fait par Louis XVI pour avoir retiré 440.000 francs de vieilles dorures dont on n'avait offert au roi que 20.000 écus. Monnet, dans son manuscrit, dit que la subvention aurait été de 50.000 écus. Lebrun, dans son rapport à l'Assemblée constituante du 29 janvier 1790, a fixé la décoration du cabinet de Sage à 162.000 livres, sur lesquelles 36.000 livres étaient encore dues à cette date.

(**) Cette rente, à raison de son origine, fut confirmée par la loi du 1er mai 1791, relative à la liquidation des gages arriérés (V. Lamé Fleury, *Législ. minér. sous l'ancienne monarchie*, p. 196, note 2).

Sage a fait imprimer et a publié la *Description méthodique du cabinet de l'École des mines* (1784, 1 vol. in-8°), avec un supplément en 1787, qui a été considérée ultérieurement comme constituant l'inventaire des collections cédées au roi contre pension. Sage, en effet, continua par la suite à augmenter les collections de la Monnaie, mais plutôt d'objets d'ornement que d'échantillons ayant une valeur scientifique.

Sage (*) enseignait la minéralogie et la chimie docimasique ou métallurgique ; Guillot-Duhamel l'exploitation des mines et la géométrie souterraine ; en outre, il était *démonstrateur*, suivant l'expression de l'époque, des machines et appareils utilisés dans les mines et usines (**), c'est-à-dire que Guillot-Duhamel, comme il l'indique lui-même dans ses manuscrits, enseignait l'art du mineur et du métallurgiste. C'étaient là les deux professeurs prévus à l'arrêt organique de 1783. Mais, dès que l'École commmença à fonctionner, on leur adjoignit un professeur de dessin et tracé de plans et un professeur de mathématiques. On donnait, en outre, aux élèves des leçons de physique et de langues étrangères.

L'établissement où les élèves devaient être plus spécialement envoyés, pour l'étude de la pratique, était celui de Poullaouen, dont le directeur Brottemann était considéré comme le professeur de pratique de l'École, et recevait de ce chef 2.400 livres d'appointements.

Ce que devait être l'enseignement de Sage, on en peut juger par ses publications diverses et notamment par son ouvrage : *Analyse chimique et concordance des trois règnes* (Paris, 1786, 3 vol. in-8°), qu'il nous dit être la reproduction de son cours. En minéralogie on n'y trouve qu'une énumération de minéraux ou de roches, distin-

(*) Sage touchait comme professeur 5.000 livres, en outre de son traitement de 6.000 livres comme commissaire pour l'essai des métaux et minéraux, et de la pension viagère de 5.000 livres pour la cession de son cabinet, au total 16.000 livres au compte du département des mines.

(**) Duhamel avait fait établir, sur ses dessins, des modèles d'appareils, qui figuraient dans les collections de l'École.

gués entre eux par des caractères extérieurs superficiels, insuffisants ou mal compris, sans trace des classifications méthodiques que la cristallographie de Haüy et la chimie nouvelle allaient permettre (*); en chimie et en docimasie, l'indication des recettes alors connues dans les laboratoires sans aucune véritable théorie scientifique pour les expliquer et les relier entre elles.

L'enseignement de Guillot-Duhamel en matière d'exploitation de mines peut être réputé, au contraire, avoir été aussi substantiel que le comportait l'art des mines à cette époque, si l'on en juge par son manuscrit de l'*Art du mineur* dont il a été antérieurement parlé (V. p. 443, note 1). N'ayant plus son manuscrit de l'*Art du métallurgiste*, nous ne pouvons aussi bien juger la nature et la portée de son enseignement métallurgique. Tous les témoignages rendus plus tard en sa faveur, par ceux qui avaient été ses élèves ou qui l'avaient connu, nous permettent de croire que, dans cette autre branche de l'enseignement, il fut à la hauteur de la grande réputation qu'il s'était acquise comme métallurgiste, en pratiquant de 1764 à 1775 (**).

Parmi les professeurs secondaires Sage (***) a indiqué : Charles pour la physique, Prud'homme pour la géométrie, Miché pour le dessin et l'architecture pratique (****), l'abbé

(*) La minéralogie de Sage, malgré les indications données dès 1781 par Haüy, continua à abonder dans ces *schorls*, où l'on rangeait pêle-mêle toutes les espèces fusibles se présentant sous une apparence grossièrement prismatique, et ces *zéolithes*, réunion non moins disparate et hétérogène qui comprenait toutes les espèces donnant une gelée à l'attaque aux acides.

(**) Cuvier, dans l'éloge historique qu'il a consacré à Duhamel (*Éloges historiques*, t. III), a donné des renseignements circonstanciés sur les résultats remarquables que celui-ci avait obtenus dans les forges dirigées par lui, notamment pour la fabrication de l'acier.

(***) *Exposé des effets de la contagion nomenclative*, br., 1810, p. 33-34.

(****) Miché, né à Paris le 5 avril 1755, mort ingénieur en chef

Clouet pour l'allemand et l'anglais ; nous retrouverons plus tard ces deux derniers.

Monnet paraît dire dans un de ses manuscrits, plus qu'il ne le mentionne explicitement, qu'Hassenfratz, dont nous aurons tant à parler plus tard, qui avait été nommé sous-inspecteur des mines le 1er janvier 1785, a également enseigné à l'école de Sage. Une note conservée dans les archives de l'École des mines indique, en effet, qu'il enseignait la physique aux élèves des mines, en 1786. Le rapport de Lebrun fait à l'Assemblée constituante, le 29 janvier 1790, ne cite que l'abbé Clouet comme professeur titulaire de langues étrangères, aux appointements de 2.000 livres, et Charles pour l'enseignement de la physique, avec gratification de 600 livres (*).

Il y avait, en outre, un secrétaire-garde des collections, Trumeau de Vozelles, un sous-garde et un personnel de gens de service. Au total, d'après le décompte de Lebrun dans son rapport à l'Assemblée constituante, l'école de Sage entraînait une dépense de 26.800 livres, non compris les traitements touchés par Sage et Duhamel, en dehors de leurs allocations comme professeurs (**).

des mines à Amiens, le 19 mars 1820, s'était donné à l'architecture et était inspecteur des bâtiments lorsqu'à la formation de l'École de Sage il y entra pour être nommé ingénieur six mois après ; dès son entrée il était chargé de l'enseignement du dessin, puis plus tard d'un cours d'architecture pratique.

Miché a publié, en 1812, une *Nouvelle architecture pratique*, 1 vol. in-8°. Il avait orné les salles de la collection de minéralogie, à la Monnaie, de nombreux dessins qui s'y trouvaient encore lors de la mort de Sage, en 1824.

(*) Mais ce rapport indique que deux élèves donnant des leçons à leurs confrères recevaient de ce chef 200 livres d'indemnité chacun.

(**) Sage (*Fondation de l'École royale des mines à la Monnaie*) a dit que « les dépenses de l'École ne montaient, pour les douze élèves, les professeurs, les gardes conservateurs, les frais d'expériences et d'entretien, qu'à 21.400 francs. » Les chiffres de Lebrun nous paraissent plus officiels. Monnet (ms: *Essai histo-*

Dès la fin de 1783, ou tout au moins aux débuts de 1784, l'École était en fonctionnement régulier. Une première promotion de huit élèves y avait été admise. Mais, contrairement aux clauses de l'arrêt de 1783, les élèves paraissent avoir été tous brevetés après une seule année de cours (*). Dans cette première promotion se trouvaient Lelièvre et Lefebvre d'Hellancourt, qui vont jouer pendant tant d'années le rôle le plus important dans l'histoire de notre administration des mines et de nos écoles. Une autre promotion entra à l'École en 1786, composée de 21 élèves, dont 9 surnuméraires, et après une année de cours également, 10 d'entre eux sortaient brevetés.

Ces élèves surnuméraires étaient ceux qui ne touchaient pas l'indemnité annuelle de 200 livres réservée aux douze élèves titulaires, ou stipendiés comme les appelle Sage, par suite d'une application quelque peu détournée de la disposition formant l'article 12 de l'arrêt organique de 1783 (**).

Les élèves de l'École des ponts et chaussées étaient en outre tenus de suivre, à l'hôtel des Monnaies, le cours de chimie et de minéralogie de Sage; ils accroissaient ainsi le nombre des auditeurs, sinon effectivement présents, du moins que le vaniteux professeur pouvait s'attribuer.

A partir de 1787, il n'y aurait plus eu de nouveaux élèves admis à l'École; mais ceux entrés antérieurement

rique sur les mines) indique 20.400 livres, mais avec un décompte certainement erroné, puisqu'il attribue 600 livres à 20 élèves.

(*) Tous les renseignements sur le mouvement des élèves de l'École de Sage sont extraits d'un rapport officiel de Dufrénoy, de 1834, sur l'historique de l'École des mines; mais nous n'avons pas su retrouver les documents originaux d'après lesquels Dufrénoy a pu donner ces indications.

(**) Sage (br. : *Fondation de l'École royale des mines*) dit que le traitement des élèves stipendiés était de 500 francs et leur indemnité de voyage de 200 francs; nous croyons qu'il commet une confusion.

ont dû y rester en partie au delà du temps normal, puisque la loi précitée du 27 janvier 1792 règle rétroactivement, tant pour 1790 que 1791, pour six élèves, l'indemnité annuelle de 200 livres. Cet arrêt dans le fonctionnement de l'École a coïncidé avec le départ de Douet de La Boullaye et la disparition de l'intendance spéciale des mines. Le besoin des économies se faisait sentir, et Chaumont de La Millière, dernier intendant des mines et des ponts et chaussées, était un administrateur trop soigneux pour ne pas essayer d'enrayer les prodigalités qu'on reprochait à Sage et à l'administration de Douet de La Boullaye. Dans son rapport du 29 janvier 1790, au nom du comité des finances, après avoir détaillé la dépense du département des mines, qui se montait à 140.800 livres (*), après avoir rappelé l'historique des créations successives de Sage à la Monnaie, Lebrun terminait en disant : « La dépense de l'établissement a été calculée pour un autre royaume que la France, pour la Suède, par exemple, ou pour l'Espagne, dont les mines constituent une grande partie de la richesse publique; mais chez un peuple agricole, les mines ne peuvent être qu'objet de police et d'inspection; on doit à cette partie protection, encouragement, instruction, sans faste et sans magnificence; l'intérêt particulier fera le reste. D'après les principes adoptés par le comité des finances, l'établissement des mines doit être réduit au simple nécessaire; l'administrateur actuel, Chaumont de La Millière, l'avait considéré sous le même point de vue, et le comité se fait un devoir de lui rendre la justice d'annoncer qu'il ne proposera presque point d'économie qu'il n'eût lui-même indiquée. »

Quelques mois après, à la séance du 5 juin 1790, Lebrun exposait le plan du comité des finances, qui consis-

(*) Non compris les appointements de l'intendant.

tait à supprimer le corps et l'École des mines et à les fusionner avec le corps et l'École des ponts et chaussées, que l'on proposait seule de maintenir. « Un objet d'économie nous a frappés, disait Lebrun (*) ; on a très nouvellement établi une École des mines avec un grand appareil et de grandes dépenses ; le nombre des élèves est peu considérable ; après avoir pris à l'École des instructions théoriques, ils vont chercher dans les provinces à mettre ces connaissances en pratique ; mais les ateliers obscurs dans lesquels ils voudraient se perfectionner leur sont ouverts ou fermés selon le caprice des propriétaires. Le comité a pensé que tout ce qui a rapport aux travaux des mines devait se lier aux études nécessaires pour les ponts et chaussées ; qu'il serait intéressant pour les départements de trouver dans le même homme, dans un homme occupé par état de fouilles de terre et de constructions souterraines, les lumières nécessaires soit pour constater l'existence des mines, soit pour en éclairer l'exploitation. » Ce plan se reliait avec celui présenté le 20 août 1790 pour la réorganisation du Jardin des Plantes (**). On devait y transporter tout le cabinet des mines de l'hôtel des Monnaies, et le professeur de chimie du Jardin des Plantes devait y faire désormais un cours de métallurgie.

Ni l'un ni l'autre de ces plans ne devaient être adoptés par l'Assemblée constituante. Les officiers des mines avaient présenté à l'Assemblée constituante, le 4 juin 1790, un mémoire (***) pour établir la différence des fonctions entre les ingénieurs des mines et ceux des ponts et chaussées, et par suite les différences de l'instruction professionnelle qui leur était respectivement nécessaire. De leur côté, les officiers du Jardin des Plantes avaient

(*) *Archives parlementaires*, t. XVI, p. 112.
(**) *Archives parlementaires*, t. XVIII, p. 176.
(***) *Archives parlementaires*, t. XVI, p. 99.

opposé au plan du comité des finances une organisation toute différente, beaucoup plus développée, mais où il n'était pas question de chaire de métallurgie (*). Dans sa séance du 15 août 1790, l'Assemblée constituante se borna à suspendre provisoirement le fonctionnement d'une partie du département des mines et remit à statuer après rapport des comités réunis d'agriculture, du commerce et d'instruction.

Lorsque Regnault d'Epercy présenta, le 20 mars 1791, avec son rapport, le projet qui devait devenir la loi sur les mines du 28 juillet 1791, il fit observer, à la fin de son travail, qu'il n'était question, dans le projet, ni de l'administration des mines, ni de l'École, parce que ces questions devaient faire l'objet d'un rapport et d'un projet particulier dont il annonçait que l'Assemblée serait incessamment saisie (**).

Il n'en fut rien, et l'Assemblée constituante se sépara sans avoir, par suite, rien statué sur la réorganisation du corps et de l'École des mines. En tout cas, en réorganisant le corps et l'École des ponts et chaussées par la loi du 19 janvier 1791, l'Assemblée laissa le personnel et l'instruction relatifs aux ponts et chaussées, absolument distincts, comme auparavant, de tout ce qui touchait au fait des mines (***). Le corps des mines continua à avoir l'existence de fait que reconnut la loi du 27 janvier 1792, en prescrivant la continuation de leurs traite-

(*) *Archives parlementaires*, t. XVIII, p. 185.
(**) « Vous verrez avec satisfaction, messieurs, disait Regnault d'Epercy, à la fin de son rapport, que vous pouvez employer utilement, pour l'intérêt public, ces hommes éclairés et instruits qui faisaient partie de l'ancienne administration. Vos comités se plaisent à leur rendre cette justice : c'est à eux qu'ils doivent principalement tous les renseignements qui leur sont parvenus sur l'exploitation des mines. » (*Arch. parlem.*, t. XXIV, p. 223).
(***) La loi de dépenses pour 1791, du 18-25 février 1791, fait mention d'une allocation de 7.000 livres pour l'École des mines.

ments aux officiers des mines alors existants, y compris les élèves (*).

Telles sont les circonstances dans lesquelles s'éteignit en fait, en tant qu'institution d'enseignement, sans avoir été jamais légalement supprimée (**), l'École fondée par Sage. Lui-même n'allait, du reste, pas tarder à être jeté en prison (***). L'établissement fut matériellement respecté et les collections laissées intactes. Sous la Convention, le comité des finances avait bien prescrit leur transfert au Muséum ; mais il n'y fut pas donné suite à cause apparemment des contestations qui s'élevèrent sur leur répartition entre le Muséum d'une part, l'École polytechnique et l'agence des mines, d'autre part, qui tous en réclamaient une partie pour leurs collections.

Dès le début du Consulat, Sage était rétabli à la Monnaie au milieu de sa collection, et tous les *Almanachs*, depuis celui de l'an X jusqu'à celui de 1824, année de sa mort, contiennent une notice sur le *Musée des mines* à la Monnaie, où l'on reconnaît bien la plume dithyrambique de Sage, dès qu'il parlait de lui ; la notice descriptive se termine par la mention : Sage, administrateur et professeur. Quel cours pouvait-il faire et quels auditeurs pouvaient le fréquenter? C'est ce qu'il serait bien inutile de rechercher.

A la mort de Sage, en 1824, l'État revendiqua, comme lui appartenant en vertu de la cession faite au roi, moyennant pension, tous les minéraux, roches et objets décrits

(*) L'*Almanach royal* de 1792 contient, comme les précédents, la mention des cinq inspecteurs généraux des mines et la notice des almanachs antérieurs relative à l'Ecole des mines de la Monnaie.

(**) C'est pourquoi Sage, en 1824, se parant encore du titre de professeur que personne ne songeait à lui discuter, se prévalait d'un enseignement à peu près ininterrompu, suivant lui, pendant près d'un demi-siècle.

(***) « Je ne parvins à obtenir la vie et la liberté qu'en donnant 1.000 louis. » (Sage, *Origine de la création de l'École royale des mines*, br., 1813, p. 5.)

dans le *Catalogue* édité et imprimé en 1787 ; l'État consentit à laisser aux héritiers Sage tous les autres objets placés dans les collections, et que rien de particulier n'établissait être propriété domaniale. L'École des mines de Paris, à laquelle cette collection paraissait devoir revenir en entier à raison de son origine, reçut en 1825, à la suite de longues contestations, 3.000 objets, après que le Muséum eut été admis à prélever 466 échantillons, malheureusement pour l'École, choisis dans le peu que le cabinet de Sage contenait comme ayant une valeur scientifique. Les collections étaient faites à l'image de celui qui les avait formées, plus en surface qu'en profondeur, plus en objets de montre et d'apparat qu'en échantillons utiles à la science (*).

Les renseignements que nous avons donnés sur l'École de Sage montrent tout d'abord qu'elle n'a guère fonctionné comme l'avait prévu l'arrêt du Conseil de 1783. Au lieu d'un enseignement de trois ans, la plupart des élèves n'ont reçu d'enseignement que pendant un an ; cet enseignement paraît, d'autre part, avoir été très rudimentaire et surtout peu fortifié par l'étude sur place des mines et usines. Aussi s'explique-t-on — bien qu'il en soit sorti quelques membres distingués de notre premier corps des mines, y ayant occupé les plus hautes situations — que l'École de Sage n'ait pas joui d'un grand renom auprès des contemporains (**). Sage n'était pas un Per-

(*) Parmi les objets venus du cabinet de la Monnaie, se trouve à l'École des mines le buste en bronze de Sage, par Ricours, du reste fort beau, qui se voit aujourd'hui dans la collection de minéralogie, sur son ancien piédestal, couronné par l'inscription : *discipulorum pignus amoris*. Monnet élève quelques doutes sur la spontanéité mise par les élèves à offrir ce buste à leur directeur.

(**) Nous ne faisons pas là allusion à Monnet, qui naturellement déclare que les élèves ne savaient rien et ne pouvaient se placer dans l'industrie ; pour Monnet, des élèves de Sage et de Guillot-Duhamel ne pouvaient être que des ignares. Mais Fourcroy, dans son rapport du 3 vendémiaire an III sur l'École cen-

ronet; ce que celui-ci a su faire pour les ponts et chaussées, celui-là ne réussit pas à l'établir pour les mines. Leurs créations ont été très dissemblables et semblent chacune porter leur empreinte personnelle. L'un, doué d'un rare talent d'ingénieur et d'administrateur, était un homme d'une modestie peu commune; l'autre fut un vaniteux d'assez courte science. Or, l'œuvre qu'il avait tentée offrait des difficultés peut-être encore plus grandes que celles dont avait été chargé Perronet.

Il est juste toutefois de reconnaître que les temps et les circonstances ont peu favorisé l'œuvre créée par Sage. A peine l'École commençait-elle à fonctionner, tous les principes sur lesquels reposait, en France, le régime de l'exploitation des mines allaient être renversés. La loi si malheureuse du 28 juillet 1791, qui venait de livrer toutes les exploitations minérales au gaspillage des propriétaires du sol, avait absolument omis de poser la moindre indication sur la police des mines; tout ce qui touchait à l'administration des mines était décentralisé et mis à peu près exclusivement dans les mains des directoires de départements. A quoi aurait pu servir une École des mines dans de telles conjonctures? Il fallait d'abord qu'on revînt sur le mode d'interprétation et par suite d'application de la loi de 1791 pour qu'on sentît le besoin de sortir du chaos où l'on resta plusieurs années en fait d'exploitation de mines tant soit peu rationnelle. Comme en bien d'autres sujets, l'Assemblée constituante n'a fait que démolir; il appartenait à la Convention et au Directoire d'édifier à nouveau.

---

trale des travaux publics, qui devait devenir l'École polytechnique, a jugé d'une façon assez sévère l'École de Sage, peut-être même plus sévèrement qu'elle ne méritait de l'être. Fourcroy avait, en effet, une forte prévention contre Sage, qui l'a accusé d'être l'auteur de son incarcération sous la Convention (*Mémoires historiques et physiques*, 1817, p. 74).

CHAPITRE III.

L'ÉCOLE DES MINES A L'HOTEL DE MOUCHY.

(1794 — 1802).

Le Comité de Salut public, dans son désir d'utiliser toutes les ressources dont la France pouvait disposer pour sa défense, n'avait pas perdu les mines de vue. A la commission des armes et poudres ressortissait spécialement tout ce qui touchait à leur exploitation. Par sa situation au milieu des puissants du jour, Hassenfratz (*) jouissait d'un grand crédit auprès du Comité

(*) Nous avons déjà rencontré Hassenfratz mêlé, à titre relativement secondaire, à l'École de Sage. A l'époque où nous sommes arrivé son rôle prend une réelle importance, et il convient de faire plus ample connaissance avec lui.

Né à Paris le 20 décembre 1755, mort le 26 février 1827, Hassenfratz s'était adonné de bonne heure à l'étude de la chimie et avait été, ainsi que Adet, que nous retrouverons à l'agence des mines, préparateur dans le laboratoire de Lavoisier. Sous-inspecteur des mines en 1785, il publiait en 1787, avec Adet, une nouvelle notation chimique à la suite de la nomenclature de Guyton de Morveau, Lavoisier, Fourcroy et Berthollet. Dès le début de la Révolution, Hassenfratz se lança avec ardeur dans les idées nouvelles. Membre du club de 1789, puis membre important du club des Jacobins, il fut un intime de Danton et prit une part active à la journée du 10 août 1792. Il a siégé dès le début à la Commune de Paris, dont il fut un des membres relativement modérés. En 1792, il était chargé, sous Bouchotte, comme premier commis, de la direction du matériel de la guerre.

Entré dans le corps des mines comme inspecteur à la reconstitution de 1794, il devait, à l'ouverture des cours de l'École des mines, donner des leçons de coupe des pierres et des bois et professer la minéralogie et la géographie physique. Mais le jacobin dominait chez lui, et il quitta ses élèves pour diriger les faubourgs contre la Convention aux journées des 12 germinal et 1er prairial an III (1er avril et 20 mai 1795). Renvoyé devant le

qui l'écoutait volontiers, notamment au sujet des mines. Il avait employé les anciens inspecteurs et fait envoyer notamment Monnet en mission sur des mines de houille. Ce serait, suivant Monnet, d'après les conseils d'Hassenfratz que le Comité de Salut public aurait créé l'*Agence des mines* qui allait réorganiser le corps des mines et l'École.

---

tribunal d'Eure-et-Loir par décret de la Convention du 5 prairial (24 mai 1795), il ne put revenir à Paris qu'après l'amnistie du 4 brumaire an IV (26 octobre 1795).

A partir de ce moment, Hassenfratz paraît avoir renoncé à tout rôle politique et il ne s'occupa guère plus que d'enseignement.

Il avait déjà professé un cours d'administration militaire à l'École de Mars. Mais son véritable enseignement fut celui qu'il donna à l'École polytechnique et surtout à l'École des mines.

A l'École polytechnique il a professé la physique et la physique céleste dès l'organisation régulière de l'enseignement en 1795; son *Cours de physique céleste* a été publié en 1803 (1 vol. in-8).

A l'École des mines de Paris, ses premières leçons l'amenèrent à publier un *Cours de minéralogie* en 1796 (1 vol. in-8), et un *Traité de l'art du charpentier* (1804, in-4°).

En 1796, il commença à professer la métallurgie qu'il devait continuer à enseigner sans interruption pendant vingt-six ans jusqu'à sa mise à la retraite en 1822, à l'âge de soixante-sept ans.

Le gouvernement de la Restauration, contrairement aux renseignements donnés par la plupart des biographies, le laissa, en effet, sept ans, malgré ses antécédents révolutionnaires, dans ses fonctions d'inspecteur divisionnaire des mines et de professeur à l'École des mines.

Arago, dans ses mémoires, s'est beaucoup amusé à ses dépens; il l'a représenté comme un des professeurs de l'École polytechnique au-dessous de sa tâche et partant sans autorité ni crédit auprès des élèves. Par la variété des matières sur lesquelles il a enseigné on ne peut lui contester une grande souplesse d'intelligence. Au jugement de critiques compétents son enseignement métallurgique n'était pas sans valeur. Son ouvrage principal en ces matières a été sa *Sidérotechnie* (4 vol. in-4°, 1812); il a donné, en outre, un *Traité de l'art de calciner les pierres calcaires* (1825, in-4°).

Par un arrêté du 1er juillet 1794 (13 messidor an II) (*), le Comité de Salut public créait, sous l'autorité de la commission des armes et poudres d'abord, puis sous son autorité directe en vertu de la loi du 24 août 1794 (7 fructidor an II), une agence des mines qui devait être composée de trois membres nommés par le Comité de Salut public.

L'agence des mines avait sous sa direction immédiate le corps des mines composé d'inspecteurs, d'ingénieurs et d'élèves dans les conditions fixées par un arrêté subséquent du 6 juillet 1794 (18 messidor an II); l'agence pouvait correspondre directement avec tous les concessionnaires et exploitants de mines, ce qui lui assurait en quelque sorte une administration directe du service. Un arrêté du 24 messidor an II (12 juillet 1794) mit à la disposition de l'agence des mines, afin d'y établir ses bureaux et dépendances, l'hôtel de Périgord, ou pour employer le langage du temps la maison Périgord, située rue de l'Université et contiguë à l'hôtel de Mouchy, en même temps qu'un arrêté du même jour lui remettait cet hôtel pour y établir l'École des mines et la conférence des ingénieurs.

L'agence fut constituée immédiatement avec Gillet de Laumont, Lefebvre d'Hellancourt et Dabancourt qui, un mois après, était remplacé par Adet (**), remplacé lui-même, le 22 septembre 1794, par Lelièvre.

(*) Les actes officiels principaux de la période intermédiaire ont été publiés par M. Lamé Fleury, dans le tome II de son *Recueil des lois, décrets, ordonnances... concernant le service des ingénieurs des mines* (2 vol. in-8, 1856-1857).

(**) En parlant d'Hassenfratz dans la note de la page 471, nous avons signalé Adet, né à Nevers le 18 mai 1763, qui avait été avec lui préparateur chez Lavoisier, avait publié avec lui, à la suite de la nouvelle nomenclature chimique, un nouveau système de notation chimique et était secrétaire des *Annales de chimie* fondées en 1789. Adet a été par la suite Envoyé de la République aux États-Unis, puis préfet à Nevers.

Lelièvre (*), Gillet de Laumont (**) et Lefebvre d'Hellancourt (***) allaient pendant de longues années jouer un rôle prépondérant dans l'administration des mines. Nous dirons leur rôle spécial dans la création et le fonc-

(*) Lelièvre, né à Paris le 28 juin 1752, mort le 18 octobre 1835, était entré à l'École des mines de Sage à la première promotion de 1783; le 24 juin 1784, il sortait breveté. Au moment de la réorganisation du corps, en 1794, avant d'être placé dans l'agence, il était chargé d'essais au laboratoire de la Monnaie, et faute de charbon il lui arrivait parfois de n'y pouvoir procéder; mais son extrême habitude de la minéralogie lui permettait souvent de faire connaître son opinion d'après les caractères minéralogiques de la substance.

Son habileté pour la détermination des minéraux était exceptionnelle; Haüy, qu'il a beaucoup aidé à ce point de vue, s'est fait un plaisir de le reconnaître.

Dès la réorganisation de l'Institut, en 1795, il fit partie de la classe des sciences mathématiques et physiques, et plus tard de l'Académie des sciences.

(**) Gillet de Laumont, né à Paris le 28 mai 1747, mort à Paris en 1835, la même année que son collègue Lelièvre, était capitaine commandant aux grenadiers royaux, qu'il quitta en 1784 pour se livrer plus complètement à l'étude de la minéralogie avec les savants qui cultivaient alors cette science, et la même année il était nommé inspecteur des mines.

Il a fait partie de la nouvelle Académie des sciences depuis sa création.

(***) Lefebvre d'Hellancourt, né en 1759, mort le 9 janvier 1813, allait entrer dans le génie lorsque fut créée, en 1783, l'École de Sage. Il fut de la première promotion de cette école avec son collègue Lelièvre; il en sortait breveté avec lui en 1784.

On attribue à Lefebvre d'Hellancourt la rédaction des deux instructions ministérielles qui ont commenté les lois de mines des 28 juillet 1791 et 21 avril 1810; la première est la célèbre instruction signée par Chaptal, à la date du 7 juillet 1801 (18 messidor an IX), qui, on le sait, pour rendre applicable la loi de 1791, dut en donner une interprétation consistant presque en une transformation; l'autre instruction, encore plus connue, est notre instruction du 3 août 1810. Peut-être trouverait-on dans cette communauté d'origine l'explication de certaines erreurs contenues dans l'instruction de 1810, qui donne parfois des règles exactes dans le système de la loi de 1791, mais inconciliables avec celui de la loi de 1810.

tionnement de l'École. Comme membres de l'agence des mines, puis comme membres du conseil des mines, qui remplaça l'agence, sous le Directoire, à partir de la loi du 22 octobre 1795 (30 vendémiaire an IV), ils ont tous trois administré en réalité directement le département des mines jusqu'à ce que le gouvernement ait repris quelque autorité sous le Consulat; leur influence est ensuite restée prépondérante auprès de l'administration supérieure jusqu'à la réorganisation du service qui suivit la loi du 21 avril 1810 et le décret du 18 novembre 1810. Si à partir de cette réorganisation, ils n'ont plus eu une part aussi directe dans l'administration, ils ont conservé jusqu'au début du gouvernement de Juillet une influence prépondérante dans le conseil général des mines, et surtout dans le conseil de l'École rétabli à Paris à partir de 1816, conseil qui, pendant toute cette période, administrait directement l'École. Lefebvre d'Hellancourt, mort en 1813, a été remplacé par Guillot-Duhamel fils, qui, autant par lui-même que par les traditions qu'il tenait de son père, mérite d'être réuni à Lelièvre et Gillet de Laumont. Tous trois restèrent à la tête des deux conseils jusqu'en 1832; Lelièvre, qui les présidait depuis leur création, et Gillet de Laumont se retirèrent à cette date, après y avoir siégé pendant 38 ans, et tous deux s'éteignirent, presque nonagénaires, dans la même année 1835.

Tous ceux qui ont été à même de connaître ces trois ancêtres, de recueillir des témoignages directs et autorisés sur leur administration (*), ont été unanimes à proclamer le souci profond de la justice et l'intégrité scrupuleuse avec lesquels, sans se laisser détourner par aucune influence étrangère, ils s'acquittèrent de leurs délicates fonctions au milieu des intrigues et des malver-

(*) Voir Notices nécrologiques : de Lelièvre, par de Bonnard, *Annales des mines*, 4e série, t. VII; de Gillet de Laumont, par Héricart de Thury, *Annales des mines*, 3e série, t. VI.

sations du Directoire. Hommes de bien, modestes, sans ambition aucune, tous trois ont rendu les plus grands services; ils ont été tous trois, dès l'aurore de l'organisation de notre administration, les dignes modèles de tous les sentiments qui ont fait depuis l'honneur et la force du corps des mines (*).

L'agence créée et constituée, un arrêté du Comité de Salut public du 6 juillet 1794 (18 messidor an II), en conformité de celui pris cinq jours auparavant, organisa le corps des mines et posa les bases de l'institution d'une nouvelle École des mines. Il devait y avoir, sous l'autorité de l'agence des mines, huit inspecteurs, douze ingénieurs subordonnés aux inspecteurs, et quarante élèves attachés aux inspecteurs et ingénieurs pour leur servir d'aides. La liste des premiers inspecteurs et ingénieurs devait être dressée par l'agence et approuvée par le Comité de Salut public; ils devaient être choisis parmi les anciens inspecteurs ou ingénieurs, ou parmi les directeurs des travaux de mines ou autres personnes ayant les connaissances nécessaires pour en remplir les fonctions (art. 2) (**).

(*) Monnet (ms. : *Essai historique sur les mines*) pense que le choix du Comité de Salut public s'était fait sur les indications de Hassenfratz qui, en plaçant dans l'agence deux de ses anciens élèves, Lelièvre et Lefebvre, espérait la dominer. En quoi, fait observer Monnet, il s'est bien trompé. Mais aussi quelle différence entre la modestie et la droiture des uns, l'agitation bruyante et la bassesse de l'autre!

Monnet, devant qui personne ne semble avoir trouvé grâce dans ses manuscrits, n'a pas un mot dur ou amer contre les trois membres de l'agence, encore qu'il leur fût subordonné.

(**) Cette première liste était ainsi constituée à la date du 6 octobre 1794 :

Inspecteurs : Guillot-Duhamel père, Monnet, Hassenfratz, Faujas de Saint-Fond, Schreiber, Vauquelin, Baillet du Belloy (1 place restée vacante que paraît avoir occupée Picot de la Peyrouse).

Ingénieurs : Guillot-Duhamel fils, Lenoir, Miché, Laverrière, Odalin, Giroud, Blavier, Anfry, Muthuon, Mathieu (de Valenciennes), Mathieu (de Moulins), Brongniart (Alexandre).

Les élèves devaient être nommés à la suite d'un examen public où l'on devait faire preuve de connaissances relatives à la métallurgie, à la docimasie et à l'exploitation des mines (art. 2).

En réalité, l'École que prévoyait l'arrêté n'était pas instituée à proprement parler pour les élèves déjà entrés dans le corps; ceux-ci étaient appelés à s'y former sous la conduite et la direction des ingénieurs et inspecteurs; l'École paraissait destinée plutôt aux personnes qui voulaient se familiariser avec les connaissances de l'art des mines et de la métallurgie et notamment aux jeunes gens qui désiraient concourir pour les places d'élèves des mines. En effet, d'après l'art. 17, les inspecteurs, qui devaient passer à Paris quatre mois d'hiver à partir du 30 vendémiaire, devaient, du 16 brumaire jusqu'au 14 pluviôse, faire dans la maison destinée à l'agence et à la conférence des mines, c'est-à-dire aux réunions bidécadaires des inspecteurs et ingénieurs (*), des cours publics et gratuits sur : 1° la minéralogie et la géographie physique (**); 2° l'extraction des mines; 3° la docimasie ou l'essai des mines; 4° la métallurgie ou le travail des mines en grand. Il de-

(*) Monnet (ms. : *Essai historique sur les mines*) dit que la conférence se réunissait les mercredi et dimanche et qu'on était mis à l'amende quand on manquait aux séances.

(**) Sous ce nom apparaît pour la première fois la science, encore à l'état plus que rudimentaire, qui allait bientôt devenir la géologie et dont la moindre trace ne paraît pas avoir existé dans l'école de Sage.

Le mot de géologie avait bien été employé antérieurement en France, mais avec un sens différent de celui qu'il devait avoir plus tard. Dans le mémoire des officiers du Jardin des Plantes annexé à la séance du 20 août 1790 (*Arch. parlement.*, t. XVIII, p. 185) de l'Assemblée constituante, on relève parmi les douze chaires dont on proposait la création, une chaire « pour un cours de géologie et pour l'instruction de naturalistes voyageurs ayant pour objet : la théorie générale du globe et plus particulièrement celle des montagnes, les notions topographiques nécessaires aux voyageurs pour reconnaître et recueillir les productions natu-

vait y avoir deux leçons par décade de chacun de ces cours. Ces cours étaient si peu faits pour les élèves entrés dans le corps, qu'il était spécifié (art. 18) que, pendant les quatre mois d'hiver passés à Paris par les inspecteurs et ingénieurs, les élèves devaient être envoyés sur une exploitation de mines pour y prendre des leçons de pratique. Les cours paraissaient donc destinés plutôt à ceux qui voulaient passer l'examen nécessaire pour être nommés élèves. L'agence, on le verra, comprit et appliqua l'arrêté sur un plan bien différent, à la fois plus ample et plus rationnel.

Pour établir l'École et la conférence des ingénieurs, l'arrêté du 24 messidor an II (12 juillet 1794) qui avait remis à l'agence l'hôtel Périgord pour son service propre, lui remit l'hôtel contigu de Mouchy, 293, rue de l'Université, affecté plus tard au dépôt de la guerre (*). L'agence devait y installer une bibliothèque, un laboratoire d'essais, des collections de modèles, un cabinet de minéralogie « contenant toutes les productions du globe et toutes les productions de la République rangées suivant l'ordre des localités (**) » (art. 19).

Pour aider à former les collections de la nouvelle institution, on mit à sa disposition la collection de minéralo-

relles des divers pays du monde, les instructions relatives aux gîtes de minerais, le dénombrement des richesses minérales propres aux quatre-vingt-trois départements de la France, et enfin l'art de préparer et de conserver toutes les productions de la nature ».

(*) Au milieu de 1814 seulement, comme nous le dirons par la suite, l'administration des mines abandonna l'hôtel de Mouchy. Il formait le n° 71 de la rue de l'Université avant le percement du boulevard Saint-Germain qui l'a fait disparaître. Sur la partie de son emplacement restée à l'administration de la guerre a été partiellement élevé le bâtiment du ministère en façade sur le boulevard.

(**) Il faut voir là l'origine des collections statistiques départementales qui figurent encore à l'École des mines avec un si grand développement.

gie de Guettard, par arrêté du Comité de Salut public du 26 fructidor an II (12 septembre 1794); les modèles et la bibliothèque de Dietrich, par arrêté du 28 fructidor an II (14 septembre 1794) (*). Un arrêté de la commission temporaire des arts du 28 brumaire an III (18 novembre 1794) avait également attribué à l'agence des mines une partie de la bibliothèque de Lavoisier sur la physique, la chimie, la minéralogie et la métallurgie; mais on sait que Mme Lavoisier put se faire restituer peu après tous les biens de son mari (**). La collection de minéralogie de Joubert fut, en outre, acquise après décès, par autorisation du Comité de Salut public du 9 frimaire an III (29 novembre 1794). Les collections de l'agence des mines avaient également reçu une part de divers cabinets saisis par le Comité de Salut public ou la commission temporaire des arts (***).

Toutefois les collections vraiment scientifiques ne paraissent pas avoir été jamais bien riches à l'hôtel de Mouchy. Le nombre des échantillons a fini par être relativement considérable, quelque 100.000 échantillons ou objets en 1814; mais ces collections consistaient presque exclusivement en suites assez peu méthodiques de roches, de produits de mines et d'usines, réunis par les inspecteurs dans leurs tournées ou envoyés par les exploitants et usiniers.

Le premier concours pour le choix des élèves eut lieu, suivant un arrêté du Comité de Salut public du 16

(*) Nous n'avons pu savoir si la collection de Guettard n'avait pas été restituée comme celle de Lavoisier. Celle de Dietrich, en tout cas, paraît avoir été retenue d'après les anciens catalogues conservés à l'Ecole.

(**) V. *Lavoisier*, par Ed. Grimaux, p. 312 et suiv.

(***) Les vieux catalogues de l'École portent la trace de ces acquisitions. On y voit notamment une suite de 500 échantillons indiqués comme provenant du cabinet du séminaire de Saint-Sulpice.

fructidor an II (2 septembre 1794), du 20 au 30 fructidor (6-26 septembre).

Les connaissances exigées étaient : 1° les éléments de géométrie jusque et y compris les sections coniques; 2° les éléments de statique; 3° l'art des projections, le levé et le dessin des plans; 4° des notions de physique générale et de chimie. L'arrêté rappelait cette règle, appliquée également aux examens de l'École polytechnique, que l'examinateur devait s'attacher moins à reconnaître les connaissances actuelles du candidat qu'à s'assurer de son intelligence. On voit, en tout cas, combien ce programme de culture scientifique générale différait du programme d'enseignement spécial sur lequel, d'après l'arrêté du 18 messidor précédent, auraient dû être interrogés les aspirants aux places d'élèves. L'Ecole, suivant un plan différent de celui de cet arrêté, mais plus rationnel, allait, en effet, fonctionner pour eux.

A ce premier concours de septembre 1794 deux élèves seulement furent admis : Brochant de Villiers (*) et Trémery. Mais, ainsi du reste que l'arrêté de convocation

(*) Brochant de Villiers, né le 6 août 1772, mort le 16 mai 1840, était allé en Allemagne, en 1791-1792, entendre Werner à Freyberg avec l'intention d'entrer ensuite à l'Ecole des mines de Sage qu'il trouva dispersée à son retour en France. En novembre 1793, il fut admis à l'Ecole des ponts et chaussées qui était la seule école spéciale restée debout dans la tourmente révolutionnaire. Reçu l'année suivante au premier concours pour l'Ecole polytechnique, il fut du nombre de ces brigadiers auxquels Monge devait faire donner un entraînement spécial pour servir de moniteurs à leurs camarades de l'Ecole polytechnique. Son goût déjà ancien pour la minéralogie lui fit préférer l'Ecole des mines dès sa constitution en 1794. Au reste, il commença là aussi, à son arrivée à l'Ecole, ces fonctions de moniteur, pour prendre ensuite, dès la translation de l'Ecole des mines à Pesey, la chaire de minéralogie et géologie qu'il ne devait quitter officiellement que trente-trois ans après, en 1835, par une démission qu'il donna pour permettre de scinder son cours en deux cours distincts de minéralogie et de géologie, et d'en charger respectivement, comme professeurs titulaires, ses deux

l'avait déjà indiqué, des examens successifs eurent lieu chaque mois jusqu'à la fin de l'hiver, de façon à compléter le nombre réglementaire d'élèves (*).

Les trois dignes membres de l'agence crurent, en effet, devoir ouvrir largement les portes de la maison qu'ils administraient de façon à en faire un lieu de refuge et d'abri pour beaucoup à qui la vie matérielle devenait singulièrement difficile au milieu de la tourmente. Ils eurent ainsi l'honneur, en les faisant admettre dans le corps des mines, d'abriter des savants tels que Vauquelin, Dolomieu, Faujas de Saint-Fond, Picot de La Peyrouse. En donnant à l'École une organisation plus complète que celle primitivement prévue, ils purent faire une place à Haüy, Tonnelier, Mocquart, Coquebert de Montbret, Silvestre, Beurard, Clouet. Ceux qui, plus jeunes, voulaient s'instruire, trouvaient à titre d'élèves, dans l'hospitalière maison de la rue de l'Université, comme les savants qui devaient les former, non seulement une protection que leur assurait le crédit des membres de l'agence auprès du tout puissant Comité de Salut public, mais encore des facilités d'existence matérielle qui n'étaient pas à dédaigner dans de pareils temps (**).

Ainsi s'explique, tout à l'honneur des membres de l'agence, le développement du personnel groupé autour d'eux (***). Ils se montraient pour lui, et surtout pour les

collaborateurs de la carte géologique Dufrénoy et Elie de Beaumont.

En 1816, Brochant de Villiers avait succédé à l'Académie des sciences à Guillot-Duhamel père.

(*) Le classique *Répertoire de l'Ecole polytechnique*, dû à Marielle, donne, p. 253, la liste de ces quarante ou, d'après ce répertoire, de ces trente-neuf élèves.

(**) Un arrêté du Directoire exécutif du 15 mai 1796 (26 floréal an IV) assurait aux inspecteurs, ingénieurs et élèves des rations de vivres, de bois, un habit complet, une paire de bottes et une paire de souliers.

(***) De Bonnard (*Annales des mines*, 4e série, t. VII, p. 513)

jeunes gens, pour les élèves, pleins d'une sollicitude vraiment paternelle. Lelièvre et Gillet de Laumont rivalisaient particulièrement de soins et d'attentions pour eux.

Il semble que, par un sentiment bien digne d'âmes aussi élevées, leur protection se faisait d'autant plus effective que ceux sur qui elle s'étendait en avaient un plus grand besoin. Ainsi furent logés dans la maison même de l'agence Haüy, Tonnelier et Clouet, qui étaient tous trois dans les ordres : Haüy, comme conservateur des collections ; Tonnelier, comme garde du cabinet de minéralogie ; Clouet, comme bibliothécaire. Les membres de l'agence n'auraient-ils contribué qu'à éviter à Haüy le triste sort dont Monge, Fourcroy et Hassenfratz ne surent pas préserver Lavoisier, cela suffirait pour qu'on honorât leur mémoire. Il n'est pas jusqu'au nom officiel donné par eux à leur institution : Maison d'instruction de l'agence des mines, qui ne reflète la modestie et le grand cœur de ses fondateurs.

L'ouverture des cours fut annoncée pour le 1er frimaire an III (21 novembre 1794); l'agence faisait connaître qu'il serait fait deux fois par décade pour chaque cours des leçons publiques et gratuites : de docimasie, par Vauquelin (*); de minéralogie et de géographie physique, par Hassenfratz, les leçons de cristallographie de ce

rapporte que ce fut à dessein que les membres de l'agence fixèrent au chiffre exorbitant de quarante le nombre des élèves afin de pouvoir abriter plus de monde.

Monnet (ms : *Essai historique sur les mines*) porte à quatre cent cinquante le nombre total des personnes qui dépendaient de l'agence et qui, l'hiver, se trouvaient donc réunies dans la maison d'instruction. Il faut croire à quelque forte exagération.

(*) Vauquelin (né en 1763, mort en 1829), était l'élève, le disciple et l'ami de Fourcroy, et l'on a prétendu que bien des travaux attribués à celui-ci étaient dus à celui-là. On peut dire que Vauquelin a créé en France l'enseignement de la docimasie ou de la chimie analytique minérale dans le cours par lui professé à l'École des mines de 1794 à 1801. Vauquelin quitta l'École des mines pour

cours devant être faites par Haüy; d'extraction des mines, par Guillot-Duhamel père, et, en son absence, par Laverrière; de métallurgie, par Schreiber (*), et, en son absence, par Giroud, Miché et Muthuon.

Les cours devaient avoir lieu à 11 heures du matin : la docimasie, les primidi et sextidi; la minéralogie, les décadi et septidi; l'exploitation, les tridi et octodi; la métallurgie, les quartidi et nonodi.

Indépendamment des quatre cours relatifs à l'enseignement spécial, officiellement prévus dans l'arrêté d'organisation, l'agence annonça qu'il serait fait des leçons

aller enseigner au Collège de France, puis, à la mort de Fourcroy, en 1809, à l'École de médecine; il ne garda pas d'attaches avec le corps et l'École des mines; mais il avait formé des élèves qui devaient continuer son enseignement en l'élevant et l'étendant encore.

On doit notamment à Vauquelin la découverte de la glucine et du chrome.

Il était de l'Académie des sciences.

Son éloge historique a été prononcé par Cuvier (*Mémoires de l'Académie des sciences*, t. XII).

(*) Schreiber, né en Saxe le 5 août 1746, est mort à Grenoble, inspecteur divisionnaire des mines, le 10 mai 1827; élève de l'École de Freiberg, il était occupé dans les mines d'Allemagne, lorsqu'il fut choisi, à la demande de Monsieur, comte de Provence (depuis Louis XVIII), pour venir prendre, en septembre 1777, la direction des mines d'Allemont (Dauphiné), concédées en 1776 à Monsieur. Schreiber s'acquitta de cette tâche avec succès pour le compte de Monsieur jusqu'en 1792, puis continua pour le compte du Domaine jusqu'en 1802, date à laquelle il prit la direction des mines et de l'École de Pesey-Moutiers, à l'occasion desquelles nous aurons à reparler de lui.

En 1784, il avait reçu le brevet d'inspecteur honoraire des mines, et en 1794 il avait été placé sur la première liste des inspecteurs. Après la dispersion de l'École française de Pesey, la Savoie fit à Schreiber des offres magnifiques pour continuer à diriger ces institutions à son compte; mais Schreiber était devenu français de cœur; il les refusa et se retira à Grenoble, où l'administration, par une mesure d'exception en sa faveur, lui permit de résider, encore que ce ne fut pas le chef-lieu de la division dont il était l'inspecteur. Il mourut, entouré de l'estime générale

et conférences sur d'autres matières d'enseignement général. Haüy devait professer publiquement et gratuitement la perspective et la physique générale; Tonnelier, garde du cabinet de minéralogie, les éléments de mathématiques; Hassenfratz, la coupe des pierres et des bois, ayant pour adjoint Brochant de Villiers; Clouet (*), bibliothécaire-adjoint, devait enseigner les principes de l'allemand.

Les leçons de perspective et physique générale devaient avoir lieu les quintidi et décadi, à 11 heures; celles de mathématiques, les duodi, quintidi et octodi, à 9 heures du matin; celles de coupe des pierres et des bois, le décadi, à 9 heures.

Il ne paraît pas que ce programme ait été entièrement rempli. D'après une note du *Journal des mines*, les seuls cours professés en l'an III auraient eu pour objet les mathématiques et la mécanique, la minéralogie, la docimasie, la physique, le dessin et l'allemand; ils auraient été faits par Haüy, Tonnelier, Vauquelin et Clouet, etc.

En même temps que s'organisait, par les soins de l'agence des mines, cet enseignement spécial sur les mines, que se fondait, en fait, l'École des mines, la Convention

d'une population qui avait appris à le connaître depuis un demi-siècle, entre les bras de Gueymard auquel il était tendrement attaché.

Schreiber a publié, en 1778, une traduction du *Traité d'exploitation* de Délius (2 vol. in-4°), qui avait paru en 1773.

(*) Clouet enseignait déjà les langues à l'École de Sage. Il faudrait prendre garde de confondre ce modeste abbé avec son homonyme, membre associé de l'Académie des sciences, professeur de chimie à l'École du génie de Mézières, qui fit des travaux si remarqués et si remarquables sur la préparation en grand de l'acier fondu, et mourut en 1801, à Cayenne, où il était allé faire des études d'histoire naturelle.

La confusion serait possible par suite d'une erreur commise dans les tables du *Journal des Mines* qui mêlent sous ce même nom de Clouet les modestes traductions du bibliothécaire et les savants travaux du chimiste.

s'occupait de créer et d'organiser l'École polytechnique. Ces deux institutions étaient appelées à se donner l'une à l'autre un tel appui, leurs destinées se sont tellement pénétrées respectivement dès leur origine, de façon à exercer une telle influence sur leur avenir, qu'il est indispensable de rappeler ici les modifications successives de l'enseignement de l'École polytechnique à ses débuts (*).

Le décret de la Convention du 11 mars 1794 (21 ventôse an II), qui avait créé la commission des travaux publics, l'avait chargée (art. 4) d'étudier l'établissement d'une école centrale des travaux publics, école destinée à acquérir une telle célébrité sous le nom d'École polytechnique à elle donnée par la loi du 1er septembre 1795 (15 fructidor an III). Le 30 novembre 1794 (10 frimaire an III) entra, dans les bâtiments du palais Bourbon à ce destinés, la première promotion de 400 élèves (**); presque simultanément avait lieu l'entrée de la première promotion à l'École des mines située tout à côté (***).

Dans sa première organisation de 1794, sous l'influence de Monge, l'École polytechnique, avec des cours d'une durée de trois ans, devait être à la fois une école de haute théorie et une école d'application pour toutes les constructions civiles et militaires, y compris la conduite des mines, qui devait y faire l'objet d'un cours spécial. On

(*) V. Pinet, *Histoire de l'École polytechnique*, Paris, 1887, Baudry, 1 vol. in-8°.

(**) Nous laissons de côté l'École préparatoire dans laquelle Monge instruisit auparavant ceux destinés à devenir les brigadiers-moniteurs de leurs camarades; parmi ces brigadiers se trouvait Brochant de Villiers.

(***) C'est ce voisinage qui permettait plus facilement aux élèves de l'École des mines de se glisser fréquemment dans l'amphithéâtre pour suivre les cours de l'École polytechnique, dont les élèves, on le sait, n'étaient pas casernés et ne portaient pas d'uniforme à l'origine. L'uniforme fut imposé en l'an VI, en partie pour éviter ces abus (Pinet, *loc. cit.*, p. 20).

voulait, en quelque sorte, avoir en une seule école les Écoles polytechnique et centrale, telles que nous les connaissons aujourd'hui. Dans cette organisation, les écoles spéciales de théorie appliquée, comme celles des ponts et chaussées et des mines, n'auraient plus eu leur raison d'être.

Mais, un an après, en donnant à la nouvelle institution le nom d'École polytechique, la loi du 1er septembre 1795 (15 fructidor an III) revenait déjà partiellement sur cette organisation; l'École polytechnique ne devait plus se substituer aux écoles spéciales; elle devait au contraire leur servir plutôt de substratum commun, en donnant à leurs futurs élèves le haut enseignement théorique qui pouvait effectivement être commun à toutes les professions civiles et militaires.

Toutefois, sous l'influence de Monge qui l'emportait sur celle de Laplace, l'enseignement ne devait pas être exclusivement théorique; il ne devait pas consister uniquement dans la culture des hautes théories mathématiques, physiques et chimiques; une large part devait être faite à l'application de la théorie et aux sciences appliquées dans leurs diverses branches des ponts et chaussées, des mines et des fortifications. Cet enseignement, dans sa partie pratique, ne devait sans doute pas être une véritable préparation immédiate à une profession déterminée, préparation réservée à des écoles spéciales plus pratiques que théoriques; il devait principalement porter sur les généralités de l'application qui sont en quelque sorte communes à toutes les professions, sans toutefois reculer devant l'étude d'applications déjà un peu spécialisées (*).

(*) Le système exclusivement théorique de Laplace devait aller en l'emportant toujours davantage sur le système mixte de Monge. En 1806, on supprimait les cours spéciaux sur les ponts et chaussées, les mines et les fortifications; mais il restait des cours généraux sur les éléments des constructions et des machines, et sur l'art militaire. En 1811, on supprimait le cours de constructions publiques. Le système de Laplace finit par prévaloir à la réorganisation faite par la Restauration suivant l'ordonnance du 14 septembre 1816; tous les cours de travaux civils furent supprimés, sauf celui d'architecture.

La loi du 30 vendémiaire an IV (22 octobre 1795) vint confirmer cette organisation en réglant les relations de l'École polytechnique avec les diverses écoles spéciales, et notamment l'École des mines qui se trouve nommée officiellement ici pour la première fois dans la période intermédiaire. Le titre VI, en onze articles, de cette loi (*) était consacré spécialement à l'École des mines; en même temps, il décidait (art. 1er) que l'agence des mines devenait le conseil des mines, placé auprès du ministre de l'intérieur pour donner son avis sur toutes les questions relatives aux mines. Ce titre VI de la loi du 30 vendémiaire an IV devait, comme nous le verrons, produire entre le conseil des mines et le ministère, pendant plusieurs années, des divergences d'interprétation et de vues dont les conséquences devaient finir par être fort importantes, puisqu'elles contribuèrent à entraîner la disparition de l'École des mines de Paris et son transfert à Pesey-Moutiers.

L'article 2 du titre VI de la loi du 30 vendémiaire an IV (22 octobre 1795) stipulait, en effet, qu'il serait établi une École pratique pour l'exploitation et le traitement des substances minérales près d'une mine appartenant à la République et déjà en activité ou dont on pût commencer et suivre l'exploitation avec avantage; et il semble bien que le texte de la loi doit s'entendre en ce sens que cette école serait la seule École des mines qui pût exister; elle devait recevoir « pendant un an, et plus s'il le faut », les élèves du gouvernement ayant passé par l'École polytechnique, déjà classés dans le corps, venant y prendre

(*) Comme dans toutes les lois de la période intermédiaire, les articles sont numérotés distinctement par titre. Ceux rappelés au texte se rapportent au titre VI.

l'instruction pratique ou l'habitude du métier. Les auteurs de la loi semblaient admettre que l'enseignement de l'École polytechnique, entendu suivant la conception de Monge, devait suffire pour tout ce qui pouvait se rattacher directement ou indirectement à la théorie et aux généralités des constructions; qu'il suffirait d'apprendre la pratique du métier, c'est-à-dire les connaissances relatives, d'une part aux travaux d'exploitation, et d'autre part à la docimasie ou métallurgie, les deux seules matières, en effet, pour lesquelles l'article 8 prévoyait la nomination de professeurs à l'École pratique. Toutefois des élèves, dits externes (*), pouvaient être admis à suivre l'instruction de l'École, à leurs frais (**), pendant un an.

Cette conception, l'expérience l'a du reste amplement démontré, n'était pas exacte, et l'on s'explique bien la résistance motivée du conseil des mines qui, mieux que personne, pouvait sentir qu'entre l'École polytechnique, avec son enseignement de théorie pure plus que de théorie appliquée, et l'École pratique avec ce seul enseignement de la pratique directe du métier, il fallait une école théorique des mines, une école de théorie appliquée. Le système de la loi du 30 vendémiaire an IV n'aurait pu être admissible qu'avec l'organisation première de l'École centrale des travaux publics telle que Monge la concevait à l'origine. Dès qu'on eut dévié de ce type, en admettant qu'il eût été pratiquement réalisable même à la fin du siècle dernier, dès que, sans faire prévaloir encore le système exclusivement théorique de Laplace, on eut appliqué le système mixte de Monge, qui ne laissait plus

(*) A l'article 9 du titre VI de la loi du 30 vendémiaire an IV se trouvent, pour la première fois, l'idée et le nom d'une classe d'élèves de l'École des mines qui s'est perpétuée jusqu'à ce jour, sous cette appellation, avec une importance sans cesse croissante.

(**) Les élèves du gouvernement étaient, en effet, entretenus, c'est-à-dire appointés, bien que non logés ni nourris.

de place ou ne laissait qu'une place insuffisante à des sciences telles que les sciences naturelles, la minéralogie et la géologie, ou aux sciences appliquées, l'ensemble fixé par la loi de vendémiaire an IV devenait réellement insuffisant. On conçoit donc que le conseil des mines, en même temps qu'il s'occupa immédiatement et très activement de l'organisation des écoles pratiques, n'eut pas un instant l'idée que l'École théorique de Paris devait disparaître; on comprend qu'il se soit efforcé au contraire d'y rendre l'enseignement plus complet, plus étendu et mieux approprié.

Mais auparavant il eut à prendre une mesure qui dut singulièrement peser sur le cœur des trois dignes conseillers. En effet, l'article 3 du titre VI de la loi du 30 vendémiaire an IV avait stipulé la réduction à vingt du nombre des élèves actuels des mines, par voie de concours entre eux. Le résultat de ce concours fut officiellement proclamé le 18 nivôse an IV (8 janvier 1796). Brochant de Villiers était classé le premier. Par mesure transitoire les élèves éliminés purent, pendant les deux années suivantes, concourir avec ceux sortant de l'École polytechnique pour l'obtention des places d'élèves vacantes (*).

D'autre part, le conseil appliqua immédiatement aux élèves de l'École de Paris les diverses mesures sur les examens, les voyages et l'avancement, prévues par le titre VI de la loi de vendémiaire an IV. Un premier con-

(*) En se reportant au *Répertoire de l'École polytechnique* de Marielle, p. 253, on peut retrouver ceux des ingénieurs des mines de l'origine provenant de l'École des mines de l'hôtel de Mouchy qui n'ont pas passé par l'École polytechnique, tels que : Beaunier, Brochant de Villiers, Collet-Descotils, Cordier et Lefroy que nous aurons occasion de retrouver au cours de cette notice; ou comme Brochin, de Champeaux, de Cressac, Héricart de Thury, de Rozières, Trémery, qui ont servi dans le corps, quelques-uns avec éclat, sans avoir été jamais mêlés directement à l'École; les autres ont immédiatement abandonné le service.

cours eut lieu au début de 1797 pour deux places d'ingénieurs surnuméraires. L'une fut attribuée à Brochant de Villiers et l'autre à un camarade, assez âgé déjà, ayant appartenu à l'École des mines de Sage, moins bien préparé que ceux de la nouvelle École et dont les élèves, à l'instigation de Brochant de Villiers, avaient demandé la nomination sans examen. En dehors des concours de fin d'année, les élèves passaient d'assez fréquents examens. Les voyages entre les cours étaient souvent entravés par le manque de fonds. Ceux que ces considérations n'arrêtaient pas, accompagnaient généralement les professeurs ou les inspecteurs dans leurs tournées.

L'enseignement continua à être donné essentiellement par des cours publics et gratuits conformément au système de l'arrêté d'organisation primitive du 18 messidor an II. Les cours de l'an IV (1795-1796) eurent pour objet la géométrie et la mécanique, la minéralogie, la métallurgie, la docimasie, l'exploitation des mines; les professeurs furent Tonnelier, Haüy, Miché (*), Vauquelin et Guillot-Duhamel fils. En l'an V (1796-1797) eurent lieu les cours suivants : minéralogie par Haüy et Alex. Brongniart; extraction des mines par Baillet du Belloy (**) et Guillot-Duhamel fils; docimasie, par Vauquelin; métallurgie, par Miché; physique, par Haüy; allemand, par Clouet; géographie physique et gîtes de minerais, par Charles Coquebert de Montbret (*). En l'an VI (1797-1798), on eut la minéralogie par Haüy et Tonnelier; la métallurgie par Hassenfratz; l'exploitation des mines par Baillet; la chimie et la docimasie par Vauquelin; la géologie par Dolomieu (**); en outre, Cloquet donna des leçons de dessin.

(*) Miché, que nous allons trouver enseignant deux ans de suite la métallurgie, avait déjà enseigné le dessin et l'architecture à l'École de Sage (V. p. 462).

(**) Baillet du Belloy (né à Amiens le 28 septembre 1765, mort inspecteur général des mines en retraite, le 18 juin 1845), inaugura en 1796 un cours dont il devait occuper la chaire sans interruption, pendant 36 ans, jusqu'à sa mise à la retraite en 1832, lors de la réorganisation de l'École au début du gouvernement de Juillet. Baillet du Belloy n'a laissé aucun ouvrage didactique. On n'a de lui que quelques mémoires insérés principalement dans les premiers numéros du *Journal des mines*. Combes, qui lui succéda et qui est un bon juge, a rendu hautement témoignage à l'enseignement de Baillet du Belloy dans la préface de son *Traité d'exploitation*.

(*) Charles Coquebert de Montbret était le rédacteur spécialement chargé, sous l'autorité de l'agence, puis du conseil des mines, de la rédaction du *Journal des mines*, recueil officiel dont la création et la rédaction par l'agence des mines avaient été stipulées dans l'art. 7 de l'arrêté du 13 messidor an II, qui avait constitué l'agence; ces prescriptions avaient été rappelées dans l'art. 20 de l'arrêté du 18 messidor an II, sur l'organisation du corps des mines. Le *Journal des mines*, auquel ont succédé, en 1816, les *Annales des mines*, forme une collection de 38 volumes in-8°, parus à raison de un par an, de 1795 à 1815. Charles Coquebert s'était spécialement occupé, dans les premiers volumes du *Journal des mines*, de la publication par département de statistiques minéralogiques, descriptions de terrains et gîtes minéraux, qui formèrent le prélude de la description géologique de la France, que devaient entreprendre plus tard, sous la direction de Brochant de Villiers, Dufrénoy et Élie de Beaumont. Coquebert de Montbret avait, du reste, utilisé directement tous ces documents pour publier, en 1822, en collaboration avec d'Omalius d'Halloy, un *Essai d'une carte géognostique de la France* « dont le mérite a été universellement et justement apprécié », comme l'a dit Brochant de Villiers dans sa notice sur la carte géologique générale de la France.

(**) Dolomieu ne paraît avoir effectivement professé à l'École des mines que cette seule année le cours de géologie, ou plus exactement de géographie physique, suivant l'appellation de l'époque. Il partit, en effet, pour prendre part à l'expédition d'Egypte. On sait qu'à son retour, ayant fait naufrage dans le golfe de Tarente, il fut détenu dans les cachots de Sicile d'où il ne put être délivré qu'à la paix après la bataille de Marengo. Nommé, pendant sa captivité, professeur au Muséum à la place de Daubenton, il rentra pour y faire, pendant un an, un cours de *Philosophie minéralogique*. Il mourut le 7 frimaire an X (28 novembre 1801), à Châteauneuf (Saône-et-Loire), chez sa sœur, où

A partir de cette époque, l'enseignement paraît s'être assis dans la maison d'instruction du conseil des mines, et l'organisation semble assez régulière pour qu'on puisse dire, qu'en fait, l'École des mines de Paris était fondée et fonctionnait bien. Ce ne sont plus, en effet, comme au début et ainsi que semblait l'indiquer le décret de messidor an II, des leçons faites par des ingénieurs divers se remplaçant les uns les autres, comme s'il ne s'agissait que de conférences ; il y a un vrai professorat, avec des professeurs qui occupent une chaire effectivement et avec continuité ; l'enseignement n'a plus le caractère passager plus spécialement inhérent à la conférence ; il devient didactique, et, pour chacun des quatre grands cours visés directement dès l'origine, l'enseignement dure deux ans.

A côté des professeurs titulaires, certains ingénieurs, ou même certains élèves, étaient désignés comme professeurs-adjoints, tels que Miché pour la métallurgie, Cordier et Picot de La Peyrouse pour la minéralogie. Ils pouvaient suppléer le professeur, donner des conférences ou répétitions, et surtout participer aux examens à faire subir aux élèves pour leur classement.

L'importance déjà prise par l'Ecole fit donner à l'ouverture des cours de l'an VII (1798-1799) une solennité particulière. Après une allocution prononcée au nom du conseil des mines, chacun des professeurs exposa son

il était allé chercher un repos bien mérité par tant de fatigues et de tribulations.

Né le 24 juin 1750, Dolomieu, d'abord chevalier de Malte, dut quitter l'île à la suite d'un duel. Il prit du service dans l'armée et se livra de bonne heure à la culture des sciences naturelles et surtout des sciences minéralogiques et géologiques. Il était membre de l'Institut depuis la création.

Ses collections furent recueillies par son beau-frère le marquis de Drée, dont l'inappréciable cabinet devait être acquis pour l'École des mines en 1837.

programme dans un discours inaugural, le tout reproduit dans le *Journal des mines* (*). La docimasie, la métallurgie ou plus exactement la minéralurgie, et l'exploitation des mines étaient enseignées par les professeurs titulaires que nous avons déjà rencontrés : Vauquelin, Hassenfratz et Baillet du Belloy. Alex. Brongniart, qui avait déjà professé en l'an V, fit exceptionnellement le cours de minéralogie, mais en s'excusant, dans sa leçon inaugurale, de remplacer Haüy absorbé par la préparation de son *Traité de minéralogie* (**), et Dolomieu parti pour l'expédition d'Egypte.

En dehors de ces cours publics et gratuits, il y eut trois cours particuliers pour les élèves des mines : géométrie descriptive, par Lefroy, alors ingénieur surnuméraire (***) ; allemand, par Clouet, bibliothécaire ; dessin, par Cloquet.

Pendant les quatre années suivantes, l'enseignement

(*) *Journal des mines*, t. IX : allocution du conseil des mines, p. 167 ; Discours d'Alex. Brongniart, p. 177 ; de Vauquelin, p. 189 ; de Hassenfratz, p. 202 ; de Baillet du Belloy, p. 209.

(**) La première édition du *Traité de minéralogie* parut en l'an X (1801) en 4 vol.

(***) Lefroy (né en 1771, mort inspecteur général des mines, en retraite, le 3 février 1842), que nous rencontrons pour la première fois, a son nom intimement lié à l'histoire de l'École des mines. Nous le verrons présidant à l'installation de l'École des mines de Moutiers en 1803, la transportant successivement, de 1814 à 1816, de la rue de l'Université au Petit-Luxembourg et à l'hôtel Vendôme. Là, il fut inspecteur sous l'autorité immédiate du conseil de l'École, depuis la réinstallation en 1816 jusqu'en 1836, date à laquelle, nommé inspecteur général des mines, il céda son poste à Dufrénoy qui lui avait été adjoint depuis 1834. Lefroy resta membre du conseil de l'École, et il continua à suivre spécialement, au nom du conseil, l'achat de l'hôtel Vendôme, qui ne fut réalisé qu'en 1837 ; il présida aux premières appropriations nouvelles qui furent la conséquence immédiate de cet achat.

Lefroy était un des élèves entrés directement à l'École des mines en 1794, sans avoir passé par l'École polytechnique.

continua avec cette régularité qu'il avait acquise dès l'an VII (1798-1799); la dernière année, en l'an X (1801-1802), l'ouverture des cours le 17 frimaire (8 décembre 1801) fut également l'objet d'une annonce étendue dans le *Journal des mines* (*). Haüy avait repris son enseignement; Vauquelin, qui avait donné sa démission le 4 juin 1801, était remplacé par Collet-Descotils (**), un de ses meilleurs élèves, qui venait d'être nommé à sa place conservateur des produits chimiques, directeur du laboratoire de l'administration et de l'École des Mines. Les leçons spéciales de mathématiques et de géométrie descriptive pour les élèves étaient devenues inutiles, puisque ceux-ci ne se recrutaient plus qu'à l'École polytechnique.

Cependant, pour la première fois, l'École venait cette année de recevoir deux élèves externes, par une application à l'École des mines de Paris, de la disposition prévue dans la loi du 30 vendémiaire an IV pour l'École pratique visée par cette loi. Ces deux élèves avaient été envoyés par le préfet de l'Aveyron, qui avait été autorisé par le ministre de l'intérieur à les entretenir aux frais du département.

On conçoit la satisfaction avec laquelle les membres du conseil devaient considérer leur œuvre et le nombreux per-

(*) V. *Journal des mines*, t. XI, p. 268.

(**) Collet-Descotils, auquel on doit la découverte de l'iridium, né en 1773, enlevé à 42 ans, le 6 décembre 1815, avait été reçu élève des mines à la première promotion de 1794 et nommé ingénieur en 1798. Il avait été désigné pour prendre part à l'expédition d'Égypte. C'était l'élève assidu et chéri de Vauquelin. Quand l'Ecole fut transportée à Pesey-Moutiers, Collet-Descotils resta à Paris comme directeur du laboratoire du conseil ou de l'administration des mines.

Lorsque les élèves eurent été chassés de la Savoie, avant que l'École ne fût établie à l'hôtel Vendôme, Collet-Descotils, au commencement de 1815, fut nommé directeur provisoire de l'École royale des mines, alors placée au Petit-Luxembourg.

sonnel groupé autour d'eux dans leur maison de la rue de l'Université. L'École polytechnique avait successivement envoyé : 5 élèves en 1797-1798 (dont Gallois, qui a laissé une si grande notoriété à Saint-Étienne); 4 en 1799 (dont Héron de Villefosse, le futur auteur de *La Richesse minérale*); 8 en 1800 (dont de Bonnard, qui a été membre de l'Académie des sciences); 4 en 1801 (dont Berthier, que nous allons incessamment voir à l'œuvre, et Migneron, que ses belles études administratives ont justement signalé). L'arrivée des premiers élèves externes montrait en même temps que l'enseignement donné dans cette École, qui était bien l'œuvre exclusive de nos trois conseillers, commençait à être connu et apprécié.

Elle méritait de l'être, en effet. On est frappé de voir, à quelques années seulement de distance, la différence profonde que cet enseignement élevé présentait avec les connaissances si rudimentaires données à l'École de Sage. Dans ce court espace de temps, les sciences venaient, il est vrai, de franchir un pas immense, et le haut enseignement venait de prendre un puissant essor sous l'influence de la création de l'École polytechnique.

Haüy, avec ses immortelles conceptions dont l'École des mines eut la primeur comme enseignement (*), ve-

(*) L'abbé Haüy, né le 28 février 1743, mort à 79 ans, le 3 juin 1822, était le frère aîné de Valentin Haüy. Il était modeste régent au collège du Cardinal-Lemoine, sous le bon Lhomond, lorsqu'il commença à s'occuper de recherches cristallographiques. Ses premières communications à l'Académie des sciences, au début de 1781, passèrent inaperçues; mais ses travaux ne tardèrent pas à frapper les savants chimistes de l'époque, à ce point qu'en février 1783 l'Académie des sciences lui ouvrait ses portes. Toutefois, ses conceptions ne sortirent pas d'un cercle assez restreint jusqu'à ce que les agents des mines l'appelassent à professer dans leur maison d'instruction en lui fournissant les moyens d'achever ses découvertes et de les propager. Privé par la Révolution de sa pension et du petit bénéfice qui lui permettaient de vivre, il fut incarcéré après le 10 août 1792. De puissantes amitiés le firent

nait de donner à la minéralogie une base rationnelle et scientifique (*); complétée grâce à la chimie nouvelle de Lavoisier, la minéralogie allait pouvoir être définitivement assise. Dolomieu, pour les terrains éruptifs, et Alex. Brongniart pour les terrains sédimentaires, donnaient également à l'École des mines les premières notions rationnelles de la science qui allait se constituer sous le nom de géologie (**).

Vauquelin, avec l'autorité qui appartenait à un tel maître, enseignait, pour la première fois, une véritable docimasie fondée sur les principes que Lavoisier venait de dévoiler et non plus une série de procédés de praticiens (***).

Hassenfratz, en consacrant deux années à l'enseignement de la minéralurgie, suivant le nom alors admis et maintenu si longtemps, avait donné à ce cours un développement embrassant les connaissances qui pouvaient permettre de tirer parti de toutes les substances minérales. Dans la première année, il examinait les agents

délivrer le 1er septembre ! Il fut heureux, pour pouvoir traverser la tourmente, de trouver la protection et l'abri de l'agence des mines. Il quitta l'École en 1802 pour aller occuper, après Dolomieu, la chaire de minéralogie du Muséum où il professa jusqu'à sa mort ; il était également professeur à la faculté des sciences. Il fut remplacé dans chacune de ses chaires par Brongniart et Beudant, et à l'Académie des sciences par Cordier.

(*) Cuvier, dans son éloge historique (*Éloges historiques*, t. III) a dit de lui :

« Haüy est à Werner et à Romé de l'Isle ce que Newton a été à Képler et à Copernic ».

(**) Le cours de minéralogie et géologie ou géographie physique comprenait deux années, l'une pour la minéralogie proprement dite, l'autre pour la partie purement descriptive correspondant à notre géologie.

(***) Vauquelin faisait son cours en deux années lorsque les élèves n'avaient pas encore passé par l'École polytechnique, parce que dans la première année il lui fallait insister davantage sur les généralités de la chimie. Ultérieurement la docimasie proprement dite ne comprit qu'une année.

minéralurgiques, les détails des procédés, et décrivait les instruments ou appareils ainsi que les matériaux servant à leur construction. Dans la deuxième année on étudiait successivement : la *pétrurgie*, ou l'art de séparer les terres et les pierres utiles dans les arts, ou de les combiner intimement, c'est-à-dire l'art du verrier, du porcelainier, du potier, du briquetier, etc. ; l'*halurgie*, ou l'art d'obtenir les combinaisons salines ou le travail des sels ; l'*oxyurgie*, ou l'art de fabriquer les acides ; la *pyriturgie* ou *pyrurgie*, ou l'art de fabriquer les combustibles, c'est-à-dire la carbonisation du bois, de la houille et de la tourbe ; la *métallurgie*, ou l'art d'extraire les métaux ; la *chromurgie*, ou l'art de fabriquer les matières colorantes. Ce cours, on le voit par ce programme dont nous avons tenu à conserver la terminologie, comprenait à la fois nos cours actuels de métallurgie et de chimie industrielle.

Dans le cours d'exploitation que Baillet du Belloy professait également en deux années, on voit déjà le programme du double cours dans lequel ce cours devait plus tard se partager rationnellement : l'exploitation et les machines. Outre, en effet, l'exploitation proprement dite et ses annexes de la préparation mécanique et du levé des plans souterrains (*), Baillet traitait, intercalées dans ce cours, un peu comme elles le sont dans le Traité si longtemps classique de Combes, son successeur, des machines motrices à moteurs animés, à eau, à vent, à vapeur, et, avec les machines à eau, de leurs dépendances : digues, étangs, canaux, en un mot de l'hydraulique appliquée dont le rôle était alors si considérable.

Incontestablement un pareil enseignement, donné par de tels maîtres, pouvait être avantageusement comparé à celui de toutes les écoles d'Allemagne. Cet enseigne-

(*) Il faut arriver jusqu'en 1844 pour trouver des leçons de lever de plans distincts du cours d'exploitation des mines.

ment devait être d'autant plus fructueux pour les élèves qu'il leur était donné dans un milieu éminemment favorable à leur entraînement. La maison d'instruction de l'agence des mines avait, dès l'an III, reçu d'assez belles collections minéralogiques qui s'étaient incessamment accrues par les échantillons que chaque année les inspecteurs et ingénieurs rapportaient de leurs tournées; elle possédait un laboratoire richement doté, pour l'époque, en appareils et en produits chimiques divers. D'autre part, à ce moment, tout le corps des mines avait sa résidence à Paris, et pendant quatre mois d'hiver, au retour des tournées, devait se réunir périodiquement en conférence autour des trois conseillers des mines, à l'hôtel de Mouchy.

Primitivement les élèves des mines devaient accompagner les inspecteurs et ingénieurs dans leurs tournées. Mais, plus tard, comme la durée de l'enseignement à l'Ecole dépassait le temps du séjour des ingénieurs à Paris, les élèves furent astreints, pour compléter leur instruction, à faire un stage sur des établissements en activité. Un arrêté du ministre de l'intérieur du 15 prairial an IX (4 juin 1801), homologuant une délibération du conseil des mines, avait décidé que les élèves de 1re classe, c'est-à dire ayant satisfait aux examens pour passer de la 2e classe, dans laquelle on débutait, à la 1re, ne pourraient être nommés ingénieurs surnuméraires qu'après avoir résidé sur des établissements en activité pendant au moins deux campagnes, et avoir été reconnus suffisamment instruits dans la pratique.

En somme, sous l'intelligente direction du conseil des mines, l'École avait trouvé la formule de l'enseignement qui, sous réserve des progrès dans les sciences enseignées, devait être suivi à peu près inaltéré jusque vers la fin du gouvernement de Juillet.

Cette institution, si jeune encore, dont le passé déjà

brillant était plein de promesses pour l'avenir, allait cependant s'effondrer subitement, et, par une singulière ironie du sort, à la suite justement des efforts, qu'il nous reste à relater, que les fondateurs de cette belle œuvre, les trois conseillers des mines, avaient déployés avec une longue persévérance pour la compléter et lui faire porter de meilleurs fruits.

Les cours de l'an X n'étaient pas encore terminés, en effet, qu'intervenait un arrêté des consuls du 23 pluviôse an X (12 février 1802), qui supprimait de fait (*) l'École des mines de Paris pour transporter l'institution en Savoie. Avant de la suivre dans cet exode, nous aurons à dire à la suite de quelles circonstances intervint cette mesure.

L'article 7 de cet arrêté du 23 pluviôse an X confirmait l'existence du conseil des mines, avec ses trois membres, placé à côté du ministre de l'intérieur. Mais, quelques jours après, un autre arrêté du 18 ventôse an X (9 mars 1802), s'inspirant partiellement des mêmes idées, vint disperser le personnel jusque-là resté concentré autour du conseil, en organisant, comme il a subsisté depuis, le stationnement des ingénieurs dans leurs circonscriptions de service, au lieu du système de la résidence générale à Paris, qui avait été jusqu'alors la règle. On conserva toutefois à l'hôtel de Mouchy, où le conseil des mines continua à avoir son siège, le laboratoire de chimie avec ses dépôts de substances chimiques, la plus grande partie de la bibliothèque et des collections de modèles, et surtout la collection des roches et minéraux

(*) Il est curieux de constater que l'arrêté du 23 pluviôse an X ne s'est même pas donné la peine de prononcer la suppression de l'Ecole des mines de Paris. C'est qu'en effet, pour le gouvernement, elle devait être considérée, depuis la loi du 30 vendémiaire an IV, comme n'ayant plus d'existence légale, mais subsistant par mesure transitoire jusqu'à l'établissement de l'Ecole pratique, à installer sur une mine, seule école qui pouvait avoir une existence régulière.

qui s'y trouvait réunie; le tout constitua le cabinet du conseil des mines (*). Tonnelier resta comme garde de la collection de minéralogie, et en 1803 d'Aubuisson (**) fut nommé conservateur adjoint. Collet-Descotils resta également comme directeur du laboratoire; en 1806, Berthier et Guenyveau lui étaient adjoints.

L'installation, où en 1810 s'établit le comte Laumond avec la direction générale des mines à lui confiée à cette date, resta assez vivante rue de l'Université; en 1814, on se préparait à y abriter à nouveau l'École et ses élèves chassés de Moutiers; mais presque aussitôt toutes les installations durent être momentanément transférées au Petit-Luxembourg, ainsi que nous le verrons par la suite.

(*) Postérieurement au départ de l'Ecole, le musée resté à l'hôtel Mouchy reçut de Freiberg une collection de quelque cinq cents échantillons de minéralogie classés suivant la méthode de Werner, et qui formèrent longtemps ce qu'on appela à l'Ecole des mines la collection allemande ou de Werner.

(**) D'Aubuisson de Voisins, né le 17 avril 1769, mort le 20 août 1841, avait pris du service dans l'armée de Condé et, jusqu'à ce qu'il pût rentrer en France, il alla étudier à Freiberg sous la direction de Werner. Peu après son retour, comme il avait perdu toute sa fortune, le conseil des mines le fit nommer adjoint à ses collections, à la suite de quelques mémoires géologiques remarqués. En 1807, le gouvernement ayant demandé avec instance à l'administration des mines quatre ingénieurs, celle-ci, à défaut d'élèves disponibles, fut assez heureuse pour faire nommer d'Aubuisson, par une mesure tout à fait exceptionnelle, puisqu'il n'avait passé ni par l'Ecole polytechnique ni par l'Ecole des mines.

CHAPITRE IV.

RECHERCHES POUR LA CRÉATION D'ÉCOLES PRATIQUES.

(1795 — 1802).

Antérieurement à la loi du 30 vendémiaire an IV (22 octobre 1795), qui avait décidé la création d'une École pratique pour les mines, l'agence des mines s'était déjà préoccupée d'établir une pareille institution. « Nous considérons, écrivaient les agents le 30 mars 1795 (10 germinal an III), l'établissement d'une école pratique comme le principe régénérateur de l'exploitation des mines » (*). Aussi dès que la loi précitée fut rendue, l'agence devenue le conseil des mines s'occupa-t-elle de désigner la mine sur laquelle cette école pouvait être établie. Il est vrai que le conseil ne paraît jamais avoir entendu cette loi comme son texte semblait l'indiquer; il n'admettait pas que l'École des mines de Paris dût disparaître. L'école pratique à créer devait avoir une destination différente. Plus l'École Polytechnique, avec les transformations successives de son enseignement, tendait à devenir une école de haute culture théorique, plus le conseil des mines sentait la nécessité d'avoir entre cette école et l'école pratique une école spéciale de théorie appliquée dans l'École des mines de Paris. Mais le conseil reconnaissait aussi que cette école ne pouvait suffire à la complète et parfaite préparation des ingénieurs du corps des mines. Les membres du conseil, comme tous les ingénieurs un peu distin-

(*) Les renseignements donnés par nous dans ce chapitre sont tirés de documents appartenant aux archives de la division des mines au ministère des travaux publics, que M. Guillain, directeur des routes, de la navigation et des mines, a bien voulu faire mettre à notre disposition.

gués de cette époque, étaient allés faire leur tour d'Allemagne. Frappés de la prospérité et du développement relatifs de l'exploitation des mines dans ce pays, ils devaient avoir ce sentiment, si répandu pendant longtemps encore en France, que l'industrie des mines devait être sinon une industrie d'État, tout au moins une industrie dont l'État devait diriger l'exploitation, soit par l'intervention directe de ses représentants auprès des exploitants, soit par les exemples et l'enseignement à leur donner. Ils pensaient que les ingénieurs de l'État, pour être à la hauteur de leur tâche, pour pouvoir diriger les exploitants en gens non seulement de science mais d'expérience, devaient s'initier par eux-mêmes aux plus petits détails du métier(*), tout comme l'officier, pour bien commander la manœuvre à ses soldats, doit l'avoir faite auparavant. Ces idées, qui s'appuyaient sur l'exemple de l'Allemagne, qui ne laissent pas d'avoir aujourd'hui encore leur part de vérité, devaient peser avec d'autant plus de poids alors qu'à cette époque, malgré les grands progrès relatifs des sciences, l'exploitation des mines et la métallurgie dépendaient encore de l'art, que la pratique seule enseigne, beaucoup plus que de la science qui peut s'apprendre dans des cours. L'École pratique, qui ne devait être pour certains élèves que le complément d'un enseignement théorique, devait d'ailleurs suffire aux élèves qui, se destinant à l'industrie privée, ne voulaient faire que de la pratique. Il suffisait pour cela qu'on donnât sur l'établissement à choisir comme complément des opérations industrielles

(*) On le voit bien par l'article 5 de l'instruction sur l'Ecole pratique, que, le 9 mars 1796 (19 ventôse an IV), le conseil soumettait au ministre :

« Les élèves seront obligés de pratiquer eux-mêmes les fonctions de forgerons, mineurs, boiseurs, laveurs, essayeurs, fondeurs, affineurs et maîtres, et ne seront avancés que suivant leur degré de capacité dans chacune de ces parties. »

un enseignement approprié, portant sur l'exploitation des mines et la métallurgie.

Ces projets, tant sur le système d'exploitation des mines que sur l'enseignement spécial de la matière en France, prirent d'autant plus de force dans le conseil des mines que, par suite de nos conquêtes, le pays s'annexait des contrées possédant des mines et usines, nombreuses et relativement importantes, dont plusieurs étaient dévolues à l'État soit par la dépossession de leurs propriétaires, soit par sa substitution aux souverains étrangers qui les possédaient antérieurement.

Après avoir examiné l'état des exploitations dont on pouvait disposer au moment où fut rendue la loi du 30 vendémiaire an IV (22 octobre 1795), le conseil se décida pour celle de Sainte-Marie-aux-Mines. Les gîtes de plomb et cuivre argentifères de cette localité passaient pour avoir donné jadis de beaux produits (*); leur exploitation n'avait été suspendue qu'au moment de la Révolution, et on présumait qu'elle pourrait être remise promptement et à peu de frais en activité notable. Le 19 décembre 1795 (28 frimaire an IV), le conseil proposait donc à Benezech, qui venait de prendre le ministère de l'intérieur, de décider que l'École pratique serait établie à Sainte-Marie-aux-Mines, et le 18 janvier 1796 (28 nivôse an IV) Benezech rendait une décision conforme, sous réserve de ne l'appliquer que lorsque l'on pourrait allouer les fonds à ce nécessaires.

Mais les motifs qui avaient fixé sur Sainte-Marie-aux-Mines le choix du conseil des mines, avaient attiré sur ces gîtes l'attention de particuliers qui en demandaient

(*) Les exploitations de Sainte-Marie-aux-Mines, appartenant au prince des Deux-Ponts, auquel Louis XIV les avait laissées, avaient joui d'une célébrité exceptionnelle dans le troisième quart du XVIIIe siècle, grâce surtout à la rare habileté d'un fondeur du Hartz, Schreiber, qui n'avait du reste que le nom de commun avec le futur directeur de l'Ecole des mines de Pesey.

la concession au Directoire du département, conformément à la loi du 28 juillet 1791; ils étaient chaudement appuyés par les représentants du département. On fit observer au conseil des mines que Sainte-Marie-aux-Mines ne répondrait pas à ses intentions; qu'il n'y avait sur place, ni aux environs, les bâtiments nationaux nécessaire au logement du personnel; qu'il n'existait pas de forêt disponible assez rapprochée pouvant être affectée à l'établissement. On lui assurait que les mines de Giromagny (*) réunissaient au contraire toutes les conditions désirables. Le conseil avait bien d'abord proposé qu'avant de statuer on envoyât Baillet et Guillot-Duhamel fils examiner les choses sur place. Mais vivement pressé par les intéressés, se fiant aux renseignements donnés par les représentants du département et la régie de l'enregistrement, qui avait été consultée, le conseil proposa lui-même à Benezech de revenir sur sa décision; celui-ci, à la date du 3 avril 1796 (14 germinal an IV), désigna Giromagny pour le siège de la future École pratique au lieu de Sainte-Marie-aux-Mines, dont la concession fut définitivement octroyée à ceux qui la demandaient.

(*) Les mines de Giromagny, qui donnaient des plombs et cuivres gris argentifères, avaient été exploitées d'une façon à peu près continue du XIVe siècle à la réunion de l'Alsace à la France. Louis XIV, qui en était devenu propriétaire par la conquête, avait donné le comté de Resmont au cardinal de Mazarin qui s'était attribué la propriété des mines. Elles furent exploitées directement pour le compte de la famille Mazarin jusqu'en 1709; elles furent ensuite successivement affermées jusqu'en 1779, date à laquelle la dernière société fermière sombra et les mines furent inondées. En 1791, par suite de l'annulation de la donation faite à Mazarin, les mines avaient fait retour au domaine.

Baillet du Belloy, rendant compte de la mission à lui donnée par le conseil des mines dans un mémoire inséré au *Journal des mines* de l'an VI, a décrit les anciens travaux de Giromagny et indiqué ceux qui auraient été nécessaires pour reprendre l'exploitation.

A peine cette concession était-elle accordée, le conseil des mines apprit, par des renseignements exacts, que sa bonne foi avait été trompée. La reprise des mines de Giromagny exigeait des travaux considérables et coûteux, aux dépenses desquels le trésor obéré aurait été impuissant à faire face. Pour se procurer les ressources nécessaires, et, en outre, pour constituer un enseignement pratique complet, suivant des idées déjà par nous indiquées et qu'il devait aller toujours en développant, le conseil proposa, le 19 avril 1796 (30 germinal an IV), un nouveau plan à Benezech. Il demandait qu'on lui remît, pour les diriger et exploiter lui-même, outre les mines de Giromagny, les houillères de Ronchamp et Champagney (*), alors en pleine exploitation, et les forges de Belfort et Châtenois (**), également en activité.

Les bénéfices de ces deux exploitations relativement très prospères devaient faciliter la reprise des travaux de Giromagny et, en tout cas, permettre de faire face à toutes les dépenses de l'École pratique et même de l'École théorique de Paris. On aurait ainsi créé, dans un rayon relativement restreint, sous la main directe des ingénieurs de l'État, un groupe ou arrondissement, permettant de donner l'enseignement pratique, tel que l'en-

(*) Les houillères de Ronchamp et Champagney avaient été concédées en 1759 et n'avaient pas cessé d'être en exploitation; elles appartenaient pour une moitié au chapitre de Lure et pour l'autre moitié aux Reinach, seigneurs de Ronchamp. Les de Reinach ayant émigré, les mines étaient devenues en entier propriétés nationales. L'exploitation de ces houillères était réputée rapporter un bénéfice net annuel de 20.000 francs, et en l'an IX, le Domaine recevait des propositions à fin d'amodiation sur la base d'une redevance à la tonne, qui était estimée devoir rapporter annuellement 63.000 francs environ.

(**) Les forges de Belfort et Châtenois appartenaient à la famille Mazarin et, à ce titre, étaient devenues biens nationaux; elles rapportaient annuellement 64.000 francs; elles furent vendues pour 240.000 francs.

tendait le conseil, de constituer un modèle pour toutes les branches de l'art du mineur et du métallurgiste. Le conseil demandait, d'ailleurs, pour pouvoir reprendre à Giromagny l'exploitation des mines et le traitement des substances extraites, qu'on lui remît, prises sur les biens nationaux, toutes les dépendances nécessaires en forêts pour l'approvisionnement des bois et charbons, en pâturages pour la cavalerie, en champs pour les installations; il réclamait le château de Pheningstrum pour y établir le siège de la direction, et le couvent de Picpus, à Giromagny même, pour y installer les professeurs et les élèves.

Ce plan ne fut pas pour déplaire à Benezech, puisque la haute administration de tout cet arrondissement minier et métallurgique serait ressortie exclusivement à son département, bien que la combinaison parût en désaccord avec la loi de vendémiaire an IV, qui ne parlait d'affecter à l'École pratique qu'une mine seulement. Cet argument juridique était de nature à fortifier la violente opposition que l'administration des finances éleva contre un pareil plan. Cette administration tenait essentiellement à vendre, pour se procurer les ressources dont le trésor obéré avait tant besoin, ou tout au moins, en attendant, elle voulait administrer elle-même. Elle était soutenue dans ses idées par les autorités des départements qui poussaient à la vente des biens nationaux, et l'engageaient même par suite du désarroi administratif (*), y apportant d'autant plus d'ardeur que, dans le désordre de l'époque, les administrateurs étaient les premiers à essayer de réaliser, ce qui n'était pas difficile, quelque bonne affaire, pour

(*) Il était très aisé d'engager sur place une pareille affaire au moyen d'une soumission suivie d'un premier versement. Si l'administration des finances tardait à adjuger, le soumissionnaire réclamait en se faisant énergiquement appuyer par les représentants du département, qui alors, comme dans d'autres temps, intervenaient incessamment dans l'administration.

eux ou leurs amis, par un achat à vil prix. Prairies après bois, champs après maisons, morceau par morceau, toutes les dépendances nécessaires à la reprise des mines de Giromagny échappaient au Domaine, malgré les incessantes réclamations du conseil des mines qui demandait qu'on attendît au moins qu'il eût été statué définitivement sur ses propositions. Les forges de Belfort, qui étaient un des pivots de la combinaison, furent adjugées à leur tour sur l'engagement pris par l'acquéreur d'y admettre les élèves qui lui seraient envoyés pour y recevoir l'instruction pratique. A leur place, le conseil des mines demanda qu'on lui attribuât, pour laisser entière la combinaison, les forges d'Audincourt, qui avaient été saisies sur le prince de Montbéliard.

Entre temps le conseil des mines, poussé par les délibérations de la conférence des ingénieurs (*), en présence des nouvelles richesses minérales que les succès de nos armes faisaient acquérir au pays, augmentait encore l'ampleur de son plan en proposant de créer deux autres arrondissements en dehors de celui des Vosges qui devait être plus spécialement affecté à l'École pratique. Ces arrondissements devaient comprendre chacun, suivant la même idée, des établissements prospères et d'autres à relever avec les bénéfices de ceux-là; ils devaient être situés l'un dans les Pays réunis, l'autre dans les Alpes. Le premier aurait compris notamment les mines de plomb de Vedrin, rapportant 3.000 francs, les mines de calamine de Limbourg, qui avaient rapporté 60.000 francs net à l'empereur, et les houillères de Rolduc (**), dont le revenu net était évalué à 40.000 francs au moins; l'arrondissement des Alpes aurait compris les mines d'Alle-

(*) Le plan des arrondissements minéralogiques a été notamment développé dans un procès-verbal circonstancié de la conférence du 23 floréal an VI (12 mai 1796).

(**) Du bassin houiller de la Wurm, près d'Aix-la-Chapelle.

mont et de Pesey, et les forges de Saint-Hugon, jadis aux Chartreux, dont le revenu net de 6.000 francs aurait permis de reprendre l'exploitation des mines.

Toutes ces exploitations étaient à ce moment à la disposition de l'État. Ces arrondissements auraient été administrés directement, comme celui de l'École pratique, par le conseil des mines, sous l'autorité du ministre de l'intérieur; les bénéfices auraient servi d'abord à payer toutes les dépenses du corps des mines et des écoles théorique et pratique; un dixième du bénéfice net aurait été versé au trésor; le surplus des fonds disponibles devait être employé en travaux de recherche, c'est-à-dire en travaux pour ouvrir de nouvelles mines, ou en recherches de nouveaux procédés ou d'améliorations des procédés anciens des mines et des usines. Le conseil des mines pensait que, dans l'état de la science à cette époque, l'administration était seule en mesure de faire, dans cette voie, des tentatives heureuses. En dehors de l'enseignement direct donné dans les écoles au personnel de l'État et de l'industrie privée, le conseil entendait que les exemples donnés par la conduite de ces exploitations modèles fussent un enseignement pour le pays tout entier, convaincu que l'industrie minière et métallurgique devait recevoir, à tous égards, le plus vif essor de cet ensemble de combinaisons. On reconnaîtra sans peine dans tout ce plan l'influence des coutumes allemandes de cette époque.

Pendant que l'administration des mines agitait ces problèmes, sur lesquels on peut être partagé d'opinion, mais dont le haut intérêt n'échappera pas, la question de l'École pratique parut faire un pas sur le terrain des faits. François de Neufchâteau, ayant pris le ministère de l'intérieur, annonça au conseil, en l'an VII, qu'il pourrait allouer 63.600 francs pour l'École pratique de Giromagny, où légalement elle était restée fixée, dont 8.900

francs pour frais d'établissement, 24.700 francs pour le traitement du personnel et 30.000 pour les travaux de mines, et il invitait le conseil à se mettre en mesure d'ouvrir l'école au printemps de 1799. L'affaire n'eut pas de suite parce que les fonds manquèrent.

Aussi bien le conseil, reprenant ses anciennes observations, rappela qu'il lui serait impossible d'organiser et de faire fonctionner utilement l'École à Giromagny si on ne lui remettait pas en même temps, suivant ses anciennes demandes, les houillères de Ronchamp, ainsi que les bois et pâturages jadis affectés aux mines de Giromagny et le couvent de Picpus nécessaire au logement du personnel. Le conflit au sujet de ces affectations persistant entre le ministère de l'intérieur et le ministère des finances, la question dut être soumise au Directoire exécutif, auquel on communiqua en même temps le plan des arrondissements minéralogiques. Le Directoire ne sut pas ou ne voulut pas distinguer la question de l'École pratique de Giromagny de celle des arrondissements, et il rejeta l'ensemble du plan proposé par le conseil « non seulement par la considération du grand nombre des établissements demandés, mais encore par l'inconvénient de les ôter à la régie des domaines et de perdre l'espoir de la grande augmentation de revenu que ses soins doivent procurer dans des temps plus heureux, et par celui de les confier à des mains, très habiles sans doute dans la partie des arts, mais qui n'ont pas le même avantage ni la même tendance du côté de l'administration économique. » (Lettre du ministre des finances au ministre de l'intérieur du 4e jour complémentaire de l'an VIII, 21 sept. 1800.)

Le ministère des finances profita de son succès pour affermer définitivement les houillères de Ronchamp et pour aliéner les pâturages de Giromagny. Toute la combinaison du conseil des mines sur Giromagny s'écroulait. Aussi Chaptal, étant devenu ministre de l'intérieur après

le 18 brumaire, annonça au conseil des mines que, puisqu'il persistait à déclarer impossible, dans ces conditions, l'établissement de l'École pratique à Giromagny, il fallait chercher où la placer ailleurs.

En réponse à cette invitation, le conseil lui adressa, le 28 mai 1801 (8 prairial an IX), un travail où il faut aller chercher l'origine de l'arrêté du 13 pluviôse an X (12 février 1802).

Persistant dans l'idée qu'il fallait s'efforcer de donner une instruction pratique détaillée dans toutes les branches de l'art des mines et de la métallurgie, le conseil pensait que l'École pratique devait comprendre quatre sections ou plutôt qu'il fallait quatre écoles pratiques : une pour l'exploitation des mines proprement dite, qu'il était préférable de placer sur une mine de houille ; la seconde pour le traitement des minerais de fer et l'élaboration de ce métal ; la troisième pour le traitement des minerais de plomb et de cuivre et pour la séparation de l'or et de l'argent ; la quatrième pour l'exploitation des salines.

Le conseil proposait de fixer la première école aux houillères de Rolduc et Keskraed (Meuse inférieure) ; la seconde à Geislautern près Sarrebrück ; pour la troisième il remettait à indiquer l'établissement destiné au traitement du cuivre ; il désignait pour l'exploitation et le traitement des plombs argentifères les mines de Pesey et d'Allemont, qu'il fallait réunir à cet effet sous une même direction ; la quatrième école enfin aurait été placée à Lons-le-Saulnier. En indiquant les mines de Pesey qui, d'après les renseignements de Schreiber, permettaient de concevoir à bref délai de grandes espérances moyennant de faibles avances, le conseil faisait observer que « la position de cette école pratique dans un des départements méridionaux contribuera à répandre dans ces contrées le goût de l'exploitation et les lumières propres à la faire prospérer. »

A chacun de ces établissements devait être attaché un inspecteur chargé de la direction et du professorat, un ingénieur pour le seconder, et un comptable (*). L'enseignement aurait été donné gratuitement aux élèves envoyés tant par le gouvernement pour leur instruction pratique, que par des particuliers, ou venus d'eux-mêmes, pour s'instruire.

Les élèves de l'École des mines de Paris auraient été tenus nécessairement à y venir faire un stage, et leur avancement comme ingénieurs surnuméraires n'aurait eu lieu qu'après constatation de leurs connaissances pratiques.

Plus que jamais, le conseil ne pouvait voir dans ces écoles pratiques, pour les élèves du gouvernement, qu'un complément, à un point de vue nécessaire mais spécial, de l'enseignement théorique indispensable qu'il devait prendre d'abord à l'École des mines de Paris. Cette idée, que le conseil avait toujours eue même au lendemain de la loi du 30 vendémiaire an IV, paraissait encore plus rationnelle depuis la loi du 25 frimaire an VIII (16 décembre 1799) qui venait de réorganiser l'École polytechnique. En effet, cette loi, en accentuant encore l'évolution vers la théorie pure que subissait depuis sa création l'enseignement de l'École polytechnique, indiquait nettement que, pour les élèves destinés aux services publics, cette école n'était qu'une préparation aux *écoles d'application*

(*) Le conseil indiquait comme personnel :

Pour Rolduc : inspecteur, Baillet ;
— ingénieur, Brochin ;
— Geislautern : inspecteur, Hassenfratz ;
— ingénieur, Beaunier ;
— Pesey : inspecteur, Schreiber ;
— ingénieur, Cordier ;
— Lons-le-Saulnier : inspecteur, Faujas de Saint-Fond ;
— ingénieur, Champeaux.

de ces services, notamment du service des mines (art. 1); et, après avoir dit, dans son article 49, que les programmes d'instruction dans les écoles d'application devaient être arrêtés de manière que l'enseignement y fût en harmonie et entièrement coordonné avec celui de l'École polytechnique, la loi ajoutait dans son article 51 que « l'École de Châlons sera une école d'application pour l'artillerie (*) à l'instar de celle de Metz pour le génie militaire, de celles de Paris pour les ponts et chaussées, les mines et les géographes ». Cette loi, et cet article notamment, paraissaient donc consacrer explicitement l'École des mines de Paris dans des termes tels qu'il était permis de considérer désormais comme implicitement abrogé en droit, ainsi qu'on l'avait jusqu'alors admis en fait, le système de la loi du 30 vendémiaire an IV, n'admettant comme école des mines qu'une école pratique à établir sur une exploitation.

Le conseil des mines devait donc être loin de s'attendre à la décision du 12 février 1802 qui, à son plan si large, substituait cette solution mesquine de créer, en place de l'École de Paris supprimée, deux écoles pratiques : l'une à Geislautern, dans le département de la Sarre, l'autre à Pesey dans le département du Mont-Blanc (art. 1 de l'arrêté des consuls). Dans la première, on devait enseigner l'art de traiter les mines de fer et d'extraire la houille, en même temps qu'on s'occuperait de tout ce qui a rapport aux préparations dont les substances minérales sont susceptibles; dans la seconde, on devait faire connaître tout ce qui a rapport à l'exploitation des mines

(*) On sait que pendant longtemps l'artillerie avait soutenu que son service pouvait se recruter directement par l'Ecole de Châlons sans que ses élèves passassent au préalable par l'Ecole polytechnique. La loi de l'an VIII eut notamment pour but de résoudre définitivement ce conflit et de mettre l'Ecole de Châlons, en tant qu'école spéciale, sous la dépendance de l'Ecole polytechnique.

de plomb, cuivre, argent et des sources salées (art. 2). Chaque école, qui pourrait recevoir dix élèves, au traitement de 600 francs et entretenus aux frais du gouvernement (art. 6), devait être dirigée par un directeur, au traitement de 5.000 francs, et avoir trois professeurs, au traitement de 4.000 francs, nommés par le premier Consul, sur la présentation du ministre et les propositions du conseil (art. 8); l'un des professeurs devait être chargé d'instruire les élèves dans la science pratique de l'exploitation; le second professeur, dans la mécanique et ses applications aux travaux des mines; le troisième devait donner les principes physiques et chimiques nécessaires au minéralogiste (art. 3, 4 et 5).

Cette décision, qui d'ailleurs, on le verra, ne fut pas appliquée à la lettre, est de nature à surprendre; elle dénote à coup sûr dans son programme d'enseignement peu de connaissance des nécessités d'une école des mines dont l'enseignement doit se suffire à lui-même. L'erreur d'appréciation est d'autant plus étonnante qu'on avait l'expérience acquise par huit ans de fonctionnement de l'École des mines de Paris.

Il faut évidemment chercher les motifs de cette décision fâcheuse dans le désir que l'on avait de réaliser des économies importantes dans tous les services publics (*); cette mesure se reliait au système qui amenait à ne plus conserver le personnel des mines en résidence à Paris, mais à l'envoyer désormais résider dans des arrondisse-

(*) Dufrénoy, dans une note sur l'historique de l'Ecole adoptée par le conseil de l'Ecole le 17 décembre 1834, disait : « La suppression de l'Ecole des mines de Paris fut le résultat d'une économie mal entendue. Elle a été regardée comme très fâcheuse; sans doute il était utile de fournir aux jeunes ingénieurs un moyen de suivre les travaux des mines; mais les écoles pratiques ne doivent être que le complément des écoles d'application. »

ments d'inspection, ainsi qu'il fut décidé le 18 ventôse an X (9 mars 1802) (*).

Lorsque plus tard l'École des mines fut rétablie à Paris, le conseil, qui l'administrait, reprit et poursuivit pendant longtemps, sans plus de succès d'ailleurs que pendant la période que nous venons de traverser, cette idée d'écoles pratiques ou d'établissements d'État, dans lesquels les élèves, leur éducation théorique achevée, viendraient se former à l'habitude du métier, en l'exerçant par eux-mêmes dans le moindre détail. En 1837-1838 ces idées furent reprises et agitées, en dehors du conseil de l'École, dans les conseils de l'administration supérieure; celle-ci entra même en pourparlers avec des industriels pour l'acquisition de leurs établissements. En outre de l'enseignement à donner dans ces écoles pratiques, on songeait aussi, il est vrai, à cette époque, à faire de ces établissements d'État des mines ou usines expérimentales, où tous les nouveaux procédés auraient été étudiés. Ces idées sur les usines expérimentales de l'État furent reprises plus tard avec moins de succès encore. Les projets d'écoles pratiques conservèrent longtemps de chauds défenseurs. Lorsqu'en 1847-1848 l'enseignement de l'École de Paris subissait une transformation assez grande, Michel Chevalier donna à ces idées l'appui de son autorité et de son expérience personnelle. Dans une note remise le 15 janvier 1848 à M. Jayr, alors ministre des travaux publics, il faisait observer que les élèves de l'École des mines suivent des cours à Paris, et n'ont d'autre initiation à la pratique que des voyages rapides, où ils stationnent à peine dans les établissements, ne recueillant que des renseignements très sommaires, ne voyant que ce qu'on veut bien les autoriser à regarder, ne prenant aucune espèce de part aux opérations et excitant la méfiance s'ils questionnent de trop près; Michel Chevalier, convaincu qu'il fallait garder l'École à Paris, pour avoir à la fois les collections nécessaires et les professeurs théoriques les plus éminents, pensait donc qu'il fallait astreindre les élèves à passer deux saisons de six mois chacune à l'école pratique qui aurait été installée sur un établissement de l'État, réunissant mine et usine, et de préférence, suivant lui, sur une mine métallique avec minerais complexes; ce n'eût été qu'à la suite de ce stage qu'un voyage serait venu servir de couronnement à cette éducation.

(*) Cette mesure était elle-même dictée principalement par des vues d'économie; jusqu'en 1810, en effet, les ingénieurs résidant dans les départements furent en partie payés par ceux-ci.

Les difficultés budgétaires contre lesquelles on luttait dataient de quelque temps déjà. Le conseil des mines avait dû présenter d'énergiques observations contre les économies qu'en l'an VII, on proposait d'introduire encore dans le budget des mines déjà très émondé. Les appointements des conseillers, inspecteurs et ingénieurs, fixés respectivement en frimaire an IV (décembre 1795) à 8.000, 6.000 et 4.000 francs, avaient été d'abord réduits d'un quart par la loi du 2 nivôse an V (22 décembre 1796), puis ramenés en l'an VII à 5.000, 4.000 et 2.800; on se proposait de les réduire encore en l'an VIII. Le nombre des employés du conseil devait être réduit de treize à sept, et l'on ne voulait donner aucun fonds pour les dépenses du matériel de l'École, bibliothèque et laboratoire.

Désireux de nous borner à un simple rôle de narrateur, nous ne croyons pas devoir présenter la moindre observation personnelle sur un sujet qui, si facilement, prêterait aux développements les plus considérables. Il nous suffira pour l'instant, après avoir indiqué les efforts déployés pendant huit ans pour créer des écoles pratiques, de dire ce qu'a été l'école des mines de Pesey, qui s'est le plus rapprochée du type d'une école pratique, sans qu'elle l'ait jamais été effectivement comme on va le voir. Auparavant, quelques mots nous suffiront pour faire connaître la destinée réservée à l'école pratique de Geislautern.

Geislautern est à 12 kilomètres à l'ouest et en aval de

Sarrebrück, sur la Rossel, près du confluent de cette rivière avec la Sarre, au point où, vers le sud-ouest, la formation houillère du bassin de Sarrebrück disparaît sous les grès vosgiens. Le domaine français avait pris possession de tous les biens appartenant aux princes de Nassau-Sarrebrück ; il disposait ainsi de trois forges et de l'ensemble des houillères, comprenant treize exploitations en activité en ce moment, dont celle de Geislautern, qui était spécialement affectée à la forge située dans cette localité (*). L'administration des finances aliéna deux des forges, et la troisième, celle de Geislautern, avec sa fabrique de fer-blanc, fut réservée pour l'École pratique avec la houillère voisine à elle affectée.

Mais cette houillère était à peu près épuisée jusqu'au niveau des vallées ; elle ne fournissait en outre que des charbons de seconde qualité pour chauffage et grilles, impropres à donner du coke. Or, on se proposait de construire à Geislautern deux grands fourneaux au coke. On affecta donc ultérieurement à l'École pratique les houillères de Dutweiler, établies sur les affleurements houillers qui émergent à 6 kilomètres au nord-est de Sarrebrück, et qui étaient à cette date les exploitations en activité les plus rapprochées de Geislautern. Ces exploitations devaient en outre permettre de compléter l'enseignement pratique en matière d'exploitation de mines. Plus tard, pour assurer la bonne marche de l'établissement un décret du 10 août 1811 lui affecta, dans les forêts domaniales et

(*) Les autres houillères avaient été affermées, comme elles l'étaient du reste sous les princes de Nassau-Sarrebrück, au prix annuel de 71.000 francs par bail de neuf ans qui avait commencé le 1er messidor an V (9 juin 1797), et qui fut continué d'un commun accord en attendant l'institution des soixante concessions projetées.

Toutes ces houillères, à ce moment, étaient encore exploitées par galeries. Elles produisaient environ 120.000 tonnes par an d'une valeur de 500.000 francs.

communales qui l'entouraient au sud, un périmètre pour la recherche et l'exploitation des minerais de fer.

L'usine ne put être remise au conseil des mines par le Domaine que le 1er janvier 1807. Par décret du 10 mars, Guillot-Duhamel fils (*), alors ingénieur en chef des mines, fut nommé directeur, poste dans lequel Beaunier (**) devait le remplacer en février 1813.

Faute de fonds suffisants mis à leur disposition, l'un et l'autre durent se borner à faire rouler du mieux qu'ils purent les exploitations placées sous leur direction en tant qu'exploitations domaniales, mais sans pouvoir s'occuper

(*) Fils de Guillot-Duhamel, l'initiateur en France de l'art des mines et de la métallurgie, ingénieur lors de la réorganisation en 1794, ayant suppléé son père au début de l'enseignement de l'Ecole de la Convention, inspecteur divisionnaire à la réorganisation en 1810, nommé inspecteur général au décès de Lefebvre d'Hellancourt en 1813, et ainsi appelé à siéger avec Lelièvre et Gillet de Laumont pour continuer dignement les traditions du premier triumvirat.

Ce Guillot-Duhamel a eu lui-même un fils sorti de l'Ecole polytechnique dans les mines, en 1819, avec Elie de Beaumont. C'est ce Guillot-Duhamel de la troisième génération qui a coopéré à la carte de la Haute-Marne et qui est décédé ingénieur en chef en retraite.

(**) Beaunier, né le 15 janvier 1779, mort le 20 août 1835, dont le nom est resté populaire à Saint-Etienne, mériterait d'être plus connu en France qu'il ne semble l'être. Il a été le fondateur, en 1816, de l'Ecole de Saint-Etienne, qui a, il est vrai, suivi d'autres voies que celles projetées pour elle. Il a le premier fabriqué, à la Béraudière, les aciers affinés à la houille dont la production industrielle fit justement tant de bruit à leur époque. Il a été le concessionnaire et le créateur du premier chemin de fer établi en France, celui de Saint-Etienne à Andrezieux, concédé par ordonnance royale du 26 février 1823.

Beaunier était entré directement à l'Ecole des mines de Paris le 19 ventôse an III (9 mars 1795) dans la première promotion de quarante élèves qui y furent successivement admis. Il passa ingénieur au second concours ouvert à cet effet, en octobre 1798, il resta dix-huit mois au laboratoire, employé par Vauquelin, et occupé à faire passer aux élèves leurs examens sur la chimie et la métallurgie.

des installations diverses que nécessitait l'enseignement à donner à des élèves. Aussi aucun professorat ne fut-il jamais constitué à Geislautern ; aucun élève n'y fut placé à demeure pour y faire un stage de quelque durée ; quelques élèves hors de concours venus de l'École de Moutiers ont pu y passer comme sur tout autre établissement. Il ne faut donc voir dans Geislautern que l'embryon d'un arrondissement minéralogique, c'est-à-dire d'une entreprise industrielle gérée par l'administration des mines, analogue à l'arrondissement de la Tarentaise dont nous allons parler, sans que celui-là ait eu les brillantes destinées que Schreiber devait donner à celui-ci.

Guillot-Duhamel, aidé de Beaunier et de Colmelet, a eu du reste à s'occuper principalement du travail considérable nécessaire à la délimitation des soixante concessions qui, conformément au décret du 13 septembre 1808, devaient être instituées sur le bassin houiller de Sarrebrück. Les événements de 1814 devaient survenir avant que cette importante opération eût abouti.

A l'invasion de 1814, Beaunier dut se réfugier à Metz, où il resta enfermé jusqu'à la paix. Le traité du 30 mai 1814 nous avait laissé Geislautern tandis qu'il nous avait enlevé tous les établissements de la Tarentaise. L'administration songea donc, autant que les événements permettaient de le faire, de tirer désormais parti de Geislautern pour l'enseignement. Brédif, que nous retrouverons sous-directeur de la mine de Pesey, fut placé en la même qualité sous les ordres de Beaunier qui, à la paix, était retourné à Geislautern. Mais ils furent obligés de fuir à nouveau en juin 1815, assez heureux pour sauver le matériel, les produits et les pièces de comptabilité de l'établissement que la France allait perdre définitivement cette fois.

CHAPITRE V.

L'ÉCOLE DES MINES DU MONT-BLANC.

(1802 — 1814).

Pesey, où Chaptal et Napoléon avaient déporté l'École des mines, est une assez pauvre commune de la Tarentaise, dont le seul avantage est d'être située dans une vallée des plus justement réputées de la Savoie pour sa beauté pittoresque ; elle s'ouvre sur la rive gauche de l'Isère à quelque 20 kilomètres en amont de Moutiers et descend du glacier de Pépin qui couronne sur sa face septentrionale l'Aiguille du midi (3.360 mètres d'altitude). Pesey, à une altitude de 1.300 mètres, est à 4 kilomètres en amont du débouché de la vallée ; les mines sont à 4 kilomètres plus haut ; le gîte affleure à la cote de 1.580 mètres sur la rive gauche de la vallée, au pied de la falaise que surmonte le glacier. Un sentier accessible seulement aux mulets reliait à cette époque Pesey et la mine à la vallée de l'Isère.

La mine de Pesey est constituée par un filon-couche ; l'exploitation a porté à peu près exclusivement sur une colonne, très inclinée, de galène tenant 210 grammes d'argent aux 100 kilogrammes de plomb. La colonne avait été extrêmement riche dans les parties hautes où elle avait présenté une puissance de 8 mètres, donnant assez aisément des minerais à 82 p. 100 de plomb. Puissance et richesse avaient diminué rapidement en profondeur. En 1806, à l'avancement, à une profondeur d'une centaine de mètres, on n'avait plus que 1 mètre de minerai de bocard (*).

(*) Les renseignements anciens sur la mine de Pesey sont extraits en majeure partie d'un mémoire de H. Lelivec, ingénieur des mines du département du Mont-Blanc, qui a été inséré dans le

Découvert en 1714, le gîte fût tout d'abord exploité faiblement et par intervalles. En 1742 il passa aux mains d'une compagnie anglaise qui avait obtenu un privilège exclusif pour la recherche des mines en Savoie, avec concession pour 40 ans de celles qu'elle découvrirait. Mais vers 1760, après 18 ans d'une exploitation très lucrative, la compagnie anglaise fut forcée de rétrocéder cet établissement à une compagnie sarde qui continua l'exploitation jusqu'à la conquête de la Savoie par la France en 1792. Les principaux actionnaires et employés avaient émigré et les travaux étaient suspendus. La mine fut déclarée nationale par un arrêté de l'administration départementale du Mont-Blanc du 9 brumaire an II (30 octobre 1793); mais il n'y fut plus travaillé jusqu'à la reprise qu'allait provoquer l'installation de l'École dans le milieu de 1802.

De 1745 à 1792, la mine de Pesey avait produit 14.670 tonnes de plomb et 36.670 kilogrammes d'argent, soit environ par an 300 tonnes de plomb et 800 kilogrammes d'argent. De 1760 à 1792, le bénéfice réalisé avait été de 2.067.269 francs, soit moyennement 65.000 francs par an. Mais il s'était élevé dans certaines années, notamment en 1774 (*), jusqu'à 216.000 francs. Par contre, de 1786 à 1792, le fond de la mine se trouvant inondé et la grande galerie d'écoulement faite pour la désinonder n'ayant percé aux eaux que dans cette année (**), l'exploi-

Journal des mines (t. XX, 2e semestre 1806), sous le titre : *Statistique des mines et usines du département du Mont-Blanc;* les renseignements relatifs à la direction de Schreiber proviennent des archives du ministère des travaux publics, registres du conseil général des mines, etc.

(*) En 1774, la mine aurait produit les quantités réellement énormes pour l'époque de 3.460 tonnes de plomb et 4.689 kilogr. d'argent.

(**) Cette galerie de fond avait, avec les contournements de son tracé, une longueur de 1.300 mètres environ; sa longueur réduite ne correspondait qu'à quelque 600 mètres; elle venait percer

tation n'avait porté que sur de vieux piliers, et le bénéfice annuel n'avait été moyennement que d'une quarantaine de mille francs.

Ces résultats avaient déterminé le gouvernement à mettre l'École à Pesey. Non seulement, en effet, il entendait que les bénéfices de l'exploitation fissent face à toutes les dépenses de l'Ecole, mais encore il ne fut alloué à l'administration des mines aucun crédit extraordinaire pour les premières dépenses. Une diminution opérée sur les traitements des ingénieurs de tout grade permit de pourvoir à ces frais; le talent et l'activité de Schreiber, qui avait été nommé directeur, permit de réaliser le programme. Les preuves d'habileté qu'avait données cet ingénieur et les succès qu'il avait obtenus depuis 1777, dans l'exploitation des mines voisines d'Allemont (*), jouèrent certainement un grand rôle dans sa désignation à ce nouveau poste et, peut-être même, dans l'adoption du plan réalisé par l'arrêté consulaire du 12 février 1802.

Les conditions dans lesquelles Schreiber débutait dans sa direction n'étaient cependant guère favorables. L'établissement se trouvait abandonné depuis plus de dix ans; les galeries et puits étaient partiellement éboulés; la maison de direction et les baraques des ouvriers inhabitables; les bâtiments d'exploitation tombaient en ruines. Schreiber sut tout d'abord réunir le personnel nécessaire et le forma lui-même en partie grâce à sa grande pratique du métier. La maison de direction fut remise en état. On construisit à l'entrée de la galerie d'écoulement, devenue galerie de sortage, une laverie, puis, plus tard,

dans le puits principal à une centaine de mètres au-dessous de son orifice.

(*) Schreiber était resté directeur des mines d'Allemont pour le compte du Domaine jusqu'en 1802; il passa de là directement à Pesey.

une autre plus basse et moins sujette à être arrêtée par les gelées ; on rétablit enfin une fonderie et un atelier de coupellation. De 1803 à 1805, Schreiber put arriver à produire 242 tonnes de plomb, 45 tonnes de litharge et 823 kilogrammes d'argent, réalisant un bénéfice net de 22.214 francs, après avoir fait face à 128.720 francs de frais de premier établissement et ayant, en outre, un stock de 46.720 francs. En 1806, le bénéfice net fut de 80.000 francs. Les années suivantes, jusqu'à la disparition de l'École en 1814, la production se tint, avec du schlich à 70 p. 100, aux environs de 250 tonnes de plomb et de 560 kilogrammes d'argent donnant un produit brut de 350.000 francs et un bénéfice net de 170.000 à 180.000 francs. La mine de Pesey occupait alors 300 ouvriers, dont moitié à l'intérieur ; toujours à l'imitation de ce qui se faisait dans les districts miniers allemands, Schreiber ne manqua pas d'établir, en faveur de ce personnel, des institutions de prévoyance contre la maladie et les accidents.

En somme Schreiber réussit pleinement non seulement à assurer la marche de l'entreprise et, par suite, le fonctionnement de l'École, mais encore à constituer des réserves qui, plus tard, de 1814 à 1816, servirent à payer les frais des deux déménagements que l'École, rétablie à Paris, eut à faire de l'hôtel Mouchy au Petit-Luxembourg, et de celui-ci à l'hôtel Vendôme.

Sans vouloir diminuer le talent hors de pair que Schreiber eut à déployer pour atteindre ce but, il est tout au moins intéressant d'observer que ces résultats n'ont pu être obtenus, avec une production relativement si faible, que parce que le plomb valait 80 à 90 francs les 100 kil., l'argent 220 francs le kil., et que, d'autre part, les ouvriers d'état n'étaient payés que 1^{f},20 et les manœuvres 0^{f},50 par jour ; en outre, le combustible venait des forêts affectées à l'établissement et ne donnait

lieu qu'à des redevances peu importantes en faveur des communes.

Avant même que Schreiber eût pu entreprendre de remonter l'exploitation, l'administration s'était préoccupée de compléter l'organisation de la nouvelle École. Quelques jours après que l'arrêté des Consuls du 12 février 1802 (23 pluviôse an X) eut fixé l'École à Pesey, un autre arrêté du 27 ventôse (18 mars), en même temps qu'il désignait Schreiber comme directeur, nommait comme professeurs Baillet du Belloy, Hassenfratz et Brochant de Villiers.

L'École devait fonctionner sous la haute surveillance du conseil des mines. Mais la distance et la difficulté des communications décidèrent Chaptal à en remettre, par décision du 30 mars 1802 (5 germinal an X), l'administration directe à un comité formé du directeur et des trois professeurs. Le conseil des mines ne continua pas moins à s'en occuper avec sollicitude. En 1803, dès la première année de son fonctionnement, Gillet de Laumont, malgré son âge et ses infirmités, vint lui-même en Savoie, heureux, comme jadis dans la maison d'instruction de l'agence des mines, de se trouver entouré des jeunes élèves ; il se fit un plaisir de les accompagner dans leurs courses géologiques auxquelles donnait un attrait si particulier un pays plus propre peut-être, il est vrai, à former des alpinistes que des ingénieurs et des métallurgistes.

L'École était organisée, au moins sur le papier. Quand on voulut la faire fonctionner réellement on s'aperçut de l'impossibilité absolue d'installer matériellement élèves et professeurs sur les pentes neigeuses de Pesey, inhabitables une partie de l'année, hors et loin de tout chemin carrossable, sans bâtiment pour recevoir le personnel ; il fallait l'étrange légèreté avec laquelle paraît avoir été rendu l'arrêté consulaire de février 1802, pour qu'on ne se fût pas rendu compte tout de suite d'une pareille situa-

tion. On y remédia en affectant à l'École, par arrêté consulaire du 27 nivôse an XI (17 janvier 1803), les bâtiments du séminaire de Moutiers, transformés à cette époque en manutention militaire. Schreiber, que Lefroy, à titre d'inspecteur sous-directeur, vint aider dans ce travail spécial dès le printemps de 1803, y fit établir un assez vaste laboratoire (*) avec ses dépendances, une bibliothèque, des salles de dessin et d'étude, un cabinet de minéralogie un peu rudimentaire, des logements pour le directeur et quelques ingénieurs. C'est ainsi que fut effectivement établie à Moutiers l'École légalement fixée à Pesey ; elle fut dorénavant plus généralement désignée sous l'appellation d'École pratique du Mont-Blanc.

Dans cette curieuse expérience poursuivie dans la Tarentaise, de 1802 à 1814, il y a, d'ailleurs, deux choses à distinguer. Le conseil des mines n'avait pas aisément renoncé à son idée d'arrondissements minéralogiques constitués à l'imitation des districts miniers allemands, dans lesquels l'administration devait être chargée directement ou indirectement de l'exploitation des mines et usines; ces idées étaient de nature à rencontrer plus de crédit que par le passé avec le nouveau gouvernement et une situation financière meilleure (**). Aussi le conseil parvint-il à créer un pareil arrondissement autour de l'École pratique du Mont-Blanc. Un décret du 22 frimaire an XIII (13 décembre 1804) réserva à l'École un district de quelque 450.000 hectares, englobant la Tarentaise et la Maurienne; l'administration de l'École, sous la surveillance

(*) Le laboratoire était assez pauvrement installé, surtout au début. Berthier (*Journal des mines*, t. XXII, 1807, p. 82) ne put pas y achever certaines analyses faute de creusets métalliques.

(**) On le voit bien par le décret du 18 novembre 1810 portant réorganisation du corps des mines qui, dans ses articles 75 à 78, prévoit la direction d'établissements pour le compte de l'Etat par les ingénieurs des mines.

du conseil des mines et l'autorité du ministre de l'intérieur, pouvait seule, dans ce district, exploiter des mines ou les faire exploiter sous sa surveillance directe (*), sauf réserve des droits déjà constitués sur les mines d'anthracite d'Entrevernes (**). On décida, en outre, l'établissement à Conflans, en face d'Albertville, au confluent de l'Isère et de l'Agly, d'une grande fonderie centrale pour plomb et cuivre, destinée au traitement des minerais provenant des diverses exploitations qui seraient faites par l'administration de l'École. Pour permettre la construction de cette fonderie, le même décret lui affecta les vastes bâtiments de l'ancienne saline où l'on avait essayé jadis de traiter les eaux de Salins, près Moutiers, à 25 kilomètres de distance. Ces bâtiments s'étendaient, avec 300 mètres de longueur, sur les trois côtés d'une grande cour.

A côté de l'arrondissement minéralogique ainsi créé, véritable entreprise industrielle dont le succès ne laissa pas d'être prospère, l'École vécut d'une vie assez distincte, médiocrement brillante on le verra, mais qui heureusement, par suite des modifications apportées en fait à la constitution primitivement projetée, fut moins dé-

(*) Le personnel dont disposait Schreiber était insuffisant pour qu'il pût faire explorer directement tout le vaste périmètre de l'arrondissement. Aussi, pour inciter les recherches, fit-il adopter, par décision ministérielle du 12 novembre 1811, une organisation en vertu de laquelle tout individu pouvait faire des recherches et ouvrir une exploitation avec son autorisation, sauf à envoyer le minerai à Conflans. L'administration pouvait toujours reprendre une exploitation ainsi ouverte, à charge pendant dix ans de remettre à celui qui l'avait créée la moitié des bénéfices nets qu'elle produirait.

(**) Bien que la mine d'Entrevernes ne fût pas exploitée directement par l'administration de l'École, celle-ci intervint assez activement pour y faire appliquer des méthodes qui étaient à la fois un modèle pour le pays et un utile enseignement pour les élèves.

sastreuse que l'arrêté organique de février 1802 ne pouvait le faire craindre.

Tous les projets dont le décret de 1804 avait posé le programme, résultaient, en partie du reste, des constatations que Schreiber n'avait pas tardé à faire en reprenant l'exploitation de la mine de Pesey. Les difficultés qu'il rencontra ne menaçaient de rien moins que de faire disparaître le motif principal qui pût expliquer sinon justifier l'établissement d'une École dans ces régions. Dès 1806, quatre ans à peine après la reprise des travaux, les bois qui servaient à alimenter la fonderie de Pesey commençaient à s'épuiser, et l'on pouvait prévoir que dans peu d'années l'approvisionnement deviendrait impossible puisque l'on ne pouvait songer à en faire venir d'un peu loin avec les seuls transports à dos de mulet dont on pouvait disposer. Schreiber avait eu beau s'ingénier pour améliorer ses fours. Vainement il avait essayé de les faire marcher avec les anthracites de la Tarentaise.

D'autre part le gîte de Pesey s'appauvrissait sensiblement en profondeur. Aussi Schreiber porta-t-il son attention sur les gîtes voisins qui pourraient faire l'objet d'une utile exploitation, et il fut assez heureux pour réussir complètement à Mâcot, mine située à quelque 10 kilomètres au sud-ouest de Pesey, dans une vallée parallèle, mais à une altitude encore plus grande, il est vrai, 2.100 mètres. En 1813 Mâcot était en exploitation avec un bocard spécial établi au pied de la mine, à la Roche, à 1.800 mètres d'altitude, et Mâcot, jusqu'en 1866, a fourni le principal aliment à l'ensemble de l'entreprise originairement créée par Schreiber.

On ne pouvait songer à remonter à la fonderie de Pesey les minerais de Mâcot et ceux des autres mines qu'on espérait découvrir. Conflans était au contraire dans une situation excellente, avec une force motrice considérable, au débouché de toutes les vallées du pays dont on pouvait recevoir minerais et combustibles. Désireux de faire les bénéfices nets les plus considérables, Schreiber, tant que Pesey continuait à marcher, mena fort lentement la construction de la grande fonderie projetée dès la fin de 1804. La fonderie fut placée dans le bâtiment central de l'ancienne saline ; les magasins et ateliers dans une des ailes ; dans l'autre, qui serait devenue une succursale de l'École, sinon même plus tard l'École même, pouvaient être disposés le laboratoire, les salles d'étude et les logements. L'établissement de cette fonderie centrale par les soins de Schreiber, secondé par les professeurs et les ingénieurs attachés à l'École, fut un fructueux sujet d'études pour les élèves. On y signalait principalement une grande machine soufflante à cylindres qui fut considérée comme un progrès considérable réalisé sur les trompes encore employées à Pesey. Une première campagne d'essai, plus que de marche courante, put être faite du 22 septembre au 13 octobre 1813, sous la conduite de l'ingénieur Hérault, plus spécialement attaché à ce service. En 1814, lorsque la mine de Mâcot eut été en pleine exploitation, la fonderie de Conflans devait entrer en roulement régulier ; mais ce fut l'année où la Savoie allait reprendre toute cette belle organisation créée avec tant de talent et de succès par Schreiber.

En dehors de l'entreprise industrielle dépendant de Schreiber était la saline établie à Moutiers même, qui traitait les eaux sourdant à Salins, à 1 kilomètre de distance (*) ; cette saline dépendait directement de la régie et point de la direction de l'École ; mais elle pouvait servir d'objet d'études aux élèves auxquels maintenant il nous faut revenir.

(*) Les sources de Salins et la saline de Moutiers ont été décrites en grand détail par Berthier en 1807 (*Journal des mines*, t. XXII). Elles rendaient net au Trésor quelque 120.000 francs avec une production annuelle de 1.000 tonnes.

Si tout enseignement spécial sur les mines et la métallurgie n'a pas sombré dans l'expérience de Moutiers, on le doit aux professeurs qui y furent nommés et à la façon dont ils comprirent leur mission, tout autrement fort heureusement que ne l'avait entendu l'arrêté organique de février 1802.

Baillet pour l'exploitation et Hassenfratz pour la métallurgie ne firent que continuer à Pesey l'excellent enseignement de théorie appliquée que, depuis plusieurs années déjà, ils donnaient à Paris et qu'ils devaient y continuer à partir de 1816 pendant tant d'années encore, alors que l'arrêté du 12 février 1802 ne prévoyait qu'un enseignement essentiellement pratique. Le désaccord entre les faits et le programme officiel était inévitable; l'arrêté des Consuls de février 1802 avait méconnu le caractère de l'enseignement spécial indispensable à la suite de celui, touchant aux généralités plus qu'aux spécialités, que recevaient les élèves de l'École polytechnique. Cette nécessité s'accentuait d'autant plus que l'enseignement de l'École polytechnique tendait davantage vers la pure théorie des sciences mathématiques.

Brochant de Villiers qui, à peine âgé de 30 ans, était appelé à succéder à Haüy, dont le haut enseignement, commencé si magistralement à l'École des mines, devait se continuer au Muséum, allait maintenir ce cours à la hauteur où l'avaient mis déjà ses illustres devanciers. Ce qu'était ce cours au moment où Brochant monta dans une chaire dont il devait rester titulaire pendant 33 ans, on peut aisément s'en rendre compte par le *Traité élémentaire de minéralogie* qu'il publia à cette époque (2 vol. in-8°, Paris, chez Williers), le premier volume en l'an IX, un an par conséquent avant le *Traité* d'Haüy, et le deuxième volume en l'an XI. Brochant de Villiers, dans le titre même de son ouvrage, indiquait que sa minéralogie était

présentée *suivant les principes du professeur Werner* (*). Toutefois son *Traité* et son enseignement étaient complétés par l'exposé des conceptions cristallographiques nouvellement découvertes par Haüy, en sorte qu'ils présentaient une heureuse synthèse des deux méthodes. Le second volume était particulièrement intéressant par le petit *Traité des roches* qui le terminait, constituant ainsi un des premiers ouvrages de pure géologie. Aussi bien, Brochant, par les belles études qu'il allait entreprendre avec tant de succès dans la Tarentaise (**), devait provoquer dans la géologie des progrès qui ont puissamment contribué à l'asseoir comme science indépendante, aux lieu et place de cette géographie physique, comme on désignait auparavant les connaissances purement géographiques ou statistiques, mnémoniques plus que scientifiques, qu'on enseignait sous cette appellation. Le résultat le plus appréciable, et peut-être le seul appréciable au point de vue

(*) Brochant de Villiers distinguait, avec Werner, dans la minéralogie entendue *lato sensu :*

L'*orictognosie*, ou connaissance des minéraux d'après leurs caractères physiques ou mieux les caractères extérieurs tombant sous nos sens;

La *minéralogie chimique;*

La *géognosie*, ou connaissance de la terre, c'est-à-dire des circonstances de gisement des substances minérales;

La *minéralogie géographique*, ou connaissance des localités où se trouvent ces substances;

La *minéralogie économique*, ou connaissance des emplois de ces substances;

En d'autres termes, la minéralogie devait apprendre : les caractères extérieurs, physiques (électricité, magnétisme), chimiques, les parties constituantes, les modes de gisement et les localités, enfin les usages des minéraux, minerais et roches.

(**) Les travaux de Brochant sur la Tarentaise se trouvent essentiellement dans :

Observations géologiques sur des terrains de transition qui se rencontrent dans la Tarentaise et autres parties de la chaîne des Alpes, 1806 (*Journal des mines*, t. XXIII).

Terrains de gypse ancien qui se rencontrent dans les Alpes, mémoire lu à l'Institut le 11 mars 1816.

scolaire, du transfert de l'École des mines à Pesey est d'avoir fourni à Brochant une occasion de faire ces travaux.

On aura sans doute remarqué dans l'arrêté organique la suppression du cours de docimasie qui venait d'être professé d'une façon si nouvelle et avec tant d'éclat par Vauquelin, et après lui si fructueusement par son élève et disciple, Collet-Descotils. Il fut suppléé en fait, tant bien que mal, et plutôt mal que bien, à cette autre lacune de l'organisation prévue dans l'arrêté consulaire de février 1802, par quelques notions qu'Hassenfratz ajouta, à cet effet, à ses leçons de métallurgie et par la pratique du laboratoire, dans lequel les élèves étaient exercés durant la période des exercices pratiques, sous la direction et la surveillance des ingénieurs qui restaient attachés à l'École plus ou moins longtemps, avant d'être envoyés en service. Mais la liberté dont on jouissait à Moutiers était telle que ces exercices au laboratoire, passagers du reste, ne furent jamais très suivis, au moins par la majorité des élèves. Un Berthier a pu se former dans un tel milieu; mais tous n'ont pas la vocation et les aptitudes d'un Berthier.

L'École, grâce à Lefroy (*), dont il semble que la spécialité devait être de présider à toutes les installations matérielles de l'École dans ses diverses pérégrinations, fut à peu près en mesure de fonctionner dans le printemps de 1803; à partir de ce moment, l'enseignement y continua régulièrement pendant onze ans jusqu'aux événements de 1813-1814. Il s'y poursuivit, suivant une méthode qui ne laissa pas d'être assez particulière et qui était une conséquence de l'ensemble des circonstances dans lesquelles l'École avait été créée.

(*) Lefroy est resté à Moutiers comme inspecteur sous-directeur, de mai 1803 à octobre 1804.

Schreiber, très absorbé par la direction technique d'une entreprise qui n'était pas très facile, rendu quelque peu sauvage par sa nationalité et son extraction première, paraissant avoir peu de goût pour les choses de l'enseignement, ne quittait guère Pesey; il s'en remettait aux professeurs de tout ce qui touchait à l'instruction théorique, et aux ingénieurs placés sous sa direction comme inspecteurs ou sous-directeurs, pour les exercices pratiques.

Les professeurs ne venaient guère à Moutiers que pour y faire leurs cours; aussi bien, à partir de la réorganisation du corps en 1810, Hassenfratz et Baillet, étant inspecteurs divisionnaires et membres du conseil général des mines, n'auraient pas pu y résider. L'enseignement théorique se donnait donc par périodes successives que chacun des professeurs occupait exclusivement, pendant trois mois au début de l'institution, et deux mois seulement à la fin (*).

Tout en gardant le même fond de programme, le développement donné aux matières et la manière de les exposer variaient d'après l'état d'instruction où le professeur trouvait les élèves. Suivant les années, Hassenfratz qui, ainsi que nous l'avons dit, devait compléter son cours de métallurgie par les notions jugées nécessaires de docimasie ou de chimie, faisait une leçon, ou ce qui serait plus exact, une conférence tous les jours ou tous les deux jours ou même parfois deux fois par jour (**).

(*) Les professeurs titulaires étaient parfois remplacés par un ingénieur envoyé en mission pour faire le cours à leur place. C'est ainsi que Cordier fit le cours de minéralogie d'août à décembre 1804.

Par contre, en 1811, il n'y eut pas de cours d'exploitation par suite d'une mission qui empêcha Baillet de se rendre à Moutiers.

(**) Note d'Hassenfratz remise en 1810 au comte Laumond, directeur général des mines (archives de la division des mines au ministère des travaux publics).

Entre les leçons, pendant la période d'enseignement technique, les élèves devaient se réunir pour repasser ensemble, sous la direction de celui d'entre eux faisant fonctions de brigadier, la leçon du professeur et la rédiger. Brochant de Villiers terminait chaque année son cours par des courses géologiques dans les environs.

A la suite de chaque cours le professeur, avant de quitter Pesey, faisait passer l'examen sur son cours et donnait les notes qui servaient au classement.

Après ou entre les cours théoriques les élèves se succédaient alternativement par roulement, à Pesey et à Moutiers, pour les exercices pratiques qui étaient réputés devoir compléter l'enseignement théorique.

A Pesey, les élèves vivaient avec l'ingénieur qui y remplissait les fonctions de sous-directeur, Beaussier (*) de 1807 à 1811, et Brédif (**) à partir de 1811. Ils devaient visiter journellement les travaux souterrains et les ateliers, s'exercer au lever des plans superficiels et souterrains et à la pratique des travaux, sans négliger l'apprentissage des moindres détails : forage des coups de mines, boisage, lavage, etc., travaux qu'ils devaient exécuter sous la conduite d'ouvriers expérimentés, spécialement choisis (***).

(*) Beaussier, né à Angers en 1779, mort dans cette ville le 2 mai 1816, élève de l'Ecole polytechnique en 1799, élève des mines en 1802, avait formé avec Guenyveau, le futur professeur de métallurgie à l'Ecole des mines de Paris, la première promotion qui avait dû se rendre directement à Moutiers. Dès la fin de ses études, il fut adjoint comme ingénieur à Schreiber.

(**) Brédif, né à Paris le 14 août 1786, est mort le 1er janvier 1818 à Saint-Louis du Sénégal au cours de l'expédition tristement célèbre par le naufrage de La Méduse; Brédif montra dans cette circonstance un sang-froid et un courage remarqués. A la cession de la Savoie à la France par le traité du 30 mai 1814, Brédif avait été envoyé comme sous-directeur à Geislautern d'où la nouvelle invasion devait à nouveau le chasser.

(***) Hassenfratz, dans sa note précitée au comte Laumond, dit que les élèves étaient *supposés* s'exercer à tous ces travaux.

Lorsqu'on commença à travailler à l'érection de la fonderie centrale de Conflans, les élèves y passèrent dans les mêmes conditions, sous la surveillance d'Hérault (*) qui, à partir de 1808, avait été attaché à cette branche du service de Schreiber comme sous-directeur.

A Moutiers, sous l'inspection de l'ingénieur plus spécialement attaché à l'École (**), les élèves devaient se réunir tous les jours dans le laboratoire et dans la salle de dessin pour faire les analyses, dessins, mémoires et autres travaux prescrits par les professeurs.

En réalité, les ingénieurs chargés de surveiller ou mieux de former les élèves, en fonctionnant en quelque sorte comme des répétiteurs bénévoles, étaient ceux qui, promus après avoir obtenu dans les examens les notes exigées par le règlement, leurs *mediums* (***), n'étaient envoyés en service dans les départements qu'après avoir été attachés un an ou deux au service de l'École.

On n'avait pas tardé à reconnaître qu'il ne suffisait pas aux élèves, pour se former, de suivre les travaux de Pesey et de Conflans, où ils ne pouvaient en somme étudier que l'exploitation et le traitement du plomb. Ceux d'entre eux,

(*) Hérault, né en 1780, mort inspecteur général des mines honoraire en 1848, avait fait partie, avec Héron de Villefosse, de la seconde promotion, sortie de l'Ecole polytechnique en 1799, qui put achever ses études à Paris avant le transfert de l'école à Moutiers.

(**) En réalité, Lefroy fut à peu près le seul, des débuts en 1803 à la fin de 1804, à remplir réellement, avec le titre de sous-directeur, les fonctions d'inspecteur de l'Ecole, telles qu'il les occupa à Paris à partir de 1816. Après lui, il n'y eut à l'Ecole que des ingénieurs adjoints, pris parmi ceux immédiatement promus. Berthier fut notamment désigné à cet effet et dans ces conditions pendant six mois, de la fin de 1805 au début de 1806, date à laquelle il fut appelé au laboratoire central à Paris.

(***) Le *medium* a été pratiqué à l'Ecole jusqu'en 1853. C'était une note moyenne qui n'était donnée dans chaque matière que lorsque l'élève était réputé avoir fait preuve de connaissances suffisantes en ladite matière. On continuait à l'étudier tant que le *medium* correspondant n'était pas obtenu.

jugés suffisamment avancés, généralement après deux ou trois ans de cours théoriques, surtout ceux déclarés hors de concours, étaient envoyés en voyage entre les cours théoriques soit dans les mines et usines des environs immédiats, soit plus loin jusqu'à Rive-de-Gier, Chessy et Sain-Bel, le Creusot, pour compléter leurs études pratiques et examiner des exemples de gisements, de travaux d'art et d'opérations métallurgiques qu'ils ne pouvaient voir à Pesey. Mais faute d'une surveillance immédiate, tous ces travaux n'étaient guère exécutés que dans la mesure qu'il plaisait à chaque élève d'y mettre avec ses goûts particuliers. Sans maître de dessin, cette partie importante de l'enseignement était déplorable; et l'on ne pouvait que regretter l'absence totale de l'étude des langues étrangères.

La vie et le travail des élèves, qui ne logeaient pas à l'École, étaient en somme extrêmement libres; Moutiers possédait une Académie de mines plus qu'une École des mines. Une pareille liberté ne pouvait avoir, au point de vue de la discipline, aucun inconvénient. Pour avoir été la capitale de la Tarentaise, Moutiers ne comptait pour cela pas beaucoup plus de 2.000 habitants; dans un pareil centre, avec les difficultés de communication de l'époque, l'éloignement relatif de toute ville tant soit peu importante, on ne pouvait craindre les conséquences d'un pareil régime.

Malgré un ensemble de circonstances si défavorables, l'École prospérait grâce à l'enseignement théorique qui y était donné. L'échange de Paris contre Moutiers n'avait pas été, il est vrai, très goûté au début, et plusieurs des élèves de l'École des mines de Paris qui n'avaient pas fini leurs études, aimèrent mieux renoncer à la carrière que d'aller en Savoie (*). Sauf en 1804, où aucun élève ne par-

(*) Parmi les élèves qui, n'ayant pas terminé leurs études à Paris, durent aller les achever à Moutiers, se trouvaient Berthier et Migneron.

vint de l'École polytechnique, les promotions se succédèrent régulièrement, allant jusqu'à sept élèves en 1808, mais plus habituellement de deux, trois, quatre ou cinq.

Des élèves externes venus, les uns à leurs seuls frais, et les autres envoyés aux frais de leurs départements, élevèrent jusqu'à vingt et vingt-quatre le nombre des élèves réunis à la fois.

Pendant que l'École suivait à Moutiers la destinée que les faits avaient ainsi amené à lui donner, la loi du 21 avril 1810 venait d'être promulguée et avait été suivie du décret organique du 18 novembre 1810 portant réorganisation du corps des mines. Si différentes que fussent la nouvelle législation et celle de 1791, le changement des choses fut, en fait, moins grand qu'on ne serait porté à le croire. L'administration avait été conduite, on le sait, sous le Consulat, à appliquer la loi de 1791 dans un sens assez différent de celui que paraissait comporter son texte; et au début de son application la loi de 1810 fut loin d'être entendue dans le sens où nous la comprenons aujourd'hui; le concessionnaire de mines, à l'origine, était, en fait, assimilé à un concessionnaire de travaux publics, bien plus que traité en vrai propriétaire, comme nous le considérons maintenant. Puis l'Empire n'eut pas beaucoup le temps d'instituer de nouvelles concessions régulièrement constituées. La transition d'un régime à l'autre fut en réalité peu apparente et le nouveau système ne produisit réellement des effets que beaucoup plus tard.

En ce qui concerne plus spécialement l'administration des mines, l'organisation de 1810 la mettait sous l'autorité d'un directeur général qui fut le comte Laumond. L'ancien conseil des mines, toujours constitué par Lelièvre, Gillet de Laumont et Lefebvre d'Hellancourt, de-

venait le conseil général des mines, et s'il s'augmentait d'un assez grand nombre de membres, les trois anciens conseillers, comme inspecteurs généraux de 1re classe, y conservaient toutefois une situation prépondérante, puisqu'ils étaient en réalité les seuls membres nés du conseil à raison de leur situation (*). Un d'entre eux, Lelièvre, présida le conseil effectivement en qualité de vice-président (**) jusqu'en 1832.

Le décret du 18 novembre 1810 ne fit qu'une allusion implicite aux écoles d'application en confirmant simplement l'état des choses qui existait à ce moment. Le nombre des élèves fut toutefois fixé à vingt-cinq (art. 2); il fut stipulé qu'ils passeraient de la 2e à la 1re classe, puis aspirants, suivant leur rang à l'École, et en raison de leurs progrès et de leur application (art. 10); qu'ils devaient résider dans les Écoles, sauf les missions relatives à leur instruction et le service extraordinaire auquel ils pouvaient être momentanément appelés (art. 14).

Les défectuosités nombreuses et diverses du fonctionnement de l'École de Moutiers n'étaient pas ignorées de la direction générale. Le conseil général des mines et les professeurs, dont deux, Baillet et Hassenfratz, résidaient à Paris et siégeaient au conseil comme inspecteurs divisionnaires, les avaient signalées au comte Laumond. Les professeurs lui avaient communiqué leurs vues sur une réorganisation de l'École à Paris, trouvant que le système suivi à Moutiers n'avait déjà que trop duré et

(*) Le conseil général des mines (art. 45 du décret de 1810) était composé des inspecteurs généraux résidant à Paris, des inspecteurs divisionnaires appelés par le directeur général, et d'auditeurs au Conseil d'Etat qui n'avaient toutefois voix délibérative que dans les affaires rapportées par eux; le directeur général pouvait y appeler, avec voix consultative, les ingénieurs de tout grade se trouvant à Paris.

(**) Le conseil était nominalement présidé par le directeur général.

qu'on n'arriverait jamais à le faire fonctionner régulièrement et utilement. En attendant on s'était borné, par une meilleure organisation des voyages entre les cours théoriques, par quelques compléments apportés à l'instruction (*), à tirer un meilleur parti du séjour des élèves à Moutiers.

Les événements de 1814 allaient précipiter la solution. La promotion de 1813 fut la dernière qui put entrevoir la Savoie. L'invasion n'allait pas tarder à la disperser et forcer ceux qui avaient à continuer leurs études (**) à regagner péniblement Paris, où elles devaient s'achever (***).

Schreiber, secondé efficacement par les ingénieurs Hérault et Gardien, ses adjoints, parvint, avec beaucoup de peine, à sauver les produits de l'établissement et le matériel de l'École. Il resta à Pesey et à Moutiers malgré le désagrément inséparable d'une semblable position tant que sa présence put y être utile à l'administration; il ne rentra en France qu'en mars 1816, et alla se fixer

(*) Le comte Laumond exigea notamment que les élèves eussent à étudier la législation et l'administration des mines et qu'ils fussent examinés sur ces matières avant de pouvoir être envoyés en service.

(**) Dufrénoy faisait partie, avec Thibaud, de cette promotion de 1813. Il se plaisait à raconter comment ils durent revenir à pied, Lambert, Juncker et lui, au milieu des difficultés créées par les armées étrangères, n'ayant ensemble tous les trois pour effectuer leur voyage qui dura treize jours, qu'une somme de 106 francs, si bien ménagée qu'à leur arrivée à Paris, il leur restait juste de quoi s'offrir une voiture pour se rendre dans leurs familles (Notice sur Dufrénoy par de Billy, *Annales des mines*, 6e série, t. IV).

(***) Parmi les élèves sortis en 1812 de l'Ecole polytechnique et alors encore à Moutiers, se trouvait Despine, originaire d'Annecy, qui devait être un des premiers et principaux ingénieurs du corps des mines de Sardaigne créé en 1822, et le directeur de l'Ecole de Moutiers lors de sa réouverture en 1825 par le gouvernement sarde.

à Grenoble (*), ayant refusé les offres superbes du gouvernement sarde pour reprendre l'institution sous l'autorité de celui-ci.

En recouvrant la souveraineté du pays, le gouvernement sarde (**) avait pris immédiatement possession de tous les établissements, mines et usines, créés par Schreiber, et amenés par lui à un si haut degré de prospérité; toutefois le gouvernement sarde crut au préalable devoir indemniser l'ancien concessionnaire des mines de Pesey qu'avait dépossédé l'administration française. Au refus de Schreiber de passer au service de la Sardaigne, Victor-Emmanuel avait, dès 1815, nommé de Rosenberg (***) directeur des établissements royaux de la Tarentaise, en le chargeant de préparer, avec une nouvelle législation sur les mines, la réorganisation de l'École que son gouvernement se proposait, lui aussi, de reprendre à Moutiers. Elle fut décidée et réglée par une ordonnance du 18 octobre 1822; mais les travaux d'aménagement, en vue notamment de préparer des logements pour les élèves qui devaient habiter l'École quoique sans y être nourris, et surtout en vue de la doter du matériel d'enseignement nécessaire, ne permirent d'en faire l'ouverture qu'au 1er juillet 1825. Rosenberg était mort le 10 mars 1824 et ce fut

(*) Schreiber avait été nommé inspecteur divisionnaire avec résidence à Lyon, mais, par faveur exceptionnelle, il fut autorisé à rester à Grenoble.

(**) Tous les renseignements officiels sur la création et l'organisation de l'Ecole sarde de Moutiers se trouvent dans le *Reperterio delle miniere*, Recueil officiel, 1re série, Torino, 1825 et années suivantes.

(***) De Rosenberg, né à Mayence le 4 avril 1769, ancien élève de Freiberg, avait été, pendant l'Empire, engagé par le duc de Raguse pour diriger, sous son gouvernement, les mines et usines d'Illyrie. Obligé de se replier en 1813 avec l'administration française, de Rosenberg s'était arrêté à Moutiers, qui, à cette date, constituait un centre véritablement intéressant pour le mineur et le métallurgiste.

à Despine, qui lui avait succédé dans la direction des établissements de la Tarentaise et de l'École de Moutiers, que revint l'honneur de réouvrir pour le gouvernement sarde une école où, quelque vingt ans auparavant, il avait fait son éducation comme élève du gouvernement français.

L'École théorique et pratique de minéralogie de Moutiers, suivant son appellation officielle, fut exactement calquée, dans son ensemble comme dans tous ses détails, sur l'école française qui venait de disparaître : c'était un hommage qui lui était ainsi rendu (*). Trois professeurs devaient y enseigner : l'abbé Étienne Barson, la minéralogie et géologie ; Victor Michelotti, la docimasie et la minéralurgie ; Antoine Replat (**), l'exploitation des mines; les programmes semblent copiés, jusque dans la terminologie un peu barbare adoptée par Hassenfratz, sur les programmes français (***). Même organisation d'enseignement, donné en deux ou trois ans, divisé chaque année en cours théoriques à Moutiers, et en exercices pratiques sur les mines et à Moutiers ; exercices identiquement réglés comme dans le système français; les professeurs, qui ne résidaient pas davantage sur place, se succédaient l'un à l'autre et faisaient passer les examens à la suite de leurs cours. En un mot, le gouvernement sarde faisait

(*) Un hommage plus spécial fut rendu à Schreiber dont le portrait fut placé dans la grande salle de l'Ecole avec ceux de Nicolis, de Robilant, de Napione et de Rosenberg, qui étaient les fondateurs de la réorganisation du service des mines en Sardaigne.

(**) Replat était un ancien élève de l'Ecole des mines de France, qui avait dirigé avec succès l'exploitation des mines d'anthracite d'Entrevernes, dans la Tarentaise.

(***) Par analogie avec les dernières instructions du gouvernement français, le professeur d'exploitation devait faire quelques leçons de législation des mines, d'administration et de comptabilité.

revivre l'école française, non pas telle que Chaptal l'avait assez singulièrement imaginée en 1802, mais telle que l'expérience avait amené à l'organiser. Elle dura théoriquement quelque vingt ans jusqu'en 1846. Si à cette époque elle disparut officiellement (*), en fait elle avait cessé de fonctionner antérieurement, beaucoup par manque d'élèves, un peu, peut-être, par la faute des professeurs.

En 1853, le gouvernement sarde afferma, et, en 1856, vendit ses mines et usines de la Tarentaise à une compagnie Franco-Savoisienne, qui les a exploitées avec activité jusqu'en 1865. A cette date, l'insuccès des recherches à Pesey, et l'appauvrissement du gîte de Mâcot, déterminèrent la société à se défaire de ses mines, restées depuis totalement abandonnées. L'ancienne maison de direction de Schreiber, à Pesey, est devenue un simple lieu de villégiature pour son propriétaire et un pied-à-terre pour les alpinistes; dans ces derniers temps il a été question d'en faire une station d'air ! Triste chute pour le siège de l'École des mines de Napoléon.

Dès 1858, la compagnie Franco-Savoisienne avait, d'ailleurs, abandonné l'usine de Conflans-Albertville pour établir une autre usine à plomb à Vizille.

Les bâtiments de Moutiers, à la suite de l'abandon de l'entreprise par le gouvernement sarde, servirent à partir de 1856, à divers services publics : sous-préfecture, tribunal, etc.

Lors de la réunion de la Savoie à la France, des pétitions furent adressées à l'empereur pour qu'il rétablît à Moutiers une école destinée, sinon aux ingénieurs des mines, tout au moins aux gardes-mines. L'administration

(*) A cette date, le gouvernement sarde se décida à envoyer ses ingénieurs se former à l'Ecole des mines de Paris. Les deux premiers furent Q. Sella, l'éminent homme d'Etat, et Giordano, encore inspecteur général de 1re classe du corps italien, qui entrèrent à l'Ecole de Paris en 1847.

française ne crut pas, avec raison, devoir donner une suite à ces demandes. L'expérience faite de 1802 à 1814 avait suffi pour montrer l'erreur commise. Cette tentative n'a servi qu'à établir l'habileté technique de Schreiber comme exploitant de mines métalliques (*), et à provoquer les belles et importantes études de Brochant de Villiers sur la géologie des Alpes. L'expérience eût été encore plus désastreuse si les professeurs n'avaient pris sur eux de transporter à Moutiers, autant que les choses le permettaient, les méthodes et l'organisation que le conseil des mines avait su créer dans l'École de la rue de l'Université.

(*) Le souvenir de Schreiber a été longtemps conservé en Savoie; ses talents et son caractère commandaient le respect; sa bienveillance lui assurait l'amicale reconnaissance de tous.

CHAPITRE VI.

L'ÉCOLE DES MINES A PARIS DEPUIS 1814.

§ 1.

L'École jusqu'à son installation à l'hôtel Vendôme.

Chassés par l'invasion de la Savoie, que le traité du 30 mai 1814 devait rendre à la Sardaigne, les quelques élèves (*) qui n'avaient pas encore terminé le cours de leurs études pouvaient être réunis à la direction générale des mines à Paris; le laboratoire et les collections restés à l'hôtel de Mouchy depuis le transfert de l'École à Moutiers offraient des moyens d'instruction supérieurs à ceux dont on disposait en Savoie. Les trois professeurs, qui se trouvaient à Paris, pouvaient donner leurs leçons, et Collet-Descotils qui, depuis 1802, était resté directeur du laboratoire, pouvait, en reprenant le cours de docimasie, combler notamment la lacune qu'avait présentée à cet égard l'enseignement de Moutiers.

Mais à peine remonté sur le trône, Louis XVIII manifesta son désir de restituer aux anciens propriétaires leurs biens séquestrés qui n'avaient pas encore été aliénés. Une ordonnance du 18 juin 1814 enjoignit notamment de rendre au prince de Poix l'hôtel de Mouchy. Après avoir hésité entre plusieurs bâtiments dépendant de diverses administrations, la direction générale des mines se décida à louer, à partir du 1er juillet 1814, pour

(*) Les élèves rentrés à Paris étaient fort peu nombreux : la dernière promotion, celle de 1813, ne comptait que deux élèves; la promotion précédente n'en avait qu'un qui fût resté français; des cinq élèves de la promotion de 1811, deux quittèrent la France. Aucun élève ne sortit de l'Ecole polytechnique dans les mines en 1814, 1815 et 1816.

douze ans, au prince de Bourbon-Condé, qui en avait repris possession, l'hôtel du Petit-Luxembourg, y compris les communs, au prix annuel de 23.000 francs. Le déménagement de la rue de l'Université au Luxembourg se fit immédiatement. La direction générale des mines toujours confiée au comte Laumond, l'École, ses collections, sa bibliothèque et ses laboratoires, ceux-ci établis dans les communs, ne tardèrent pas à être installés (*); l'Ecole se trouvait en état de fonctionner et put fonctionner dans l'hiver 1814-1815 aussi bien que les événements de l'époque pouvaient le permettre.

Collet-Descotils, sur lequel on fondait justement de si grandes espérances, avait été nommé directeur de l'École le 1er août 1814.

L'installation était à peine terminée au Petit-Luxembourg qu'il fallait à nouveau évacuer ce local. A la date du 17 juillet 1815, la direction générale des mines était supprimée, et le service des mines réuni à celui des ponts et chaussées dans une direction générale des ponts et chaussées et des mines confiée au comte Molé. A la même date, le Petit-Luxembourg était affecté à la résidence du chancelier, président de la Chambre des pairs.

Pour installer l'École et ses collections on fit choix de l'hôtel Vendôme, sis rue d'Enfer, 34, dont une partie fut prise à bail, à cet effet, pour 9 ans, à partir du 14 août 1815; le voisinage du Petit-Luxembourg dut être une des causes déterminantes de ce choix.

Collet-Descotils commençait à être atteint de la longue maladie à laquelle il devait succomber, à 42 ans, le 6 dé-

(*) Vuitry, dans son rapport sur la loi du 12 juillet 1837, estime à 90.000 francs les frais occasionnés par le déménagement de la rue de l'Université au Petit-Luxembourg. Ces frais furent soldés par un prélèvement sur les fonds provenant de Pesey qui restaient disponibles.

Le déménagement des collections fut fait par Tonnelier, qui en avait toujours la garde, aidé par l'ingénieur Clère.

cembre 1815. Lefroy, qui avait déjà contribué à l'installation de l'École de Moutiers, en 1803, et au déménagement de la rue de l'Université au Petit-Luxembourg, fut chargé d'opérer ce nouveau déménagement et de faire à l'hôtel Vendôme les travaux strictement indispensables (*) pour que l'École pût fonctionner. Migneron lui fut adjoint pour le déménagement et la réinstallation des collections (**).

Les locaux loués à l'hôtel Vendôme étaient partiellement occupés par un détachement de soldats prussiens, dont il fallut tout d'abord obtenir l'évacuation avant qu'on pût sérieusement s'occuper de la nouvelle installation (***). Grâce à l'activité et à l'habileté déployées par Lefroy, elle était assez avancée pour qu'au commencement de novembre 1815 les élèves pussent venir travailler à l'École dans les salles d'étude. A la place de Collet-Descotils, empêché par la maladie, Lefroy, outre ses fonctions officielles d'architecte, remplissait en fait celles d'inspecteur des études. Les professeurs constituaient un comité d'instruction, que présidait leur doyen Baillet du

(*) La dépense, y compris celle du déménagement, ne s'éleva qu'à une vingtaine de mille francs. Vuitry, dans son rapport sur la loi du 12 juillet 1837, a parlé d'une dépense de 50.000 francs. C'est exact, si l'on comprend les dépenses de premier établissement faites ultérieurement en 1819. Toutes ces dépenses furent aussi imputées sur les fonds provenant de Pesey.

(**) Un choix d'échantillons dut être envoyé à l'Académie de Berlin.

(***) Le chancelier de France Dambray, pressé d'occuper le Petit-Luxembourg, écrivait le 6 septembre 1815 au comte Molé : « ... Les ingénieurs que vous avez bien voulu charger de cette opération (le déménagement) m'observent qu'elle se ferait d'une manière plus commode et plus expéditive si vous pouviez dégager l'hôtel Vendôme des prussiens qui occupent encore le rez-de-chaussée et dont le voisinage inquiète un peu pour la sûreté de la précieuse collection qui doit y être déposée ; il me suffit à cet égard de donner l'éveil à votre prudence pour que vous preniez toutes les précautions qu'elle vous suggèrera... »

Belloy. Les cours commencèrent le 11 janvier 1816 avec le roulement normal à deux leçons par semaine pour chaque matière, le cours de minéralogie et géologie ayant été seul rendu public par une décision spéciale de décembre 1815. En somme, l'École fonctionnait, en fait, à l'hôtel Vendôme, suivant les traditions anciennes, encore que ce ne dût être que par l'ordonnance du 5 décembre 1816 que son organisation devait être définitivement réglée.

A la place de Descotils, décédé, et sur le refus de Gallois qui, par modestie, crut devoir décliner les fonctions de professeur de docimasie et de directeur du laboratoire, Berthier (*) en fut chargé, à la date du 24 mai 1816, et commença cet enseignement si original et si profond qu'il devait donner pendant 30 ans.

§ 2.

L'hôtel Vendôme et ses transformations successives.

L'hôtel Vendôme, où l'École des mines allait enfin trouver la stabilité nécessaire au fructueux développement de pareilles institutions, avait été élevé en 1707 pour les Chartreux, sur les dessins de Courtonne, archi-

(*) Berthier, né le 3 juillet 1782, mort le 24 août 1861, avait été de la promotion de 1801 qui, après un an d'études à Paris, dut aller achever son instruction à Moutiers; il y resta élève jusqu'en 1805, puis six mois comme ingénieur attaché à la direction de l'Ecole.

Berthier est resté professeur titulaire de docimasie jusqu'en 1845. Nommé professeur honoraire, il avait conservé son laboratoire à l'Ecole, à la demande de Dufrénoy.

M. Daubrée a consacré à Berthier et à ses travaux, une notice détaillée parue dans les *Annales des mines*, 6e série, t. XV, p. 1.

Il nous suffira de rappeler ici le caractère spécial et l'importance exceptionnelle de son enseignement par le développement donné aux *Essais par la voie sèche*, dont il a fait un traité resté justement célèbre.

tecte du roi, en même temps que les maisons contiguës jusqu'à la porte d'entrée de leur monastère, situé dans la rue d'Enfer. Ces religieux vendirent à vie l'hôtel à la duchesse de Vendôme, qui le fit agrandir sous la direction de Le Blond (*).

Le bâtiment primitif, construit par Courtonne, parallèlement à la rue d'Enfer, de 8 toises de large sur 16 de long, forme la partie centrale, à neuf fenêtres cintrées, du bâtiment actuel situé sur la terrasse du jardin. Le bâtiment était à un étage sur rez-de-chaussée, avec second étage en attique sur le jardin. Le Blond porta la longueur du bâtiment à 27 toises, en l'allongeant à chaque extrémité par un pavillon à trois fenêtres en plate-bande, un peu en retrait sur le corps principal du côté du jardin. Les appartements du rez-de-chaussée et du premier étage donnant sur le jardin étaient réputés pour la beauté des pièces en enfilade qu'ils offraient sur leur longueur de 50 mètres. Le second étage, resté en attique au milieu sur le jardin, avait l'inconvénient de ne pas être de niveau dans son plancher.

Sur la rue d'Enfer fut établie une grande cour d'honneur, à pans coupés du côté de la rue, d'une profondeur de 18 toises et demie, située vers l'extrémité nord du bâtiment. Cette cour communiquait avec deux basses cours, situées de part et d'autre de la première, dont l'une, celle du nord, de forme circulaire; ces deux cours étaient séparées de la cour d'honneur par de simples murs de 12 pieds de haut, avec ouvertures au milieu. Les basses cours étaient entourées des écuries et remises, qui étaient surmontées de logements mansardés pour les gens de service. La basse cour du sud ouvrait directement sur la rue d'Enfer par une porte distincte.

(*) D'Aviler, dans l'édition de 1738 de son *Cours d'architecture*, a donné la description de l'hôtel restauré par Le Blond, p. 213-216, et reproduit les plans n° 63, D, E, F, G, p. 209.

Le plan du jardin a été reproduit par Blondel, *Architecture française*, 1752, t. II, p. 56; Blondel a, en outre, rectifié diverses erreurs d'attribution commises par d'Aviler.

L'hôtel avait un vaste jardin d'agrément du côté du Luxembourg, entre le jardin de ce palais, au nord, et le clos des Chartreux, au sud, mais de forme malheureusement très irrégulière; il dessinait une sorte de fer de lance qui s'appuyait à la base contre la terrasse régnant sur toute la longueur du bâtiment de l'hôtel, soit sur une longueur de quelque 65 mètres, et dont l'extrême pointe s'avançait jusqu'à environ 200 mètres du bâtiment. Un jardin potager de moindre importance se trouvait le long de la basse cour du côté sud.

En 1790, l'hôtel et son jardin avaient été saisis en même temps que l'enclos et tous les biens des Chartreux qui occupaient une si vaste étendue au sud du jardin du Luxembourg (*).

L'hôtel et ses jardins, comprenant une superficie totale de 6.027 toises (22.894 mètres carrés), furent vendus comme bien national, suivant procès-verbal d'adjudication des commissaires de la commune de Paris du 3 mars 1791, au prix de 332.800 livres, au sieur Alex. Rich. Rousseau, ancien notaire au Châtelet de Paris et ancien secrétaire du roi. En 1807, les propriétaires vendirent au Sénat une partie du jardin, du côté de l'ouest, sur une étendue de 9.436 mètres carrés, pour compléter le jardin du Luxembourg, avec interdiction de bâtir sur la partie cédée. En 1815, l'hôtel et les jardins y attenant, appartenant à M. Costé, écuyer, conseiller honoraire à la Cour de Rouen, comprenaient encore une superficie de 7.163 mètres carrés, dont en bâtiments 1.321 mètres

(*) La limite est-ouest entre le clos des Chartreux, au sud, et le jardin primitif du Luxembourg, au nord, passait approximativement au point où viennent aboutir les balustrades des deux terrasses qui entourent le parterre.

carrés, et le surplus en cours et jardins : l'un, d'agrément, est le jardin actuel, qui s'étend entre le bâtiment principal et le jardin du Luxembourg; l'autre, dit jardin potager, de 2.340 mètres carrés, longeait l'aile sud entre la rue d'Enfer et le premier jardin (*), comme on peut le voir dans la pl. V.

Lorsqu'en août 1815 l'École des mines s'établit à l'hôtel Vendôme, ce ne fut qu'à titre assez précaire par un bail de 9 ans; jusqu'à la loi du 12 juillet 1837 (**) par laquelle l'État en fit l'acquisition, elle fut plusieurs fois menacée de recommencer ses pérégrinations non plus en province où toute idée de la rétablir était définitivement abandonnée, mais tout au moins à Paris.

Dès qu'en 1817 on se préoccupa de faire fonctionner l'École conformément à sa nouvelle charte organique du 5 décembre 1816, on reconnut la nécessité de nouveaux travaux d'aménagement qui décidèrent de prolonger immédiatement le bail de 9 autres années, à partir du 1er octobre 1824, au prix de 9.600 francs au lieu du prix primitif de 8.800. On renouvela le bail successivement pour trois ans, et enfin, en dernier lieu, pour 2 ans, au prix de 12.000 francs. Le bail, qui avait été successivement étendu à la presque totalité des dépendances formant ailes sur les cours, n'avait jamais compris le second étage, qui était desservi par un escalier distinct donnant

(*) Cette partie du jardin n'est pas figurée dans le plan donné par Blondel en 1752; elle figure en vacant sur le grand plan de Paris, de Bretez, de 1734-1739.

(**) La loi, avec son exposé des motifs, fut présentée à la Chambre des députés le 18 mai 1837 (*Monit.* du 19 mai); elle fit l'objet de la part de M. Vuitry d'un rapport très développé, déposé le 9 juin (*Monit.* du 10), dont sont tirés en partie les renseignements donnés par nous; adoptée sans discussion à la Chambre des députés le 27 juin, elle fut présentée à la Chambre des pairs le 1er juillet, fit l'objet d'un rapport du duc d'Istrie déposé le 6 juillet (*Monit.* du 7), et adoptée sans discussion le 8 juillet.

sur la basse cour du midi et fut occupé par le propriétaire et sa famille ou divers locataires jusqu'à l'achat en 1837. La partie du jardin située au midi, dite jardin potager, n'avait non plus jamais été comprise dans le bail; Lefroy, qui était logé à l'École en sa qualité d'inspecteur, et avait son appartement dans l'étage mansardé des dépendances de l'aile sud, avait loué ce jardin pour son usage particulier (*).

Au début, en 1815, lorsque l'École s'installa à l'hôtel Vendôme, sous un simple régime de fait, on s'était borné aux installations les plus indispensables. Une salle d'étude et de dessin avait été aménagée pour les élèves au rez-de-chaussée; les collections méthodiques de minéralogie et de géologie avaient été disposées dans les sept salles en enfilade au premier étage sur le jardin; la bibliothèque avait été installée dans les trois salles du rez-de-chaussée, au nord, sur le jardin; l'une de ces salles servait de salle au conseil quand il se réunissait, condamnant ainsi l'usage de la bibliothèque pendant ses réunions; cette même salle servait pour le cours de minéralogie et géologie, le seul qui fût public; les laboratoires avaient été installés dans un petit bâtiment, formant dépendance, à l'angle nord du corps principal, destiné anciennement aux cuisines au rez-de-chaussée et au logement du personnel des cuisines au-dessus; les laboratoires offraient sept places, ce qui permettait, par un roulement à deux brigades, d'avoir un effectif de 14 élèves travaillant au laboratoire et au dessin. Tout le restant des collections, dépôts, modèles, etc..., restait entassé, non rangé, dans les autres pièces.

(*) Le jardin principal faisait au contraire partie des locations de l'État; il était et resta affecté à l'usage des élèves jusqu'à une date relativement assez récente. La légende, qui s'appuie toujours sur l'histoire, dit-on, prétend qu'il était réputé particulièrement propice à la préparation des examens.

En 1819, après que l'École eut reçu son organisation stable et définitive par l'ordonnance du 5 décembre 1816 et les règlements qui suivirent cette ordonnance, après que le nouveau bail eut assuré un peu plus de stabilité matérielle et donné plus d'espace disponible, de nouveaux travaux d'aménagement furent repris (*). Ils permirent de porter à 10 le nombre des places du laboratoire, en étendant celui-ci dans les dépendances de l'aile nord, et par suite d'avoir un effectif de 20 élèves au moins pouvant, par roulement, travailler toute l'année au laboratoire; la bibliothèque fut augmentée d'une pièce, et on put songer à mettre un peu d'ordre dans les collections restées jusque-là entassées (**), notamment dans les collections statistiques départementales et de modèles (***), qui avaient pris l'accroissement que nous avons mentionné p. 479.

Malgré d'autres développements successifs donnés aux installations, spécialement en 1822 (****), la situation de

(*) Les dépenses s'élevèrent à quelque 20.000 francs, à nouveau pris sur les fonds restés disponibles de Pesey. Comme toujours Lefroy fut chargé de la direction immédiate de ces travaux, ce dont il s'acquittait avec une habileté et une économie justement remarquées.

(**) A cette occasion, Dufrénoy, qui venait à peine de terminer ses études, fut adjoint à Lefroy pour le rangement des collections; il entra ainsi au service de cette École, où il devait passer les 50 années de sa vie et qu'il devait élever à un si haut degré de prospérité.

(***) Ces collections, avons-nous dit (p. 479), étaient plus nombreuses que scientifiques. Dans les quelque 100.000 échantillons ou objets qu'elles comprenaient, Brochant de Villiers, en 1816, avait disposé une collection systématique de minéralogie, classée d'après le système français, ne comptant guère plus de 800 échantillons; il y avait, en outre, une collection spéciale classée d'après le système de Werner, qui pouvait avoir environ 500 échantillons (voir p. 500, note 1).

(****) Pour l'année scolaire 1821-1822, l'administration avait accordé un crédit extraordinaire de 21.600 francs, qui fut principalement employé à acquérir et installer le mobilier nécessaire pour le rangement des collections.

tous les services resta toujours fort misérable, faute de place suffisante. Les salles d'étude, dont une partie avait été reportée à l'entresol sur la cour, étaient mal éclairées, insuffisantes par suite du nombre croissant d'élèves, dispersées çà et là de manière à rendre la surveillance malaisée. Les salles de laboratoire étaient petites, mal disposées, humides et présentaient trop peu d'élévation. Les collections qui s'augmentaient sans cesse (*) continuaient à s'entasser sans ordre, en partie non déballées; les salles qui leur étaient consacrées devenaient inabordables par suite de cet encombrement. La surveillance générale était rendue bien difficile par la présence des locataires étrangers qui occupaient tout le second de l'hôtel, en sorte que l'administration de l'École n'avait même aucune action sur le portier-concierge, personnage dont le rôle ne laisse pas de jouer, on le sait, une certaine importance dans la discipline intérieure d'une École.

Aussi dès 1823 le conseil de l'École avait-il demandé l'achat de l'hôtel pour que l'administration, absolument et définitivement maîtresse de ses actes, pût donner à l'institution déjà si florissante (**) tous les développements qui lui étaient nécessaires. Ce projet ne devait aboutir que sous le gouvernement de Juillet, par la loi du 12 juillet 1837, après que l'École eut subi une assez profonde transformation et dans son administration et dans son enseignement. Avant de se décider à l'achat de l'hôtel, le gouvernement avait même étudié la possibilité de transporter l'École soit à l'hôtel d'Orsay, soit à l'hôtel de la

(*) Tandis qu'en 1816 l'ensemble des collections était réputé représenter quelque 100.000 échantillons, dès 1820, Brochant de Villiers les mentionnait comme en comprenant 140.000. La seule collection systématique de minéralogie était passée, en quatre ans, de 800 à 4.000 échantillons.

(**) En 1823, l'effectif des élèves titulaires était d'une trentaine, non compris une douzaine d'élèves autorisés dont plusieurs ne différaient guère des véritables élèves titulaires.

rue des Saint-Pères, aujourd'hui occupé par l'École des ponts et chaussées, et siège alors de l'administration générale des ponts et chaussées et des mines.

L'hôtel et toutes ses dépendances furent enfin achetés par l'administration, en vertu de la loi du 12 juillet 1837, pour le prix principal de 380.000 francs. Le dessin de la planche V donne le plan de l'hôtel et de ses dépendances au moment de l'acquisition (*). La loi allouait en outre un crédit de 50.000 francs pour travaux de réparation et de restauration, devenus d'une nécessité urgente. Depuis quarante ans l'hôtel Vendôme avait pour ainsi dire cessé d'être entretenu.

Ces travaux de restauration furent confiés à Lefroy qui, devenu inspecteur général des mines, avait officiellement remis à Dufrénoy, en 1836, l'inspection de l'École, que celui-ci exerçait en fait depuis 1834, en qualité d'inspecteur-adjoint. Ces travaux furent exécutés en 1837-1838; ce fut, à tous égards, pour Lefroy, le digne couronnement d'une carrière où cet ingénieur avait donné fréquemment des preuves remarquables de ses talents d'architecte et d'administrateur. Le crédit voté par les Chambres pour l'ensemble de toutes les opérations de l'achat et de la restauration, avait été de 435.000 francs. Lefroy, qui fut chargé de suivre l'ensemble de l'affaire, sut tout exécuter de la façon la plus satisfaisante en restant de 1f,05 au-dessous du crédit, ce qui lui valut de chaudes félicitations de l'administration, pour un exemple certainement rare en circonstances pareilles.

Ces travaux de réparations terminés, il fallut reprendre le projet d'agrandissement devenu de plus en plus indispensable. Un projet dressé par Lefroy d'après

(*) Ce plan est la reproduction de celui qui, dressé par Lefroy, est annexé à l'acte d'acquisition des 26-29 août 1837, dont la minute est déposée en l'étude de Me Berceon, notaire, à l'obligeance duquel nous devons d'avoir pu reproduire ce document.

les indications du conseil de l'École, avait été soumis aux Chambres par le gouvernement avec la loi de 1837 (*), mais celles-ci avaient provisoirement ajourné le travail. Le plan auquel on s'arrêta définitivement (**), après diverses modifications successives, et qui fut exécuté de 1840 à 1852 pour le gros-œuvre, ne s'écartait pas sensiblement, dans ses grandes lignes, de celui proposé par Lefroy (***).

Le bâtiment principal de l'ancien hôtel Vendôme, parallèle à la rue d'Enfer, fut allongé par la construction, à chacune de ses extrémités nord et sud, d'un pavillon de 15 mètres de longueur sur 15 mètres de profondeur. Les dépendances en ailes transversales, à rez-de-chaussée et mansardes, de l'ancien hôtel, furent enlevées; deux ailes transversales de 9 mètres de largeur furent implantées à leur place, s'étendant du bâtiment principal à la rue d'Enfer; ces ailes étaient à premier et second étages, se raccordant avec ceux de ce bâtiment principal. Ces deux ailes enserraient ainsi une vaste cour de 25 mètres de profondeur sur 32 mètres de largeur, fermée sur la rue d'Enfer par une grille avec arcades en maçonnerie. Deux autres cours de moindre importance bordaient les ailes au nord et au sud.

Les laboratoires étaient placés au rez-de-chaussée de l'aile nord; ils étaient construits de telle sorte qu'ils offraient 22 places et permettaient d'avoir un effectif de 44 élèves travaillant toute l'année, par périodes, au labo-

(*) Le projet de Lefroy soumis au Parlement comportait une dépense de 315.000 francs.

(**) Le plan fut préparé par Duquesney, architecte des bâtiments civils, d'après les indications données par le conseil de l'École et suivant rectifications demandées par celui-ci.

(***) La différence essentielle avec le plan de Lefroy consiste dans ce que les deux ailes transversales n'avaient été prévues par lui qu'à rez-de-chaussée, tandis qu'elles furent exécutées avec premier et second étages comme le bâtiment principal.

ratoire; les salles d'étude et de dessin étaient en face dans l'autre aile.

Les constructions se firent successivement, d'abord à raison de nécessités budgétaires qui forçaient à les répartir sur plusieurs exercices, puis de façon à ne pas interrompre les études; on se bornait à déplacer les salles de travail suivant l'état des constructions.

Le bâtiment des laboratoires, qui fut le premier entrepris, était terminé pour l'année scolaire 1844-1845. On construisit ensuite successivement le pavillon nord, à l'extrémité du bâtiment principal, le pavillon sud à l'autre extrémité et enfin l'aile transversale sud. Vers 1852, les constructions proprement dites étaient terminées et il ne restait que des travaux d'appropriation intérieure, installation des collections, etc.

La dessin de la planche VI représente l'état de l'Ecole des mines à la suite de cette première transformation.

A peine était-elle achevée, tout était à recommencer en 1860 par suite du percement projeté du boulevard Saint-Michel; les deux ailes transversales étaient coupées vers leur milieu légèrement en biais; le sol de la nouvelle voie se trouvait en outre sensiblement en contrebas de celui de l'ancienne rue. Les nouveaux travaux de l'École furent quelque peu retardés par la remise, qui était nécessaire, au nord, de terrains appartenant au Sénat. L'importance des travaux (*), la rapidité relative avec laquelle ils devaient être menés, le nombre d'élèves alors présents à l'École, tout concourait pour qu'il fût impossible, comme jadis, de déplacer successivement, au cours des constructions, et suivant leur état, les salles destinées à l'instruction. La Préfecture de la Seine remit donc à l'École, pendant la période des constructions, une

(*) Le devis des constructions projetées montait à 1.200.000 fr.

maison située en face, rue d'Enfer, n° 13, où furent établis des laboratoires provisoires.

Commencées en 1861, les nouvelles constructions, telles qu'on peut les voir aujourd'hui et que les représente suffisamment le dessin de la planche VII, furent terminées en 1866.

Depuis, il n'a plus été fait à l'École que de simples appropriations intérieures, des changements de destination de diverses pièces. Les deux principaux ont consisté, de 1876 à 1879, dans l'extension des salles attribuées à la collection de paléontologie (*), et, un peu plus tard, dans la transformation en salles couvertes pour les collections de modèles (**), des deux petites cours surélevées, situées sur le boulevard de part et d'autre de l'entrée principale.

La collection de paléontologie, à la suite de ces dernières transformations, a pu disposer de tout le second étage de l'ancien bâtiment principal donnant sur le jardin; elle s'est étendue au sud (***) dans les pièces antérieurement dévolues aux logements de l'inspecteur et du directeur; ces logements ont été reportés dans le bâtiment neuf en façade sur le boulevard, au nord de l'ensemble des constructions de l'École (****). Les collections de minéralogie

(*) Voir sur l'origine et les développements de la collection de paléontologie la notice spéciale placée aux annexes.

L'extension des collections de paléontologie dans tout le second étage de l'ancien bâtiment de l'École a donné lieu, en 1876, à de nombreuses discussions dont l'écho a retenti jusque dans le Parlement. Gambetta avait mis son influence à la réussite de ce plan dont il entretint la Chambre des députés dans la séance du 1er décembre 1876 (*Journal officiel* du 2, p. 8926, col. 2 et 3).

(**) Les modèles placés dans ces nouvelles salles proviennent presque tous de modèles qui avaient figuré à l'Exposition universelle de 1878 et qui ont été donnés à l'École par les exposants.

(***) Ces travaux d'aménagement de la collection de paléontologie ont coûté 350.000 francs.

(****) Dans le plan primitif dressé en 1860, le directeur et l'inspec-

et de géologie (*) disposent également, au-dessous de la collection de paléontologie, de tout le premier étage de l'ancien bâtiment en façade sur le jardin; les deux collections furent reliées l'une à l'autre par un escalier intérieur spécial.

Les nouveaux laboratoires ont été installés dans un bâtiment spécial construit, à cet effet, à l'angle nord-ouest du massif des constructions de l'École, du côté du Luxembourg (**). Ils offrent aux élèves 32 places. Outre les laboratoires des élèves et leurs dépendances, ce bâtiment contient également, au premier étage, le bureau d'essais et un amphithéâtre pour les leçons; à l'étage au-dessus, du côté du Luxembourg, sont les laboratoires des professeurs, et, du côté du boulevard Saint-Michel, les salles de dessin pour les élèves.

§ 3.

L'École des mines sous le gouvernement de la Restauration.

Lorsqu'en 1815 l'École s'établit à l'hôtel Vendôme, elle

teur devaient être logés dans le bâtiment spécial, portant le n° 64, élevé sur le boulevard à l'extrémité sud des constructions de l'École. Mais ce bâtiment a reçu une autre destination; il sert en partie au service de la carte géologique détaillée de la France et en partie au logement d'employés du Sénat.

(*) Voir sur l'origine et le développement de ces collections les notices spéciales placées aux annexes.

(**) Les nouveaux laboratoires ont été décrits et figurés (*Encyclopédie chimique* de Fremy, t. Ier, 1er fascicule; et *Annales des Mines*, 7e série, t. XX, p. 535), par M. Ad. Carnot, inspecteur de l'École des mines, aujourd'hui chargé de leur surveillance à titre de professeur de docimasie. M. Ad. Carnot, dans cet article, qui a été publié à part, donne d'intéressants renseignements historiques et statistiques tant sur les laboratoires des élèves que sur le bureau d'essais de l'École; il fournit aussi des indications sur les Berthier, Ebelmen et Rivot, qui se sont successivement succédé depuis 1815 dans la chaire qu'il occupe aujourd'hui.

commença à fonctionner sous un régime de fait comme dans son court passage au Petit-Luxembourg. On continuait le régime de Moutiers, ou, ce qui serait plus exact, on reprenait les traditions de l'École de la rue de l'Université. Un an seulement après l'installation à l'hôtel Vendôme, le régime et le fonctionnement de l'École furent légalement et définitivement fixés par l'ordonnance du 5 décembre 1816, complétée par les deux arrêtés ministériels des 6 décembre 1816 et 3 juin 1817, portant règlement, le premier pour les élèves ingénieurs, et l'autre pour les élèves externes (*).

Désireux de renouer les traditions du passé, en allant au delà et par-dessus la Révolution, le gouvernement de la Restauration, dans l'article 1er de l'ordonnance du 5 décembre 1816, semblait représenter l'École « rétablie à Paris » comme la continuation immédiate de celle « créée par l'arrêt du conseil d'État du roi du 19 mars 1783 » (**). C'était en réalité faire beaucoup d'honneur

(*) Ces trois documents se trouvent dans : Lamé Fleury, *Recueil des lois, décrets et ordonnances*, etc., t. II, p. 491 et suiv.

(**) Avant de statuer définitivement sur le sort de l'École des mines de Paris, le gouvernement de la Restauration avait créé, par ordonnance du 2 août 1816, une *École de mineurs* à Saint-Étienne; le préambule de cette ordonnance la motiva sur « l'urgence de remplacer les écoles pratiques des mines établies à Pesey et Geislautern. » Mais cette *École de mineurs*, suivant la qualification que lui donne l'ordonnance, devait correspondre, dans l'esprit de ses fondateurs, à une autre destination que celle de l'École des mines de Paris. Celle-ci devait rester une école de haut enseignement pour les membres du corps des mines et pour les jeunes gens destinés à devenir « directeurs d'exploitations et d'usines », comme le dit l'article 25 de l'ordonnance du 5 décembre 1816 sur l'École des mines de Paris. Celle-là devait être une école professionnelle pour les agents inférieurs, « pour les jeunes gens qui se destinent à l'exploitation et aux travaux des mines », suivant les termes de l'article 1er de l'ordonnance du 2 août 1816 relative à l'École de Saint-Étienne. On sait que, dès le début, sous l'influence de Beaunier, son premier directeur, et plus encore sous celle de ses successeurs, cette École a de plus

à la pauvre École de Sage et oublier que la véritable École des mines, dont celle établie à l'hôtel Vendôme était la continuation, avait été créée rue de l'Université, sous la Convention et le Directoire, par les soins de l'agence et du conseil des mines. L'organisation constituée par les actes de 1816 et 1817 est, en effet, celle de cette École modifiée de façon à tenir compte, d'une part, des enseignements donnés par l'expérience de Moutiers, et, d'autre part, des changements survenus dans l'organisation de l'administration des mines.

L'École devait être administrée par un conseil, présidé par le directeur général (*), composé de trois inspecteurs généraux du corps, des quatre professeurs et de l'inspecteur de l'École; l'École n'eut un directeur que beaucoup plus tard, en 1848; jusque-là, et surtout tant que ces fonctions furent remplies par Lefroy, l'inspecteur n'était que le bras exécutif des décisions du conseil.

Les quatre chaires constituées par l'article 6 de l'ordonnance, qui devaient seules subsister jusque vers 1845 (**), étaient les quatre chaires anciennes de : minéralogie et géologie (***), docimasie, exploitation des

en plus dévié de la destination primitivement prévue pour elle, de telle sorte qu'aujourd'hui, en apparence du moins, le programme de son enseignement ne diffère guère dans ses grandes lignes de celui de l'École de Paris.

(*) Le Directeur général ne présida pour ainsi dire jamais le conseil dont, à peu d'exceptions près, les délibérations ont toujours été sanctionnées par l'administration supérieure, de sorte qu'on peut dire qu'en réalité le conseil administrait l'École; cela est surtout vrai sous la Restauration.

(**) De cette époque commencent en fait dans l'enseignement des modifications profondes qui ne devaient être consacrées en droit qu'en 1848.

(***) La chaire de minéralogie et géologie ne fut officiellement dédoublée dans les deux chaires actuelles de minéralogie et de géologie que lorsque Brochant de Villiers donna sa démission de professeur titulaire en 1835; mais toutefois, depuis 1827, les

mines, minéralurgie, qu'occupèrent respectivement les quatre professeurs qui nous sont déjà bien connus : Brochant de Villiers, Berthier, Baillet et Hassenfratz. On revenait officiellement à l'enseignement théorique complet de l'École de la Convention et du Directoire et non à celui si mal conçu par Chaptal pour l'École de Moutiers.

Tandis que, dans l'École de la Convention et du Directoire, les quatre cours étaient publics, sous la Restauration, comme depuis d'ailleurs, le cours de minéralogie et de géologie fut seul public en vertu d'une décision spéciale rendue, en décembre 1815, avant l'ordonnance du 5 décembre 1816 qui resta muette sur ce point.

Il était prévu qu'il y aurait un maître de dessin et des maîtres de langues allemande et anglaise, de l'absence desquels on s'était, nous l'avons dit, si justement plaint à Moutiers; toutefois, pour les langues étrangères, l'art. 7, § 2, ne prévoyait leur enseignement qu'à titre facultatif pour « ceux des élèves qui se feront distinguer par leur travail et leur bonne conduite » (*); en fait, dès 1818, les leçons d'allemand se trouvaient régulièrement établies.

Le professeur de docimasie, aux termes de l'art. 8, était en même temps chef du laboratoire « et chargé, à ce titre, de faire tous les essais et toutes les analyses qui lui seront ordonnés par le directeur général et le conseil de l'École, et d'en tenir un registre exact ». C'était là

deux cours étaient professés à part : par Dufrénoy pour la minéralogie, et par Élie de Beaumont pour la géologie, tous deux en qualité de professeurs-adjoints à Brochant.

(*) Dans l'année 1816-1817, Dufrénoy et Thibaud, qui constituaient à eux deux l'effectif des élèves de l'École, demandèrent à bénéficier de cette disposition. Le directeur général leur répondit en priant le conseil d'adresser aux deux élèves, en son nom, les plus vives félicitations pour leur application et leur conduite, mais de leur exprimer ses regrets de ne pouvoir, faute de fonds, leur procurer un professeur d'allemand.

aussi la continuation des traditions de la rue de l'Université, et ce fut l'origine du bureau d'essais, constitué en 1845, qui mit gratuitement le laboratoire de l'École à la disposition du public.

Suivant, sur un autre point, les traditions de l'établissement multiple constitué sous la Convention à l'hôtel de Mouchy, l'ordonnance de 1816 ne s'était pas bornée à prévoir à l'École la constitution d'une bibliothèque et des collections de minéralogie, de géologie, et de modèles, etc., inséparables d'une pareille institution; par son article 12, l'ordonnance avait confié au conseil de l'École le mandat « de recueillir et de rassembler tous les matériaux nécessaires pour compléter la description minéralogique de la France », et, par suite, de créer les collections et d'éditer les cartes géologiques, topographiques et statistiques à ce nécessaires. En réalité, le conseil de l'École ne s'occupa jamais beaucoup de l'exécution de ces cartes. Toutefois, ce fut en application de la disposition précitée qu'il fut saisi, dans sa séance du 11 juin 1822, d'un rapport, adressé à l'administration le 11 août 1820, par lequel Brochant de Villiers avait indiqué les moyens de nature, suivant lui, à doter le plus promptement possible la France d'une bonne carte géologique. Le conseil ne fit que donner une chaude adhésion au plan de Brochant de Villiers, en priant l'administration de lui en confier l'exécution (*). On sait avec quel succès cette œuvre grandiose fut menée à bien; mais l'administration de l'École se borna à abriter les collections qu'y réunissaient naturellement Brochant de Villiers, Dufrénoy (*) et Élie de Beaumont (**), le premier en sa qualité de professeur, les deux autres comme professeurs suppléants, adjoints à la conservation des collections de l'École.

(*) Brochant de Villiers s'adjoignit Dufrénoy et Élie de Beaumont. Ils firent un voyage préliminaire de reconnaissance en Angleterre pendant six mois, en 1823. En 1825, ils commencèrent leurs explorations en France. En 1826, de Billy avait été adjoint à Dufrénoy, et Fénéon à Élie de Beaumont.

(*) Dufrénoy, né le 5 septembre 1792, mort le 20 mars 1857, appartenait à cette promotion de 1813 qui dut passer successivement par Moutiers, l'hôtel de Mouchy, le Petit-Luxembourg et l'hôtel Vendôme; aussi ne fut-il nommé aspirant qu'en 1818. Il ne quitta plus l'École des mines. Dès 1819 il était adjoint à Lefroy pour la conservation des collections, livres, cartes et plans qu'il s'occupa de débrouiller et de classer jusqu'en 1825, date à partir de laquelle il dut se consacrer plus spécialement au professorat et aux travaux de la carte géologique. Nonobstant ces occupations, en 1834, il devenait inspecteur-adjoint de l'École et inspecteur titulaire en 1836; il occupa, le premier, en 1848, les fonctions de directeur de l'École à cette date déjà transformée par lui; il remplit ces fonctions jusqu'à sa mort.

Dès 1825, il suppléait Brochant de Villiers pour son double cours; à partir de 1827, il ne garda que le cours de minéralogie, dont il devint titulaire en 1835, et qu'il abandonna en 1847 à de Sénarmont pour aller professer au Muséum.

On peut apprécier l'enseignement de Dufrénoy par son *Traité de minéralogie* (3 vol. et atlas, 1841-1847).

De Billy a consacré à Dufrénoy, dans les *Annales des mines* (6e série, t. IV), une notice fort étendue qui résume parfaitement cette vie si bien remplie à tous égards et expose l'ensemble de ses travaux comme savant.

Dufrénoy avait été élu à l'Académie des sciences en 1840.

(**) Élie de Beaumont, né le 25 septembre 1798, mort le 21 septembre 1874, ne peut être séparé de Dufrénoy. La gloire du premier a été plus brillante; ses travaux, comme savant, d'une portée singulièrement plus haute et d'un caractère plus général, marqueront davantage. Il a fait rejaillir sur l'École où il professait la gloire de son nom. Mais les services rendus à l'École et à son enseignement par Dufrénoy, dont l'esprit était plus pratique, ont été d'une tout autre étendue et singulièrement plus féconds pour l'avenir.

Dès sa sortie de l'École, en 1823, Élie de Beaumont alla avec Brochant de Villiers et Dufrénoy faire en Angleterre ce voyage, resté célèbre, qui devait servir de préparation au travail de la carte géologique commencé en 1825. En 1827, il suppléait Brochant de Villiers pour l'enseignement de la géologie dont il devenait professeur titulaire en 1835 pour le rester jusqu'à sa mort. Il est vrai que dès avant 1856, où la suppléance de de Chancour-

L'ordonnance de 1816, continuant aussi les traditions originaires, avait stipulé qu'il y aurait deux classes d'élèves : les élèves ingénieurs, venant de l'École polytechnique, destinés au recrutement du corps des mines, pour lesquels l'École était plus spécialement créée; les élèves externes, « qui seront envoyés soit par les préfets, soit par les concessionnaires ou les propriétaires d'établissements métallurgiques », disait l'art. 14, dans le but principal, suivant l'art. 25, « de former des directeurs d'exploitations et d'usines. » On reconnaîtra sans peine,

---

tois devint officielle, il se fit suppléer par celui-ci, ne faisant plus effectivement chaque année qu'un nombre de leçons plus ou moins restreint. Bien qu'il eût été mis à la retraite en 1868, à raison de l'âge fatidique, et qu'il eût dû à ce titre résigner la vice-présidence du conseil général des mines qu'il occupait depuis 1861, il fut, par mesure exceptionnelle, maintenu professeur titulaire, en même temps qu'il restait chargé de la direction du nouveau service de la carte géologique détaillée de la France.

L'œuvre laissée par Élie de Beaumont comme publiciste est immense. M. Guyerdet (*Annales des Mines*, 7e série, t. VIII, p. 298) a mentionné 235 publications parues de 1822 à 1874. En dehors des notes publiées dans divers recueils dont quelques-unes, telles que celles sur les soulèvements et les émanations métallifères sont absolument capitales, il faut signaler comme ouvrages plus étendus : les *Leçons de géologie pratique* professées au Collège de France (2 vol., 1843-1849); la *Notice sur les systèmes de montagnes* (3 vol. in-12), qui exposait les bases et l'ensemble de la théorie du réseau pentagonal, quelque peu abandonné aujourd'hui en tant que système; le tout, sans parler de la *Description de la carte géologique*, en collaboration avec Dufrénoy.

Élu à l'Académie des sciences en 1835, il remplaça Arago comme secrétaire perpétuel.

Une statue d'Élie de Beaumont a été élevée à Caen en 1876 par souscriptions sur l'initiative de la Société linéenne de Normandie. L'ensemble des discours prononcés dans cette solennité et publiés par les soins de cette Société fait bien connaître la vie et les travaux de ce maître de la géologie française. M. J. Bertrand lui a consacré un éloge historique très développé (*Mémoires de l'Académie des sciences*, t. XXXIX).

dans ces dispositions, la reproduction presque textuelle des prescriptions antérieures.

L'arrêté ministériel du 3 juin 1817 ajoutait que « les élèves admis indiqueront, à leur entrée à l'École, l'espèce de mine ou d'usine à la conduite de laquelle ils se destinent plus particulièrement, afin que les études de chacun puissent être dirigées vers la partie qu'il aura préférée. » Cette disposition répondait, dans l'esprit des créateurs de cette réglementation, à des habitudes d'enseignement que nous avons signalées à Moutiers, où le professeur variait sensiblement son programme chaque année suivant l'état d'instruction de ses élèves. En fait, ces diverses dispositions ne tardèrent pas à être perdues de vue, si tant est même qu'elles aient été jamais appliquées à Paris. L'enseignement prit presque immédiatement l'allure régulière, avec programmes définis, de cours faits en deux ans. L'admission des élèves externes ne tarda pas, d'autre part, à devenir un concours entre tous ceux qui se présentaient à l'examen d'admission, sans qu'on se soit jamais inquiété de savoir quelle devait être leur destination après la sortie de l'École. De leur provenance on ne s'en occupait que pour appliquer éventuellement une clause par laquelle l'arrêté ministériel du 3 juin 1817, relatif à l'admission des élèves externes, avait modifié l'art. 14 de l'ordonnance de 1816. Sous l'influence des idées de l'époque et conformément aux traditions, cet arrêté stipulait (art. 13) qu'à égalité de mérite la préférence pouvait être donnée aux fils de directeurs ou de concessionnaires de mines, de chefs ou de propriétaires d'usines minéralurgiques. Le premier conseil et l'administration supérieure ont fait une large application de cette disposition ; ils ont souvent donné la préférence avec une inégalité de mérite notable. La clause en question a été maintenue dans les arrêtés ministériels des 30 juillet 1847 et 1er août 1861 qui ont successivement remplacé celui

de 1817. Mais après la Restauration il n'a plus été fait qu'une application plus rare et en tout cas plus limitée de cette disposition, qui doit être considérée aujourd'hui comme légalement abrogée (*).

En outre des élèves externes, il y eut dès l'origine des *élèves autorisés*, correspondant à ceux qui, dans notre organisation actuelle, ont été qualifiés *d'élèves libres* et aujourd'hui d'*auditeurs libres*. Ce sont des personnes que l'administration supérieure autorise à suivre les cours de l'École sans qu'elles soient astreintes à subir une épreuve quelconque avant l'entrée ni à passer les examens de fin d'année.

L'idée de ces élèves autorisés, dont il n'était pas question dans l'ordonnance organique de 1816, doit être recherchée dans l'art. 11 de l'arrêté ministériel du 3 juin 1817 (**), qui autorisait les candidats admissibles, mais non admis, à suivre les cours sans prendre part aux exercices qui devaient être réservés aux seuls élèves externes. Mais le gouvernement de la Restauration autorisa discrétionnairement beaucoup d'autres personnes, qui n'avaient jamais subi aucun examen, à jouir de la même faveur; allant encore plus loin, il permit à plusieurs de ces élèves autorisés de participer aux travaux du laboratoire, en sorte qu'il n'y avait guère d'avantages particuliers dont profitassent, par rapport à eux, les élèves externes. Aussi s'explique-t-on sans peine que ceux-ci réclamèrent plus d'une fois contre cette situation d'autant moins tolérable pour eux que le gouvernement de la Restauration usa du système des élèves autorisés

(*) Les arrêtés ministériels du 25 juin 1883, qui règlent aujourd'hui l'entrée à l'École, ne contiennent plus trace de cette disposition; il peut être permis de le regretter si l'on songe au but spécial de l'École des mines.

(**) Reproduite dans l'art. 8 de l'arrêté du 30 juillet 1847, la clause a disparu dans l'arrêté de 1861.

à ce point que leur nombre s'éleva jusqu'à une trentaine. Les élèves externes se plaignaient notamment que Berthier favorisât parfois les élèves autorisés qui pouvaient travailler au laboratoire au détriment d'élèves externes qui n'y étaient pas admis. Berthier répondait avec raison qu'il ne lui était pas possible de ne pas tenir compte des ordres de l'administration supérieure, qu'avec l'exiguïté des laboratoires, il ne pouvait souvent disposer que d'une place pour quatre candidats, et que, si certains élèves externes étaient exclus, c'était à raison de leur ignorance à peu près complète en chimie. Jusqu'à l'époque, en effet, où furent établis les cours préparatoires, l'insuffisance de nombreux externes en physique et en chimie préoccupa souvent le conseil; beaucoup d'entre eux n'étaient admis à l'École qu'à la condition de suivre, à la Sorbonne, des cours sur ces matières et de passer convenablement un examen à la fin de leur première année. Plus tard ils ne furent même admis aux exercices préparatoires du laboratoire à la fin de la 1re année que s'ils soutenaient convenablement cet examen.

L'ordonnance de 1816 prévoyait qu'il pourrait y avoir en cours d'instruction simultanément à l'École 9 élèves ingénieurs (art. 13) et 9 élèves externes (art. 14). Les chiffres furent promptement dépassés, même avant la mise en service des nouveaux laboratoires dans l'année scolaire 1844-1845.

Le nombre des élèves ingénieurs dépendit toujours des besoins que l'administration prévoyait dans le service. De 1817 à 1822, les promotions annuelles ne furent que de 3 élèves; à partir de 1823 jusqu'à la fin de la Restauration elles furent de 4 et 5, et comme le plus habituellement les élèves ingénieurs restaient trois ans à l'École, l'effectif était d'une quinzaine d'élèves ingénieurs environ.

Le nombre des élèves externes se réglait naturellement d'après le nombre des places disponibles au labo-

ratoire ; toutefois, comme certains élèves n'y travaillaient qu'un temps relativement réduit, le conseil se montrait moins sévère sur le nombre des admissions. Tout au début, leur nombre ne fut pas très considérable et ne s'écarta guère, pour les deux années de présence utile, de celui fixé par l'ordonnance; les candidats ne furent pas d'abord très nombreux et peu étaient éliminés aux examens d'entrée (*). Mais peu à peu les jeunes gens qui avaient échoué à l'École polytechnique commencèrent à affluer vers l'École des mines, et vers la fin du gouvernement de la Restauration il y eut jusqu'à 23 et 24 candidats pour 4 places disponibles. Lorsque l'École centrale se fonda en 1829, il y eut un moment d'arrêt dans le mouvement ascensionnel des candidats et même des admis; beaucoup de jeunes gens préférèrent se diriger vers la nouvelle École; puis le mouvement ascensionnel ne tarda pas à reprendre et ne cessa par la suite de s'accentuer.

L'ordonnance constitutive de 1816 et les actes originaires qui l'ont accompagnée ne prévoyaient rien explicitement pour les élèves étrangers. Il fut admis que ceux-ci, lorsqu'ils étaient présentés par leurs ambassadeurs, pouvaient être absolument assimilés aux élèves français, tant pour les avantages que pour les sujétions. Dès 1818, un sujet américain fut autorisé à suivre les cours et les exercices sans passer d'examens, et sous le gouvernement de la Restauration 15 élèves étrangers sortirent de l'École, parmi lesquels on doit citer Marianno di Riveiro, qui fut directeur des mines du Chili, et Lesoine, de Liège, sorti avec des notes exceptionnellement brillantes et qui a fait, en Belgique, dans la métallurgie, une carrière si bien remplie.

(*) Pendant les sept premières années, tous les candidats qui se sont présentés paraissent avoir été admis.

Pendant toute la durée du gouvernement de la Restauration, que les observations qui précèdent visent plus spécialement, la vie de l'École s'écoula d'une façon relativement assez uniforme, sauf l'accroissement du nombre d'élèves qui suivit les agrandissements de 1819-1820, et le développement qui put être par suite donné aux collections. Cette régularité d'existence tint à la persistance du personnel dirigeant pendant cette période.

L'École était en fait, on le sait, administrée par le conseil où restèrent tout ce temps les trois inspecteurs généraux Lelièvre, vice-président officiel, mais président effectif, Gillet de Laumont et Duhamel, qui avait remplacé, en 1813, Lefebvre d'Hellancourt, décédé. Lefroy resta tout ce temps également inspecteur agissant exclusivement et directement sous l'action du conseil. Les changements dans le personnel enseignant ne furent pas très sensibles : Baillet et Berthier restèrent respectivement professeurs d'exploitation et de docimasie pendant toute la période; si, en 1822, Hassenfratz fut remplacé par Guenyveau (*), celui-ci ne paraît pas avoir apporté de

(*) Guenyveau, né à Saumur, le 16 mars 1782, mort inspecteur général des mines en retraite le 3 janvier 1861, avait constitué avec Beaunier la première promotion (1802), qui fit toutes ses études à Moutiers. Il y avait décelé, en même temps que Berthier, de la promotion précédente, des aptitudes remarquées pour la chimie, qui le firent appeler en 1806 au laboratoire de l'administration à Paris, pour y travailler sous Descotils. Guenyveau n'a laissé que quelques rares notes de chimie et de métallurgie dans le *Journal des mines* et les premiers volumes des *Annales des mines*. Il a publié en 1824 (1 vol. in-8°) un précis assez sommaire sur les *Principes généraux de métallurgie*, et, en 1835 (1 vol. in-8°), un mémoire sur de *nouveaux procédés pour fabriquer la fonte et le fer en barres*.

Il resta professeur à l'Ecole, de 1822 à 1840, date à laquelle il fut remplacé par Le Play. Cet assez long enseignement de 18 ans ne paraît pas avoir laissé beaucoup de traces. Des légendes même se sont créées qui ne témoigneraient guère en faveur du cours professé par Guenyveau; tout le monde connaît notamment

changements sensibles dans l'enseignement de son prédécesseur. Brochant de Villiers resta également professeur pendant toute cette période ; il est vrai que, dès 1825, il se fit suppléer par Dufrénoy, tant pour la minéralogie que pour la géologie, et à partir de 1827, par Dufrénoy pour la minéralogie, et par Élie de Beaumont pour la géologie.

Pendant toute cette première période, le conseil, auquel le gouvernement semble avoir laissé une assez grande latitude pour le fonctionnement intérieur de l'École, n'était en quelque sorte que la continuation, presque avec le même personnel, de l'administration qui avait successivement présidé aux destinées de l'École de la Convention et de celle de Moutiers. On s'explique donc que les anciennes traditions, dont plusieurs ont laissé des traces jusqu'à nos jours (*), aient continué à exercer, pendant tout ce temps, une influence prépondérante. Mais en même temps, dès cette première période, furent introduites dans l'enseignement des innovations importantes, caractéristiques de l'enseignement de l'École des mines de Paris ; elles avaient été inspirées au conseil par les résultats comparatifs de la double expérience de l'École de la Convention à Paris et de l'École de Moutiers ; en sorte que c'est aussi aux vénérables ancêtres et créateurs de notre administration moderne des mines qu'il faut en faire remonter l'honneur.

celle de l'ouvrier et de la tuyère. Nous n'aurions pas parlé de ces souvenirs si nous n'en retrouvions l'écho peu déguisé dans la notice que M. Lefébure de Fourcy a consacrée à Le Play (*Annales des mines*, juillet-août 1882).

(*) Tel est le cas, pour ne citer qu'un détail, de la *moyenne partielle* dont on s'occupe encore, en apparence du moins, pour chaque matière de l'enseignement et qui n'est que la suite de l'ancien *medium* qui jouait jadis un rôle si capital pour le classement et la sortie des élèves, puisque nul ne pouvait sortir de l'École avant d'avoir obtenu son *medium* dans chacune des matières individuellement.

Chacun des quatre cours durait deux ans. La géologie proprement dite, bien que confiée au même professeur, alternait avec la minéralogie, la géologie étant devenue une véritable science avec un corps de doctrine.

Hassenfratz (*) et Guenyveau enseignaient toujours la minéralurgie plutôt que la métallurgie ; le cours continuait à comprendre la fabrication de la chaux et du plâtre, des briques et poteries, des verres et cristaux, des couleurs métalliques, des acides et sels minéraux (**). Baillet traitait des divers moteurs à eau (***) et à vapeur, en les intercalant au milieu de son cours d'exploitation, comme la théorie des machines à vapeur se trouve intercalée dans le traité d'exploitation de Combes. C'étaient les premiers indices de la partie de ce cours, qui plus tard devait former le cours de machines, distinct de celui d'exploitation, même quand il resta confié à un seul professeur. Baillet terminait la première partie de son cours par des leçons de lever de plans superficiels et souterrains, tout comme Duhamel, dès l'École de Sage, enseignait la *géométrie souterraine* à la suite de l'exploitation des mines, et comme on voit cette matière figurer dans le *Traité* de Combes.

Tout cet enseignement n'était, en somme, que la continuation de celui inauguré dans l'École de la Convention, mis au courant toutefois des découvertes et progrès faits depuis cette époque.

(*) Nous ne pouvons pour le programme d'Hassenfratz, que renvoyer à ce qui en a été dit p. 497.

(**) En 1836, lors du remaniement des programmes qui eut lieu à cette époque, Guenyveau paraît avoir fait disparaître les parties du cours ne se rattachant pas directement à la métallurgie. Le Play ne les rétablit que partiellement quelques années après.

(***) Avec les machines à eau, Baillet traitait de la construction des digues, étangs, rigoles, tuyaux de conduite et de leurs accessoires, matières rentrant partiellement dans le cours de construction.

L'enseignement théorique donné dans les quatre cours, qui duraient du 15 novembre au 15 avril de chaque année, devait être complété par un enseignement pratique, qui resta toujours particulièrement cher à ceux qui, en 1794, suivirent avec tant de persévérance, mais si peu de succès, l'idée des écoles pratiques, que nous allons voir agiter à nouveau, sans plus aboutir d'ailleurs. Cet enseignement pratique devait être donné partie à Paris, à l'École ou autour de l'École, et partie au dehors.

A l'École, les élèves étaient exercés alternativement, par le système du roulement en brigades, qui persiste encore, au travail de laboratoire et au dessin, et ils étaient censés devoir se livrer à l'étude des collections, de 8 heures à 9 heures et demie du matin. A la suite des cours, ils visitaient à Paris ou aux environs, avec les professeurs de minéralurgie ou d'exploitation, soit des ateliers minéralurgiques (*), soit des exploitations de carrières (**), et ils faisaient des courses géologiques avec le professeur de minéralogie.

(*) Hassenfratz, au début, avait même établi à l'École des fourneaux pour le traitement en grand du fer et du plomb ; mais ces leçons pratiques paraissent avoir cessé assez promptement, un peu peut-être à la suite des réclamations du quartier.

(**) Tout à fait au début de ce système, les professeurs ne faisaient pas moins de quinze visites de cette nature, et il y avait quatre courses minéralogiques.

Les visites industrielles avec les professeurs ont, depuis cette époque, subi des fortunes diverses; tantôt absolument abandonnées, tantôt reprises, mais toujours avec un développement moindre qu'au début. Les visites relatives à l'exploitation, difficiles, il est vrai, autour de Paris, ont notamment cessé depuis longtemps.

En ces derniers temps, des visites industrielles avaient eu lieu librement sous les auspices et par le concours de l'Association des anciens élèves.

Les courses géologiques ont persisté et se sont développées par suite de la grande course géologique d'une semaine qui s'est ajoutée aux courses d'un jour dans les environs de Paris.

Entre la première et la deuxième année, le temps disponible était occupé par des travaux au laboratoire, des exercices de lever de plans superficiels et souterrains, que dirigeait et surveillait l'inspecteur Lefroy, par des exercices de dessin et plus tard par la rédaction des cours suivis dans l'année.

Le conseil ne voyait, dans tous ces exercices, que l'ébauche de l'enseignement pratique qui devait essentiellement s'achever, suivant ses idées persistantes, dans les écoles pratiques et dans les grandes exploitations de mines, comme le portait l'article 22 de l'ordonnance de 1816; l'article 10 de l'arrêté ministériel du 6 décembre 1816, qui reflétait ces idées, avait stipulé qu'aucun élève du corps ne pouvait être promu au grade d'aspirant sans avoir passé trois campagnes ou séjourné douze mois consécutifs dans une école pratique ou dans un établissement de mines et avoir été reconnu à la suite, par le conseil, avoir l'expérience ou les connaissances pratiques nécessaires.

Toutes ces dispositions émanaient, du reste, du conseil qui avait préparé ces actes officiels; on sait trop l'importance qu'il attachait à ces idées pour ne pas deviner avec quelle persistante continuité il insista auprès de l'administration toutes les fois que la plus petite occasion s'en présentait pour demander qu'on le mît à même de se conformer strictement à ces dispositions; il insistait notamment sur la création des écoles pratiques (*). Il est à

(*) Dans une délibération de 1820, le conseil « plein des souvenirs et des heureux résultats de Geislautern et Pesey » demandait instamment : 1° l'octroi d'une concession de mine de houille à l'École de Saint-Étienne; 2° l'achat d'une usine à fer qui, au besoin, eût été gérée par les ingénieurs des mines pour le compte du ministère de la marine ; 3° la création d'une école spéciale sur une concession de mine de plomb et de cuivre argentifères. On reconnaîtra bien là la persistance des idées mises en avant depuis 1794.

peine besoin de dire, d'autre part, que le gouvernement de la Restauration, pas plus d'ailleurs que ceux qui lui succédèrent, ne répondit à ces ouvertures, et ne songea à acquérir et à exploiter les établissements miniers et minéralurgiques nécessaires pour la constitution de ces écoles pratiques (*). Ce ne fut en définitive que par des voyages, tels que la pratique s'en est conservée inaltérée, sauf diverses modifications dans les détails de l'application (**), que put être acquis l'enseignement pratique au

(*) La question n'a été examinée tant soit peu sérieusement par l'administration supérieure qu'en 1837-1838, au moment où, en achetant l'hôtel Vendôme, on se disposait à donner à l'École des mines de Paris, dont la vitalité et l'utilité avaient fait leurs preuves par vingt ans d'une brillante existence, tous les développements que cette institution nécessitait.

Le plan alors discuté consistait à créer une école pratique, formant en même temps usine expérimentale, par un établissement composé d'une mine de houille et d'une usine à fer exploitées directement par des ingénieurs des mines. Les élèves y auraient passé deux campagnes, d'un semestre chacune, entre leurs cours théoriques. Dans la première année ils devaient étudier particulièrement les détails, le premier trimestre à la mine, le second à l'usine ; ils auraient pratiqué les travaux manuels du mineur et du boiseur, du fondeur, du puddleur et du forgeron ; levé des plans souterrains et superficiels ; dressé des devis de détail pour mine et usine. Dans la seconde année, consacrée à des études plus générales, ils auraient étudié des projets, avec devis, de travaux ou d'installations pour la mine et l'usine. Les élèves n'auraient fait des voyages d'étude en France et à l'étranger qu'après ce double stage.

Le gouvernement recula devant la dépense de premier établissement que nécessitait l'exécution de ce plan.

(**) Les modifications ont porté, avec le temps, sur la durée et l'itinéraire de ces voyages.

Au début, les voyages suivant la deuxième et la troisième année d'études étaient réglés à 140 jours de durée ; leur itinéraire détaillé était fixé par le conseil sur la rédaction d'un de ses membres. Ces premiers itinéraires obligeaient à des stationnements prolongés dans un même établissement où l'on indiquait même à l'élève le programme de ce qu'il aurait à faire. Des nécessités budgétaires firent réduire, par la suite, dès le début du gouvernement de Juillet, la durée de ces voyages à 100 jours ; l'itinéraire

dehors ; l'usage s'établit promptement, par suite de ces nécessités, d'entendre chacun de ces voyages comme constituant une de ces campagnes prescrites par l'article 10 de l'arrêté du 6 décembre 1816. Il fut même entendu, à partir de 1820, qu'on considérerait comme première campagne, au sens de cet article, la période d'exercices pratiques à Paris, entre la première et la seconde année, comprenant les visites d'établissements et les courses minéralurgiques avec les professeurs (*).

Le Conseil de l'École, plus pénétré de l'importance de l'enseignement pratique, et interprétant plus étroitement l'arrêté de 1816, voulait, il est vrai, que les élèves ingénieurs fissent leurs trois campagnes de voyage, sans compter comme telle la période d'exercices de première année, et restassent par suite quatre ans à l'École ; mais l'administration supérieure, désireuse de disposer au plus tôt de ses ingénieurs, ne voulut jamais accepter une pareille combinaison.

Cette scolarité de quatre ans se liait, du reste, pour le Conseil avec l'ensemble d'un système, reposant aussi

fut ensuite laissé au choix des élèves sous la sanction d'un examen en conseil. Les usages ont varié suivant le temps pour les pays que les élèves pouvaient choisir, au moins, entre la deuxième et la troisième année ; le premier grand voyage a dû, à certaines époques, et notamment aujourd'hui, se faire nécessairement en France.

Ces renseignements sont relatifs aux voyages des élèves ingénieurs. Jusque vers la fin du gouvernement de la Restauration, l'administration s'est refusée à s'occuper des voyages d'élèves externes ; jusqu'en 1848 ils ont été facultatifs ; ils sont obligatoires depuis cette date, mais seulement entre la deuxième et la troisième années.

(*) Jusqu'en 1848, les élèves de première année n'ont pas voyagé. De cette date jusqu'en 1856, les élèves ingénieurs ont dû faire une courte excursion sur les chemins de fer des environs de Paris. Depuis 1866 on a repris, pour tous les élèves, ingénieurs et externes, le système d'un court voyage, de trois à quatre semaines, qui ne devrait être qu'un stage dans un seul district.

sur les anciennes traditions; mais ce système finit par ne jamais être pratiqué, et on s'en écarta même singulièrement plus tard.

La durée normale des cours était de deux ans; pour qu'un élève ingénieur pût être déclaré hors de concours, il fallait qu'il eût obtenu dans une même année, le médium dans toutes les matières; sinon, il avait à recommencer son année et à repasser ses examens. L'obtention de tous les médiums ne devait pas dispenser de suivre à nouveau tous les cours une seconde fois pour mieux posséder les matières. En outre, la quatrième année, ou tout au moins la troisième, lorsque l'administration eut refusé ce redoublement, devait être consacrée à un noviciat administratif consistant pour l'élève hors de concours à suivre obligatoirement les séances du conseil général des mines (*). En somme, suivant la façon dont ils passaient leurs examens, les élèves ingénieurs avaient une scolarité de deux ans (**) seulement, le plus

(*) Malgré l'obligation, il ne paraît pas que les élèves aient été jamais très assidus.

Le premier conseil, plus pénétré de l'instruction technique que de l'instruction administrative a, de tout temps, écarté toutes les propositions de nature à introduire un enseignement sur cette branche de connaissances si nécessaires à l'ingénieur de l'État. La seule mention qu'on en trouve est la recommandation, plus que l'injonction, écrite dans l'art. 3 de l'arrêté du 6 décembre 1816, qui porte que, dans la période de stationnement à Paris, entre la première et la deuxième année, les élèves « étudieront les lois et les règlements sur les mines ».

Sur une proposition faite au conseil d'introduire un cours de législation et d'administration, il répondit qu'il était inutile, et que des élèves aussi distingués n'avaient qu'à lire une loi et des règlements si simples ! Ce singulier mépris de l'étude de la législation explique peut-être la façon si douteuse dont notre législation des mines a été appliquée sous le gouvernement de la Restauration.

(**) Parmi les élèves entrés à l'École sous le gouvernement de la Restauration, les seuls dont nous voulions parler à ce point de vue, ceux qui n'ont été astreints qu'à deux ans de scolarité

habituellement de trois, mais parfois aussi de quatre ans. Les élèves qui n'étaient pas hors de concours et étaient astreints par suite encore à la scolarité concouraient chaque année, tous ensemble, sans distinction de promotion, et étaient classés d'après les résultats des épreuves sur une seule liste.

L'article 20 de l'ordonnance du 5 décembre 1816 avait parlé de sujets de concours à donner aux élèves, et l'article 1er de l'arrêté du 6 décembre 1816 avait mentionné huit sujets, depuis l'écriture courante jusqu'à de véritables projets d'exploitation ou de machines. En réalité, en dehors d'une analyse chimique de concours, ces exercices se réduisaient à l'exécution de simples dessins. En 1840 seulement, parmi ses nombreuses et utiles innovations, Dufrénoy introduisit les deux projets de concours tels que nous les pratiquons aujourd'hui.

Tous les renseignements qui précèdent concernent spécialement les élèves ingénieurs. Le conseil étendait également sa sollicitude sur les externes, autant que le permettait l'insuffisance des connaissances qu'un trop grand nombre d'entre eux apportait alors à l'École, notamment en physique et surtout en chimie. Aussi, à peu d'exceptions près, les élèves externes n'étaient pas admis

furent : Combes (prom. de 1820), Reynaud et Bineau (prom. de 1826), Le Play (prom. de 1827), Malinvaud (prom. de 1828) et de Sénarmont (prom. de 1829).

Parmi eux Le Play s'était distingué à tel point que, à la suite du concours de 1829, le conseil, « frappé de la supériorité de M. Le Play dans toutes les parties de l'enseignement sans exception, de son application non interrompue, de sa conduite exemplaire et du succès extraordinaire qu'il vient d'obtenir dans le dernier concours puisque, bien qu'il n'ait que deux années d'étude, il se trouve le premier en tête de la liste et a obtenu 1.597 points de mérite, nombre de points auquel, depuis la fondation de l'École des mines à Paris, n'a jamais atteint un élève, même de trois années, demande au directeur général un témoignage de satisfaction particulière ».

à travailler au laboratoire à leur première année, pendant la période d'exercices de l'été, et ils n'y étaient même admis qu'à la condition d'avoir subi avec succès un examen sur la chimie. Par ce motif, Berthier — et il s'en plaignait — était obligé de s'étendre dans son cours sur les généralités de la chimie au détriment du développement qu'il aurait préféré donner à la docimasie proprement dite.

Dans ces conditions les externes restaient généralement trois ans à l'École, bien qu'ils eussent pu, eux aussi, terminer en deux ans. D'autres fois, le conseil tolérait des séjours de quatre années. Sans qu'il y eût dans ces débuts de jurisprudence bien constante, le conseil accordait parfois des certificats au bout de trois ans, même quand un élève n'avait pas tous ses médiums, comme aussi il rayait de la liste, en cours d'instruction, ceux qui ne se mettaient pas en mesure de profiter utilement de leur séjour à l'École. Le diplôme, délivré à la sortie, variait dans ses expressions suivant le mérite de l'élève (*).

Se fondant sur les textes qui avaient constitué l'Ecole, le conseil aurait voulu que les élèves externes fussent astreints au même enseignement pratique que les élèves ingénieurs, et comme le conseil avait été contraint d'admettre que les voyages remplaçaient le séjour prévu dans les écoles pratiques, il réclamait l'obligation des voyages pour les élèves externes dans les conditions où on les imposait aux élèves ingénieurs (**). L'administration ré-

(*) C'est ainsi que celui délivré en 1826 à Lesoine, de Liège, après avoir constaté qu'il avait répondu de la manière « la plus satisfaisante », ajoutait « qu'il devait être placé dans les premiers rangs des élèves externes qui sont sortis jusqu'ici de l'École royale des mines ».

(**) « Nous ne pouvons vous dissimuler, écrivait le conseil au directeur général, le 13 août 1822, que tant que nous serons privés d'écoles pratiques, l'institution des élèves externes, qui

sista fort longtemps, prétendant qu'elle n'avait pas à s'immiscer dans cette partie de l'enseignement des élèves externes; qu'il ne lui était pas possible, hors de l'École, d'exercer sur eux une surveillance quelconque et qu'ils devaient être considérés comme échappant à son action. Dans les dernières années du gouvernement de la Restauration, le conseil finit par l'emporter et put faire exécuter aux élèves externes leurs deux périodes de voyage constituant, avec la période d'exercice de première année, les trois campagnes prévues au règlement. Grâce à sa persistance, le conseil put ainsi arriver à tirer bon parti de l'institution des élèves externes que le gouvernement de la Restauration ne paraît pas avoir eus en haute estime; c'est un titre de reconnaissance de plus que nous devons aux vénérables fondateurs de notre Ecole.

§ 4.

L'École des mines sous le gouvernement de Juillet.

Dès la fin de la Restauration le gouvernement avait compris que l'École des mines demandait à être rajeunie. L'âge et les fatigues ne laissaient pas de faire sentir leur influence sur le personnel dirigeant auquel, depuis tant d'années, se trouvaient confiées les destinées de l'enseignement. D'autres circonstances devaient, d'ailleurs, pousser l'administration à transformer l'École. La science appliquée allait prendre de grands développements, surtout par l'emploi de la vapeur; l'établissement des chemins de fer, outre qu'ils devaient constituer par eux-

pourrait être si utile et avoir une si grande influence sur le progrès des arts minéralurgiques, manquera presque entièrement son but. A défaut d'écoles pratiques, les voyages deviennent absolument indispensables ».

mêmes une industrie nouvelle, allait entraîner dans toutes les industries des modifications profondes, forçant chaque district, à peine de disparaître, de renoncer aux traditions ou aux routines, sous le bénéfice desquels il avait pu vivre dans le passé, et le contraignant de se mettre en situation de lutter avec les autres sur un marché qui s'élargissait de plus en plus.

Toute la durée du gouvernement de Juillet fut à tous les points de vue, pour l'École des mines, telle que la laissait le gouvernement de la Restauration, une période de transformations successives dont les résultats ne furent définitivement constitués que sous le régime suivant.

Ces transformations commencèrent par le renouvellement du personnel dirigeant et, d'abord, par le départ des inspecteurs généraux dont la présence continue avait principalement contribué à donner au conseil et à l'École, depuis 1794, cette persistance dans les vues et les idées, qui, singulièrement féconde aux débuts, pouvait à la longue nuire aux progrès de l'institution. En 1832, Lelièvre et Gillet de Laumont se retiraient, après 38 ans d'administration, en même temps que leur collègue Duhamel. A partir de cette époque le conseil, par suite peut-être d'un changement plus fréquent dans ses membres, ne paraît plus avoir eu dans l'administration de l'École un rôle aussi direct et une action aussi immédiate que par le passé. Il était du reste devenu plus nombreux, l'ordonnance du 29 août 1834 ayant fixé à six, au lieu de trois, le nombre des inspecteurs généraux qui devaient en faire partie en dehors des professeurs et de l'inspecteur de l'École (*). Le conseil conserva néanmoins

(*) Si, à partir de 1832, le conseil, par suite du changement plus fréquent de ses membres, devenus plus nombreux, ne paraît plus présenter cette unité de composition et, par suite, ce souci des traditions, qui le caractérisaient auparavant, il y a lieu de remarquer que la présidence en resta confiée à Cordier jusqu'à ce que la réorganisation par le décret de 1856 la fit passer au directeur de l'École. Depuis 1832 également, Cordier présida le conseil général des mines ; il conserva cette présidence jusqu'à sa mort, survenue le 30 mars 1861 ; né le 31 mars 1777, il était alors âgé de 84 ans.

Cordier, qui avait été pair de France sous le gouvernement de Juillet, était, en outre, administrateur-directeur du Muséum. Il avait succédé en 1819 à Faujas de Saint-Fond dans la chaire de géologie de cet établissement, et à Haüy à l'Académie des sciences en 1822.

Cordier avait été, avec Brochant de Villiers, de cette seule fournée de 40 élèves, plus tard réduite à 20, qui était entrée en 1794 à l'École des mines de la Convention.

jusqu'à la réorganisation de 1856 une part dans l'administration, plus importante, en droit tout au moins, qu'il ne l'a aujourd'hui ; il continua en effet jusqu'à cette date à délibérer le budget annuel (*).

Cet effacement relatif du conseil se lia, il est vrai, à l'action plus directe et à l'importance plus grande que les fonctions d'inspecteur allaient prendre entre les mains

(*) Le premier budget régulièrement délibéré en conseil, celui de 1817, se montait à 7.000 francs ; en fait on dépensa 8.723f,33 ; il est vrai qu'il n'y avait que deux élèves. En 1821, le budget ne s'élevait encore qu'à 12.000 francs, et à la fin du gouvernement de la Restauration à 17.250 francs. En 1839, après l'achat de l'hôtel Vendôme, il avait dû être porté à 21.142 francs ; le dernier budget du gouvernement de Juillet, relatif à l'année 1848, avait été arrêté à 28.680 francs. Le dernier budget délibéré par le conseil, relatif à l'année 1856, était de 74.332f

dont : pour le matériel. 48.632f
« « personnel. 25.700

Dans ce budget n'était pas compris l'entretien des bâtiments qui restait à la charge des bâtiments civils. Dans tous ces budgets le personnel porté au budget de l'École doit d'ailleurs s'entendre des professeurs étrangers au corps des mines et des employés et gens de service.

Comme dernier terme de comparaison, le budget de 1889 est de. 157.366f

dont : pour le matériel 75.166f
« « personnel 82.200

Pour le rendre comparable au dernier des budgets précités, il en

de Dufrénoy qui, au premier janvier 1837, succéda à Lefroy, après avoir commencé à lui être associé depuis 1834 comme inspecteur-adjoint et avoir fait sentir son influence dès cette époque. Avant d'être nommé officiellement directeur en 1848, Dufrénoy était arrivé à en exercer réellement les attributions. On s'est plu à faire remonter à Dufrénoy l'honneur des transformations qui ont amené le modeste établissement de la Restauration à la situation qu'il occupe aujourd'hui; ces appréciations sont parfaitement exactes, comme on le verra par ce que nous aurons à faire connaître; mais il ne faudrait cependant pas oublier les services, à coup sûr plus modestes, rendus par ceux qui l'avaient précédé, et notamment par Lefroy, au milieu de circonstances assez difficiles. C'est parce que le terrain avait été bien préparé avant lui que Dufrénoy put réussir comme il l'a fait.

Les transformations successives que l'École va subir dans toutes ses branches sous l'influence et par l'action du nouveau personnel dirigeant et que nous avons maintenant à relater se relient intimement, on va le voir, les unes aux autres.

Nous avons déjà dit les modifications que les bâtiments

---

faudrait déduire quelque 10.000 francs d'entretien des bâtiments.

Il faut de ces budgets rapprocher, avec le tableau qui suit, le nombre des élèves des cours spéciaux qui leur correspondent, simple mention étant faite des élèves des cours préparatoires :

ANNÉES	ÉLÈVES ingénieurs	ÉLÈVES externes	TOTAL	FRAIS par élève	OBSERVATIONS
1821	10	10	20	600f	(1) Il y avait en plus 5 étrangers.
1839	17	12	29 (1)	730	(2) En plus : 4 étrangers et 5 élèves aux cours préparatoires.
1848	19	15	34 (2)	843	(3) En plus : 7 étrangers et 5 élèves en préparatoire.
1856	13	36	49 (3)	1.517	(4) En plus : 16 étrangers et 49 élèves en préparatoire.
1889	10	70	80 (4)	1.967	

de l'Ecole subirent à la suite de l'achat de l'hôtel Vendôme en 1837; la transformation des laboratoires mis en service en 1844 permettait de doubler l'effectif des élèves qui put être de 44 à 50, et par suite permettait d'accroître notablement le nombre des élèves externes qui venaient de plus en plus nombreux frapper à la porte de l'École. Cette augmentation du nombre des élèves devait, de son côté, concourir à amener la transformation du système de la scolarité et indirectement par suite la modification des programmes de l'enseignement.

L'accroissement des bâtiments permit, d'autre part, de donner aux diverses collections le développement méthodique qu'elles n'avaient pu prendre jusqu'alors. La collection de minéralogie qui, par des accroissements successifs (*), s'élevait déjà, en 1845, à quelque 6.000 échantillons exposés dans les tables horizontales des salles du premier étage, s'augmenta de la riche collection du marquis de Drée, comprenant près de 20.000 échantillons (**), acquise en vertu de la loi du 30 juin 1845 au prix de 110.000 francs (***). En dehors de la collection de minéralogie, on disposa dans les armoires vitrées les collections suivantes : collection statistique de la France

---

(*) V. aux annexes les renseignements historiques sur les collections.

(**) La moitié environ de la collection de Drée fut donnée à divers établissements à raison des doubles qui se trouvaient dans les collections de l'École des mines.

(***) Le marquis de Drée était le beau-frère de Dolomieu; il avait recueilli les collections du célèbre géologue et notamment une collection de roches et pierres de 1.800 échantillons, et l'autre de produits volcaniques de 1.600 échantillons réunis par Dolomieu lui-même. Le marquis de Drée s'était occupé avec passion, pendant quarante ans, à rassembler des échantillons minéralogiques de choix et surtout très caractérisés au point de vue cristallographique. Dès 1810, il avait offert de vendre à l'administration sa collection qui comptait déjà, à cette époque, 13.750 échantillons dont 6.300 de minéralogie pure, non compris les pierres précieuses taillées et gravées; le conseil général des mines avait, à cette époque,

(16.250 échantillons en 1845) (*), collections géologiques de la France (16.400 échantillons en armoires et 11.400 en tiroirs) et étrangères (27.000 échantillons) ; collection géologique pour l'étude (4.020 échantillons).

La collection de paléontologie fut celle dont le classement a été le plus tardif, non pas tant que les éléments manquassent dès cette époque, mais le classement était à peine ébauché (**) et il ne devait commencer à devenir

---

vivement recommandé cet achat. Lorsque l'administration se décida à cette acquisition, à la mort du marquis, la collection fut expertisée par Cordier, de Bonnard et Dufrénoy, assistés de l'expert Roussel, qui convinrent des prix suivants :

14.576 minéraux à	78.055f »
4.379 roches	2.239
25 meubles et modèles.	2.010
	82.304f »
Estimation de 25 p. 100 en plus pour les minéraux en collection.	19.513f,75
	101.817f,75

En 1807 le marquis de Drée avait déjà cédé à l'École une série d'environ 500 échantillons provenant de la collection des produits volcaniques réunis par Dolomieu.

Il a été publié en 1811 et 1814 deux catalogues de cette collection célèbre. Le premier donnait une description détaillée, avec planches, des pierres fines taillées et gravées et des meubles d'art qui en faisaient partie. L'achat fait par l'Etat en 1845 ne comprenait pas ces trois parties de la collection qui firent l'objet de ventes distinctes.

(*) Ces collections statistiques ont joué de tout temps un rôle extrêmement important dans le musée de l'École. Dès l'origine, en 1794, nous avons signalé les préoccupations et les soins de l'agence pour en réunir les éléments. De Chancourtois, secondé par Guyerdet, aide aux collections, s'attacha particulièrement à les ranger et amena finalement la *collection de statistique départementale*, suivant le nom qui lui a été donnée, dans l'état de classement méthodique et systématique par département qui en fait aujourd'hui le mérite et la valeur. Le travail de de Chancourtois était sensiblement terminé en 1864.

(**) D'après un rapport de Dufrénoy de 1845, l'École possédait à cette date : une *collection de fossiles* de 29.131 coquilles fossiles,

sérieux que lorsque, en 1844, M. Bayle fut attaché à ce service en remplacement de Lecocq. Quelque temps après, en 1846, Dufrénoy était assez heureux pour obtenir, en faveur de la collection naissante, la cession gratuite de la collection des fossiles houillers de Koninck, si précieuse pour ses types sinon pour sa quantité (*), et, en 1848, de la collection Puzos, riche surtout en céphalopodes et renfermant un grand nombre de types étudiés et figurés par d'Orbigny. L'École des mines fut, en outre, admise à participer, avec le Muséum, au partage de la collection de plantes fossiles de Græser, achetée au prix de 12.000 francs, en vertu de la loi du 8 août 1847 (**).

A partir de 1840, Le Play, nommé professeur de métallurgie, s'occupa de la constitution d'une collection métallurgique, qui avait été à peine ébauchée par ses prédé-

---

111 poissons, 120 végétaux, et une *collection de coquilles vivantes* de 10.040 coquilles; mais le tout en tiroirs, sinon même entassé sans aucun ordre.

V. Sur les origines de la collection de paléontologie, *Annexes*, p. 671.

(*) De Koninck, étant venu visiter la collection de l'École, avait promis à Dufrénoy de lui envoyer ses doubles; revenu en Belgique, de Koninck écrivit que, réflexion faite, il ne trouvait pas ses doubles dignes de l'École des mines et qu'il envoyait sa collection même de types; grand embarras de Dufrénoy, confus de recevoir en cadeau une collection dont de Verneuil avait offert 10.000 francs; aussi, sur sa proposition, le Conseil de l'École demanda-t-il que de Koninck reçut la décoration de la Légion d'honneur en reconnaissance de son cadeau; ce qui fut fait par ordonnance du roi du 27 décembre 1846.

La collection donnée par de Koninck comprenait 1.400 échantillons formant 434 espèces dont 260 nouvelles.

(**) Græser était directeur des mines d'Eschweiler près Aix-la-Chapelle; sa collection comprenait spécialement des suites de végétaux fossiles du bassin houiller de la Wurm.

C'est surtout dans ces dernières années, grâce à M. Zeiller, que les collections de végétaux fossiles de l'École ont pris l'importance due à cette branche de la science, et que, après avoir été enrichies surtout par les dons des exploitants, elles sont arrivées à être méthodiquement classées.

cesseurs Hassenfratz et Guenyveau. Il poursuivit jusqu'en 1853 la réalisation de ce plan avec ces idées de méthode et de généralisation qui furent une des caractéristiques de son esprit (*).

L'ensemble des collections ci-dessus énumérées constitue un véritable musée systématique des sciences se rattachant à l'exploitation et au traitement des substances minérales ; ce musée n'est pas seulement destiné à faciliter l'instruction des élèves ; ouvert au public comme tous les autres musées, il peut lui offrir de précieuses ressources au point de vue scientifique ou technologique. L'établissement et le maintien d'un pareil musée à côté de l'École rentrent dans les traditions originaires de cette institution.

(*) Pour ne pas avoir à revenir sur ce sujet, nous signalerons immédiatement ici le résultat auquel Le Play était arrivé en 1853, à la veille par lui de quitter l'École, avec l'aide de de Chancourtois qu'il se plaisait à reconnaître. Aux 1.238 échantillons provenant d'Hassenfratz et aux 3.315 recueillis par Guenyveau, Le Play avait ajouté 21.693 échantillons dont les 9/10 recueillis directement par lui-même dans ses voyages. Cet ensemble constituait un *musée de l'industrie minérale*, sans parler de la collection spécialement destinée aux leçons (3.200 échantillons) et de celle remise aux élèves pour étude (1.954 échantillons). Il formait des suites naturelles partant des matières premières, combustibles et minerais, ou mieux pour ceux-ci des gîtes métallifères, pour arriver aux produits finis, en suivant la transformation des matières successives élaborées et des produits intermédiaires, et en rapprochant les matières des appareils, représentés en relief, dans lesquels elles étaient traitées. Le classement était fait systématiquement à un double point de vue : d'une part, au point de vue métallurgique ou minéralurgique par nature de produit final (fer, plomb, etc...) ; et d'autre part, au point de vue statistique, par district métallurgique ou minéralurgique.

Le Play estimait, en 1853, qu'il manquait 5.000 échantillons pour compléter la série des usines européennes et 8.000 pour la série des principales usines des autres continents.

L'intérêt technologique de cette collection reposait sur la conservation des traditions dans les divers districts. Mais, avec les transformations si profondes et si rapides de l'industrie moderne, cet intérêt s'atténue singulièrement pour une collection tant soit peu ancienne, et il n'est guère possible de se flatter de maintenir désormais au courant de pareilles collections. Les expositions universelles les remplacent au moment où elles ont lieu.

De ces collections de Le Play, une seule chose pouvait et devait subsister et même s'accroître avantageusement avec le temps : la collection systématique des gîtes métallifères, ou plus généralement des gîtes de substances minérales, collection qui est une dépendance rationnelle de la géologie technique ou appliquée.

Au point de vue intrinsèque, les collections de Le Play avaient l'inconvénient d'être formées d'échantillons de trop petites dimensions.

A raison même de l'importance et du développement de ce musée, des conditions spéciales de conservation et de surveillance qu'il exige, ces collections ne peuvent suffire aux besoins quotidiens de l'enseignement des élèves. Aussi Dufrénoy s'empressa-t-il de constituer des collections pour les élèves, plus réduites, plus systématiques, de moindre prix, mises librement à leur disposition à côté de leurs salles de dessin, leur permettant, par un maniement quotidien, d'acquérir la connaissance professionnelle intime des minéraux et des roches (*).

Les transformations de l'enseignement et des règles de la scolarité devaient être bien autrement importantes que les modifications subies par les bâtiments et les collections.

En 1832, Baillet du Belloy, après 35 ans d'un professorat remontant aux origines mêmes de l'École, quittait la chaire d'exploitation des mines et la remettait à Combes (**). Nul choix ne pouvait être plus heureux pour

(*) Suivant un système remontant aux origines de ces collections d'élèves, on évite tous les abus en faisant déposer à ceux-ci, au commencement de leur scolarité, une masse sur laquelle on retient les frais nécessaires à l'entretien et au remplacement des échantillons égarés ou détériorés.

(**) Combes, né à Cahors le 26 décembre 1801, est mort à Paris le 10 janvier 1872, quelques jours après qu'atteint par la limite d'âge il venait de quitter la direction de l'Ecole des mines où il avait succédé à Dufrénoy en 1857. Entré à l'Ecole des mines en 1820, il fut de ceux qui terminèrent leurs études en deux ans. Nommé à sa sortie de l'Ecole professeur à l'Ecole de Saint-

combler, dans l'enseignement de l'École, une lacune dont les inconvénients se seraient fait sentir de plus en plus vivement. Combes commença à donner dans son enseignement à l'étude des machines, des machines à vapeur en particulier, et à la résistance des matériaux, l'importance que ces matières réclamaient. Son cours devint un cours d'*Exploitation et de mécanique;* si la première théorie des machines à vapeur du classique *Traité d'exploitation* nous paraît aujourd'hui quelque peu arriérée, elle constitua pour l'époque une nouveauté et un grand progrès (*).

Etienne, les usages de l'administration à cette époque lui permirent de s'occuper en même temps de la direction d'exploitations telles que celles de Sainte-Marie-aux-Mines, et surtout de Roche-la-Molière et Firminy, et de se former ainsi à la connaissance des choses que l'on enseigne avec d'autant plus d'autorité que l'on arrive par leur pratique à les mieux connaître sous toutes leurs faces. Combes resta titulaire de la chaire d'exploitation des mines à Paris pendant vingt-quatre ans, jusqu'en 1856; mais il cessa son enseignement effectif dans l'année scolaire 1848-1849, date à partir de laquelle il se fit suppléer par Callon qui, en 1856, lui succéda comme titulaire.

Son *Traité d'exploitation des mines* (3 vol. in-8°, Paris, 1844-1845) reproduit ses leçons à l'Ecole des mines de Paris, à l'exception de ce qui concernait les moteurs hydrauliques; ce traité a été le premier ouvrage de cette nature publié en France; il est resté classique dans le monde entier jusqu'à l'apparition du cours publié par Callon.

Combes avait été nommé de l'Académie des sciences en 1847 dans la section de mécanique, à la place de Gambey.

Il a présidé le conseil général des mines, après la mise à la retraite d'Elie de Beaumont, en 1868.

(*) Dans les matières se rattachant plus directement à l'exploitation des mines, on doit à Combes de nombreux progrès dans les petites comme dans les grandes choses : il préconisa les mèches de sûreté ou bickford, les câbles métalliques pour l'extraction; on lui doit aussi un théodolite pour les levés souterrains et un anémomètre; il a signalé les défauts de la lampe Davy et cherché à y remédier; ses études sur l'aérage des mines et les ventilateurs eurent un retentissement mérité; elles ont posé les fondements d'une théorie alors presque inconnue et d'une importance capitale pour les mines.

Peu après, en 1835, lorsque Brochant de Villiers résigna ses fonctions de professeur titulaire, on sépara (*) sa chaire unique en deux chaires distinctes, l'une de minéralogie, l'autre de géologie, confiées la première à Dufrénoy et la seconde à Élie de Beaumont. Sans doute, en fait, depuis 1827, cette séparation existait; mais autre chose est dans l'enseignement une suppléance partielle confiée à deux personnes différentes, ou deux chaires distinctes. Chacun de ces deux cours ne durait à l'origine qu'un an (**).

Avec Dufrénoy, la cristallographie reprit dans l'enseignement de l'École la place qui lui revient de par la tradition d'Haüy; Brochant de Villiers, qui se rattachait quelque peu à l'École de Werner, s'y arrêtait moins.

Il serait inutile d'insister sur l'importance de l'enseignement géologique, si nouveau et d'une telle hauteur de vues, que donna Élie de Beaumont, proclamé à juste titre le maître de la géologie française.

Quelques années après le dédoublement de la chaire de Brochant, pendant la seconde série de transformations poursuivies par Dufrénoy, le cours de géologie reçut un complément important et qui devait le devenir encore plus par la suite. A partir de 1845, après entente entre Dufrénoy et Élie de Beaumont, M. Bayle fit, comme annexe au cours de géologie, des conférences publiques de paléontologie qui furent tout de suite très goûtées. Dufrénoy, qui ne craignait pas d'assumer la responsabilité des initiatives utiles, avait pris sur lui d'organiser ces

(*) Arrêté ministériel du 6 novembre 1835.

(**) A partir de 1856, de Chancourtois, qui suppléait Elie de Beaumont, répartit les matières du cours de géologie en deux ans, mais en en répétant une partie chaque année; au reste, jusqu'en 1875, date à laquelle de Chancourtois devint professeur titulaire, les élèves n'étaient tenus de suivre le cours de géologie qu'une année, la deuxième de l'enseignement.

conférences, dont le conseil lui-même, — ce dont il ne laissa pas de se plaindre quelque peu, — n'eut connaissance que lorsqu'elles se faisaient déjà depuis trois ans (*).

Berthier occupait avec trop d'autorité la chaire de docimasie pour qu'on eût à se préoccuper de cette partie de l'enseignement. Néanmoins, à partir de 1840, il se fit suppléer par Ebelmen (**), qui lui succédait en 1845 et allait être enlevé, si malheureusement pour la science, six ans après, à peine âgé de 38 ans.

Dans cette même année 1840, Le Play (***) succédait à

(*) La situation ne fut régularisée, comme on le dira plus tard, qu'en 1848; l'arrêté ministériel du 31 mars 1848 reconnut officiellement l'enseignement de la paléontologie mais en tant seulement que *leçons annexes du cours de géologie*. Le décret de 1856 avait bien fait de la paléontologie un *cours;* ce ne fut, en réalité, qu'en 1864 que M. Bayle, qui, en fait, professait depuis 1845, fut nommé professeur titulaire.

(**) Ebelmen, né le 10 juillet 1814, est mort le 31 mars 1852, prématurément enlevé aux grandes espérances que les travaux déjà faits par lui permettaient de concevoir. Sauvage les a fait connaître dans la notice nécrologique qu'il lui a consacrée (*Annales des mines*, 1853, partie administrative). Ebelmen, au moment de sa mort, était en outre administrateur de Sèvres, place où il avait été nommé en remplacement de Brongniart.

(***) Le Play, né à la Rivière (Calvados) le 11 avril 1806, est mort à Paris le 5 avril 1882. Nous avons déjà rappelé (p. 575) la façon extraordinairement brillante dont Le Play sortit de l'Ecole des mines, en 1829, à la suite de deux années d'études. Après avoir été attaché quelque temps au laboratoire de l'Ecole, il avait été chargé d'organiser et de faire fonctionner le service officiel de la statistique de l'industrie minérale, qui fut en réalité créée par lui; il était en même temps chargé de surveiller la publication des *Annales des mines* auxquelles, à partir de 1832, il donna une vitalité toute autre que celle qu'avait, depuis 1816, ce recueil, qui avait remplacé à cette date l'antique *Journal des mines*.

Lorsqu'en 1848 Dufrénoy échangea sa direction effective de l'Ecole contre une direction officielle, Le Play fut nommé aux nouvelles fonctions d'inspecteur.

En 1856, après le succès de l'Exposition universelle de 1855, dont il avait été nommé commissaire général en remplacement du général Morin, Le Play quitta le professorat et l'inspection de

Guenyveau et commençait, avec l'autorité spéciale due à sa pratique personnelle et à ses voyages, cet enseignement de seize ans, où il devait apporter les idées de systématisation méthodique, d'étendue d'observation et de précision de détails, qui furent les caractéristiques de ce beau talent et qui donnèrent une si juste célébrité à ses leçons. Le Play reprit dans son cours une partie des matières qui lui avaient fait donner, dès l'origine, le nom de *minéralurgie*, et que Guenyveau avait abandonnées à partir de 1836. Sous le titre d'arts minéralurgiques divers, Le Play traitait, en effet, avant la refonte des programmes en 1849, des verreries et cristalleries, briques et poteries diverses, chaux et mortiers, soufre, arsenic, acide sulfurique hydraté et fumant, soude artificielle.

L'accroissement du nombre d'élèves et l'élévation du niveau général des études n'allaient pas tarder à amener dans l'enseignement et la scolarité, tant pour les élèves ingénieurs que pour les élèves externes, deux modifications importantes et qui toutes deux devaient se montrer singulièrement fécondes.

En effet, le roulement des cours restait toujours de deux ans. Sans doute, dès 1835, plusieurs professeurs, Combes notamment, avaient proposé de répartir en trois années les matières de leur enseignement, en leur donnant plus de développement. Mais ces propositions n'eurent

l'Ecole, qu'il abandonna, celui-là au profit de Piot et celle-ci à de Sénarmont, pour aller au Conseil d'Etat. Le Play fut désormais perdu et pour l'Ecole et pour le corps des mines. Aussi, ne le suivrons-nous pas dans sa tâche de conseiller d'Etat, d'organisateur des diverses expositions universelles, de sénateur, non plus que dans son rôle d'économiste et de régénérateur social.

M. l'inspecteur général des mines Lefébure de Fourcy lui a consacré dans les *Annales des mines* de 1882 une des notices les plus complètes qui aient été écrites sur cet homme éminent en ce qui concerne sa vie d'ingénieur, de professeur et d'administrateur.

pas de suite. Certains élèves continuaient à obtenir tous leurs médiums au bout de deux ans (*), et, par conséquent, se trouvaient avoir rempli dans ce laps de temps toutes leurs obligations de scolarité. Mais le conseil, qui persistait à attacher une grande importance à l'enseignement pratique puisé dans les voyages, répugnait à mettre ces élèves à la disposition de l'administration, tant qu'ils n'avaient pas fait leurs deux excursions. Afin d'y remédier, on avait bien imaginé pour eux les voyages doubles, qui consistèrent d'abord en un voyage de six mois, au lieu de trois mois, après la deuxième année, ou en deux voyages de trois mois séparés par quelques mois de séjour à Paris. La troisième année était toujours considérée comme devant être une année de noviciat administratif, et à ce titre les élèves auraient dû aller s'initier aux choses administratives en suivant les séances du conseil général des mines; mais ce ne fut jamais une obligation, et il ne paraît pas que la pratique en ait été jamais prise (**).

Pour employer utilement cette troisième année et retenir sûrement tous les élèves, même quand ils auraient obtenu tous leurs médiums, Dufrénoy et le conseil créèrent, en 1841 (***), les deux concours de troisième année, l'un de métallurgie et l'autre d'exploitation de mines ou de machines, tels que depuis ils ont subsisté. Ce fut une des innovations les plus heureuses dans l'enseignement;

(*) Tel fut le cas de Callon et de Le Chatelier en 1838.

(**) Pour remédier aux lacunes de l'enseignement au point de vue administratif, lacunes dont on s'apercevait davantage tous les jours, une décision ministérielle du 27 mars 1838 avait prescrit que les élèves de l'École des mines suivraient le cours de droit administratif que Cotelle venait d'inaugurer à l'École des ponts et chaussées; ce cours devait à cet effet être augmenté de 8 leçons sur la législation des mines et le desséchement des marais. La mesure ne paraît pas avoir été suivie ni avoir donné jamais de résultats pratiques.

(***) L'établissement des deux concours de troisième année eut lieu en vertu d'une décision ministérielle du 22 décembre 1841.

car c'est là un des travaux les plus féconds que l'on puisse demander à des élèves d'écoles d'application qui ont terminé leurs cours et ont voyagé. Peu d'écoles ont pu réussir dans cette partie difficile de l'enseignement professionnel, comme on y est arrivé à l'École des mines de Paris. La mesure ne s'établit pas sans peine du reste, et les premiers concours furent très faibles. Auparavant, les élèves ne faisaient guère que des dessins, parfois accompagnés de devis, pour être annexés à leurs mémoires de voyage. Mais il y avait loin de là aux projets complets, avec devis, à dresser sur un programme détaillé indiqué par les professeurs. Quelques années après, lorsque la pratique de ces projets commença à être bien prise, on donna, comme aujourd'hui, des projets plus circonscrits aux élèves de deuxième année, projets qui étaient une préparation aux grands projets de la troisième année. Ces projets eurent le grand avantage de fixer dorénavant la scolarité à trois ans pour tous les élèves, quels que fussent leurs succès aux examens de deuxième année (*); cet allongement normal du séjour à l'École allait permettre d'utiles développements dans les programmes.

A mesure que le niveau des études s'élevait, la différence de recrutement et partant de préparation des élèves ingénieurs et des élèves externes se faisait sentir davantage. Ceux-ci, qui se présentaient en nombre toujours plus grand, devenaient de moins en moins aptes à suivre utilement les cours, à cause de leur insuffisance en chimie, physique et mathématiques. Dès 1840, le conseil et Dufrénoy avaient attiré sur ce point l'attention de l'administration supérieure, en proposant de créer à l'École

(*) Les élèves ingénieurs qui n'avaient pas leurs médiums au bout de la deuxième année, devaient la redoubler et, n'étaient admis à faire les projets de concours qu'à leur quatrième année.

des cours préparatoires qui auraient été faits par les jeunes ingénieurs des mines en résidence à Paris. Cette idée était assez naturellement indiquée par la pratique suivie par plusieurs élèves qui entraient d'abord à l'École en tant qu'autorisés, puis, après une ou deux années de préparation en cette qualité, devenaient à la suite des examens d'admission élèves externes admis régulièrement à tous les exercices et susceptibles d'être diplômés. L'administration supérieure refusa tout d'abord d'entrer dans cette voie et suggéra l'idée d'élever suffisamment le programme des connaissances exigées pour l'admission aux places d'élèves externes. Le conseil fit observer que cette mesure n'aurait pour effet que de créer une prime en faveur des élèves démissionnaires de l'École polytechnique; qu'on écarterait de l'École des mines les fils d'industriels qui y viennent chercher l'enseignement spécial dont ils ont besoin pour pouvoir un jour diriger les établissements de leur famille. L'administration finit par se rendre à ces excellentes raisons, lorsqu'après l'achèvement des nouveaux laboratoires le nombre des élèves externes put être et fut notablement augmenté; par décision du 10 novembre 1844, fut enfin créée l'institution des cours préparatoires, qui commença assez modestement d'abord, pour prendre bientôt l'organisation définitive qu'elle a conservée depuis.

Delaunay (*) fut d'abord seul chargé de faire des leçons d'analyse et mécanique rationnelle (30 leçons), de géométrie descriptive (10 leçons) et de physique (10 le-

(*) Delaunay, né le 9 avril 1816, à Lusigny (Aube), a péri misérablement, en rade de Cherbourg, le 4 août 1872.

En 1850 il quitta définitivement le service de l'administratio des mines pour ne plus s'occuper que du haut enseignement dans lequel il devait se créer une si haute et si légitime renommée. Après avoir suppléé Biot à la Sorbone, de 1841 à 1848, il y fut nommé professeur titulaire du cours de mécanique physique. A l'École polytechnique, où il avait été répétiteur-adjoint dès

çons) (*). Rivot (**), qui était encore élève de troisième année, fut chargé des leçons de chimie générale sous la

1838, étant encore élève à l'École des mines, il devint, à partir de 1851, professeur de mécanique.

Il était entré à l'Institut en 1855, au bureau des longitudes en 1862, et il fut directeur de l'Observatoire en 1870.

(*) Un peu plus tard, à raison de la peine qu'avaient les élèves à suivre les leçons d'analyse, Delaunay, avec l'assentiment du conseil, fit des leçons de mécanique appliquée qui rappelaient son classique *Traité de mécanique élémentaire*.

(**) Rivot, né le 12 octobre 1820, mort ingénieur en chef le 24 février 1869, est un des professeurs qui n'ont jamais quitté l'École. Nous le voyons, en 1844, professer aux cours préparatoires, étant encore élève. En 1845, il prend la direction effective du bureau d'essais dès sa création et, en 1853, il succède à Ebelmen dans la chaire de docimasie. L'œuvre publiée par Rivot a été considérable; en dehors de nombreux mémoires, dont plusieurs fort étendus et fort importants, insérés principalement dans les *Annales des mines*, il a laissé son *Traité de docimasie* en 4 volumes, et 2 volumes sur le *Traitement des substances minérales*. Doué d'une mémoire étonnante, d'une puissance et d'une continuité de travail prodigieuses, Rivot aurait pu professer tous les cours de l'Ecole avec la facilité légendaire qu'il mettait à enseigner la docimasie sans un chiffre mis sur une note pour les besoins de la leçon. Il prouva bien ces aptitudes universelles en suppléant volontairement Piot dans sa chaire de métallurgie. Ses mémoires sur les filons de Vialas, si remarqués en leur temps, montrent ce qu'il pouvait et savait faire comme géologue. Comme chimiste il a poursuivi la précision dans l'analyse par des méthodes nouvelles, patiemment recherchées et comparées entre elles, avec un désir d'exactitude qui n'avait d'égal que son scepticisme sur les résultats obtenus par lui-même.

Peu d'ingénieurs et de professeurs ont joui de leur vivant d'une pareille auréole de popularité, surtout auprès des élèves et des jeunes ingénieurs. Tout ce qu'il produisait devenait aisément légendaire. Qui ne se rappelle, après les mémoires sur Vialas, parus en 1862, la légende de l'heure V que tout le monde recherchait du Rhône à la Garonne? Peut-être aujourd'hui une réaction s'est faite en sens inverse. De même que l'heure V a montré ses défaillances, et à Rivot lui-même, de même on s'est demandé si son enseignement chimique ne contenait pas plus de faits que de méthode, si ses procédés d'analyse, pour atteindre une exactitude intangible, n'entraînaient pas dans des lenteurs inutiles et des manipulations incommodes.

direction d'Ebelmen, alors encore professeur-adjoint de docimasie.

Un peu après, Delaunay (décision ministérielle du 28 décembre 1844) ajoutait à ses fonctions celles de professeur de dessin et de lever de plans, à la place de Girard, décédé. Delaunay devait rester jusqu'à l'année scolaire 1848-1849 seul chargé de cette double tâche (*); il a ainsi rendu à l'École, où il est resté jusqu'en 1850, surtout pour l'organisation et le fonctionnement des cours préparatoires, dans une sphère relativement modeste pour un savant de son envergure, des services inappréciables, qui méritent que l'École conserve de lui un souvenir reconnaissant (**).

Dans cette institution des cours préparatoires, Dufrénoy reprenait en somme les plus anciennes traditions de l'École de la Convention et même de Sage. Ces cours n'avaient cessé que lorsque l'École des mines s'était recrutée exclusivement d'élèves provenant de l'École polytechnique.

Jusqu'à l'achèvement, en 1849-1850, de la réorganisation, dont nous suivons les essais et les tâtonnements dans sa période de préparation, la distinction actuelle entre les élèves des cours préparatoires et les élèves des cours spéciaux n'existait pas. La scolarité normale des externes était de trois années : la première année était occupée par les cours préparatoires et on y suivit

(*) En 1848-1849, Delaunay ne conserva plus que l'enseignement de la mécanique et de la physique; de Chancourtois se chargea de l'enseignement de la géométrie descriptive et du calcul infinitésimal, ainsi que de l'enseignement du dessin et du levé de plans pour les élèves des cours spéciaux.

(**) M. Daubrée, dans le discours nécrologique qu'il devait prononcer au nom de l'École des mines, dont il était alors directeur, et qui n'a pu qu'être publié, a bien fait ressortir, avec l'autorité spéciale qui lui appartenait, les services rendus par Delaunay à l'École.

même au début le cours de minéralogie (*); dans les deux autres années, on suivait les cours normaux, en faisant en outre, en troisième année, les projets de concours. Les externes venus de l'École polytechnique pouvaient être dispensés de suivre les cours préparatoires et pouvaient terminer leur scolarité en deux ans; ils n'en étaient pas moins tenus pour entrer à l'École de passer l'examen normal et unique d'admission, qui portait naturellement, comme aujourd'hui, sur le programme de la classe de mathématiques spéciales, voire même très atténué.

Entre temps, l'accroissement du nombre des élèves avait amené dans l'organisation intérieure une modification secondaire. Jusqu'en 1840 on était resté fidèle, pour les examens, au système fixé par l'arrêté ministériel de 1816 qui, à l'article 4, prescrivait que les questions « seraient les mêmes pour tous. » Dufrénoy n'eut pas de peine à faire remarquer l'impossibilité pratique d'une pareille disposition, alors que tous les élèves devaient concourir ensemble, sans distinction d'année; on avait beau les enfermer, la question finissait toujours par être connue de ceux qui attendaient leur tour dans le petit local. Aussi une décision du 3 avril 1841 vint-elle remplacer l'ancien système par le mode des examens ordinaires avec questions au choix des examinateurs.

Nonobstant l'abandon d'une procédure qui se liait logiquement avec la notion d'un concours annuel, on persista, jusqu'en 1849, à conserver ce système de concours pour tous les élèves, sans distinction de classe, suivant la tradition qui remontait à l'origine même de

(*) Les élèves de première année devaient avoir leurs médiums dans les matières de l'enseignement préparatoire à la fin de l'année à peine d'exclusion; on pouvait ensuite faire deux ou trois ans, en redoublant au plus une année, jusqu'à ce qu'on eût ses médiums dans toutes les matières de l'enseignement spécial.

l'École. Les élèves ingénieurs d'un côté, et les externes de l'autre, étaient donc annuellement classés sur une seule liste d'après les seuls résultats de l'examen de la dernière année, sauf report éventuel d'une année à l'autre, pour chaque matière, de l'excédant de note au-dessus du fameux médium; le tout d'après des calculs d'une complication sans rapport avec le but à atteindre (*).

Une autre amélioration de détail remonte à cette époque : les leçons de langues étrangères se donnèrent désormais à la fin de la journée pendant toute la période des cours oraux au lieu de n'avoir lieu, comme jadis, que pendant celle des exercices d'été (**).

La distribution intérieure du travail resta ce qu'elle avait été, en principe du moins, de tout temps; les élèves, qui pouvaient entrer à huit heures du matin mais n'arrivaient, en fait, qu'à neuf heures et demie, étaient libres à quatre heures du soir (***); leur présence était constatée par la signature aux heures des cours obligatoires pour eux, et à l'heure de la sortie. Des appels pouvaient être faits entre temps; mais ils ne semblent pas avoir été beaucoup pratiqués. Dufrénoy et le conseil s'efforcèrent simplement d'assurer l'assiduité en donnant une valeur plus effective à la note attribuée à la présence.

L'achèvement et le développement des nouveaux laboratoires amenèrent l'établissement à l'École d'une nouvelle institution qui devait compléter l'ensemble des

(*) On peut s'en faire une idée, et fort atténuée encore, — car le système avait été déjà très simplifié, — en se reportant à l'arrêté ministériel de 1849.

(**) Suivant les époques, on a rendu obligatoire l'étude des deux langues allemande et anglaise, ou de l'une d'elles seulement; l'étude de l'autre restait facultative, mais servait à augmenter le nombre de points aux examens, suivant des formules qui ont varié avec le temps.

(***) A la réforme de 1887, le conseil a proposé et l'administration a décidé de reporter à cinq heures l'heure de la sortie.

installations que ses fondateurs avaient songé à grouper autour d'elle dès sa création; ce fut le *bureau d'essais* (*), établi par décision ministérielle du 24 novembre 1845, dans le but de faire gratuitement pour le public des analyses de matières minérales. Dès l'origine, en 1794, à l'hôtel Mouchy, le laboratoire de l'École était devenu le laboratoire de l'administration des mines; il resta exclusivement destiné à cet objet pendant que l'École était à Pesey. A l'hôtel Vendôme l'administration avait eu également recours, de tout temps, quand elle en avait eu besoin, au laboratoire du professeur de docimasie. Mais il y avait loin de là au *bureau d'essais* auquel le public était appelé désormais à s'adresser librement et directement.

En même temps, Berthier abandonnait définitivement sa chaire de docimasie à Ebelmen, qui devenait professeur titulaire, bien que nommé simultanément administrateur-adjoint à Sèvres. Rivot, qui n'était encore qu'élève de 1re classe, fut chargé, provisoirement tout d'abord, avec le cours de chimie générale pour les élèves des cours préparatoires, de la direction des travaux du laboratoire ainsi que des essais et analyses demandés au bureau d'essais. Le professeur de docimasie, ou, en son absence, l'inspecteur de l'École, devait rendre compte mensuellement au conseil du fonctionnement du bureau.

L'accroissement normal d'une année dans la scolarité avait porté le conseil à se préoccuper des augmentations de programme qui en pourraient utilement résulter. Il était deux matières sur lesquelles les lacunes de l'enseignement le préoccupaient : les chemins de fer et les connaissances administratives.

Dès le début des chemins de fer on avait attiré sur eux l'attention des élèves. En 1834, ils avaient été in-

(*) V. sur le bureau d'essais aux *Annexes*, p. 676.

vités, dans leurs voyages, à en étudier les machines, le matériel et les installations; parfois même des mémoires leur avaient été demandés sur ces sujets. Mais à mesure que les chemins de fer prenaient plus de développement, que leur industrie constituait au point de vue technique un corps de doctrine, le besoin d'un enseignement spécial se faisait d'autant plus sentir que les ingénieurs des mines étaient appelés à être attachés au contrôle des voies ferrées. Au début de 1846, le conseil de l'École avait adopté, de concert avec Bineau, un programme de leçons sur « la partie métallurgique et l'exploitation des chemins de fer », leçons qui devaient être placées en troisième année et que le conseil comptait voir faire par cet ingénieur, chargé spécialement, auprès de l'administration supérieure, d'un service dont l'intitulé projeté des leçons rappelait le titre et la nature. A défaut de Bineau absorbé par ses occupations administratives, Couche (*) inaugura ces conférences en 1846-1847 à la suite d'une décision du 17 octobre 1846; telle fut l'origine du cours que cet éminent ingénieur devait professer d'une façon si magistrale pendant trente ans. Le conseil avait tout d'abord insisté pour que ces conférences n'eussent pas une forme théorique, mais consistassent exclusive-

(*) Couche, né le 24 juillet 1815, mort inspecteur général le 24 juillet 1879, a laissé dans l'industrie des chemins de fer un souvenir qui reste encore vivant, grâce à son célèbre traité, publié de 1867 à 1874 sous le titre de : *Voie, matériel roulant et exploitation technique des chemins de fer;* « ces trois volumes compactes résument trente années de son existence », a dit avec juste raison M. Vicaire, l'un de ses successeurs à l'École, dans la notice qu'il lui a consacrée (*Annales des mines*, 7e série, t. XVII). En s'attachant aux questions de principe plus qu'aux descriptions de détail, Couche a assuré à son œuvre une durée plus grande. Son traité permet d'apprécier la nature et la portée de son enseignement dont la valeur au fond était relevée par une grande habileté de diction et par un esprit original et incisif qui a valu à Couche, au cours de sa carrière, plus d'ennemis que d'amis.

ment en un exposé de faits pratiques et de détails de construction. Mais sous l'incitation de Dufrénoy qui paraît, dans la circonstance, être intervenu en dehors des vues du conseil, l'administration créait quelque temps après, sous un autre régime gouvernemental il est vrai, par décision du 24 mars 1848, un cours de construction qui devait être réuni à celui des chemins de fer; l'ensemble, en quarante leçons, était établi suivant un programme qui devait rester sensiblement le même jusqu'à la disjonction de ce cours, en 1879, dans les deux cours actuels de construction et de chemins de fer (*).

Vers la même date étaient instituées, par décision du 31 mars 1848, vingt leçons de paléontologie, comme annexe de la géologie, sans examen spécial; l'examen et la note devaient rester confondus avec ceux de la géologie. Le développement donné à la paléontologie n'avait pas été sans soulever des protestations au sein du conseil, et, plus tard, dans la commission spéciale de 1848, on craignit qu'on ne détournât l'École de sa destination en faisant des naturalistes plutôt que des ingénieurs. Quelques années après, en 1851, lorsque le cours avait été à nouveau régulièrement reconnu par l'arrêté de 1849, le conseil, amené à discuter le programme de ce

(*) Quelques jours avant la création de ce cours, une dépêche ministérielle du 21 mars 1848 signalait « qu'il serait utile que les ingénieurs des mines ou au moins ceux que la disposition de leur esprit porte vers les travaux industriels, tout en perfectionnant leur instruction scientifique dans des voyages d'exploration, pussent suivre pendant un certain temps les détails de l'exploitation des chemins de fer, les grands ateliers de construction des locomotives et du matériel de ces voies de communication. »

Ce fut là l'origine du voyage ou plutôt de l'excursion de première année organisée par décision du 14 juillet 1848 sur les chemins de fer rayonnant autour de Paris. Cette excursion, qu'on ferait mieux encore d'appeler une promenade, fut maintenue jusqu'en 1856.

cours, insistait pour qu'il ne traitât pas des généralités de la science; son objet exclusif devait être la connaissance pratique des principales espèces servant à caractériser les terrains; pour rappeler ce but, le conseil demandait que le cours prît le titre de *Paléontologie pratique*. En rendant le décret de 1858, l'administration ne suivit pas tout à fait le conseil dans cette voie et sut peut-être mieux satisfaire au double but que l'on doit avoir en vue à l'École des mines de Paris.

Au début de cette année scolaire 1847-1848, qui devait amener tant de modifications, Dufrénoy, nommé professeur au Muséum, céda sa chaire de minéralogie à l'Ecole des mines à de Sénarmont (*).

Le conseil, dans cette même fin de l'année 1847, avait également arrêté le programme d'ensemble d'un cours, en 20 leçons, de droit administratif sur les mines, qu'il désirait voir confier non à un juriste de profession, mais à un membre du corps ayant acquis son expérience par la pratique; sur le refus de de Bonnard et de Migneron de se charger de ce cours, le conseil, sans faire une véritable présentation (**), avait cru pouvoir indiquer à l'administration supérieure Jean Reynaud (***) comme l'ingénieur le plus propre à ce nouveau poste. Mais il ne devait être définitivement statué sur cette question (*) qu'après l'étude d'ensemble que crut devoir prescrire le gouvernement de la République, dès que, les troubles et le désordre de la première heure passés, le nouveau régime eut pris quelque stabilité.

(*) De Sénarmont, né le 6 septembre 1808, est mort le 30 juin 1852 inspecteur à l'Ecole des mines, poste où il avait été appelé, en 1856, à remplacer Le Play. En dehors de ses fonctions à l'Ecole, de Sénarmont professa la physique à l'Ecole polytechnique. D'une érudition profonde, d'une grande hauteur de vues, de Sénarmont apportait, en outre, dans ses relations, une courtoisie et une bienveillance qui ont laissé des souvenirs vivants à tous ceux qui ont fréquenté ce type du galant homme. Son enseignement se faisait remarquer par sa portée philosophique.

(**) Le droit de présentation n'a été officiellement accordé au conseil que par le décret actuel de 1856. L'ordonnance de 1816 n'en parlait pas, et, en fait, en effet, l'administration a, jusqu'en 1856, nommé les professeurs sans consulter le conseil d'abord, et en le consultant rarement dans la période de 1845 à 1856.

(***) Jean Reynaud, né à Lyon le 14 février 1806, est mort le 28 juin 1863. Il avait été dans son temps d'école intimement lié avec Le Play, son conscrit, malgré leurs divergences de vue dans les questions sociales. Ils avaient ensemble, à leur sortie, fait un grand voyage en Allemagne non seulement au point de vue professionnel, mais encore pour étudier contradictoirement ces questions qui les sollicitaient également. Jean Reynaud fut un ardent adepte du saint-simonisme à ses débuts; il s'en retira avec éclat lors de la séparation d'Enfantin et de Bazard. Il ne s'est guère occupé de questions techniques; néanmoins son premier livre, préparé dans les loisirs de l'emprisonnement que lui valut sa courageuse attitude comme défenseur des républicains à la Chambre des pairs en 1834, fut une *Minéralogie des gens du monde*, parue en 1834 sans nom d'auteur et rééditée, sous son nom, avec le nouveau titre de : *Histoire élémentaire des minéraux usuels;* le premier travail publié dans le premier volume des *Mémoires* de la Société géologique (1833) est une note de lui sur la *Constitution géologique de la Corse*, où il avait été envoyé en service à sa sortie de l'Ecole en 1829; on attribue à Jean Reynaud une partie des intéressantes notices parues dans le volume de la statistique de l'administration des mines pour 1836. Ses principaux travaux historiques et philosophiques ont été insérés dans l'*Encyclopédie nouvelle*, commencée en 1835 avec Pierre Leroux; il a tiré de là la plupart de ses ouvrages postérieurs. En 1848, il fut sous-secrétaire d'Etat à l'instruction publique sous Carnot et membre de l'Assemblée constituante; il fut un des fondateurs de la célèbre Ecole d'administration supprimée en 1849 avant qu'il ait pu commencer le cours de matières politiques qu'il devait y professer. Aux événements de décembre 1851, il se retira de l'Ecole des mines et fut ultérieurement déclaré démissionnaire pour refus de serment (28 juin 1852). En 1854, il publiait *Terre et ciel*, son chef-d'œuvre, qui résume sa doctrine généreuse et sa philosophie poétique.

(*) Le nouveau gouvernement, à ses débuts, se borna, dans la dépêche du 21 mars 1848 citée à la note 1 de la page 599, à marquer l'utilité qu'il y aurait à ce que les élèves « prissent, par un séjour de quelque temps auprès d'un ingénieur en chef, des notions administratives sur la marche du service et la manière de traiter les affaires. »

Les décisions que nous avons déjà indiquées montrent que le nouveau gouvernement à ses débuts avait, sans aucune hésitation, pris diverses mesures sanctionnant, par solutions d'espèce, la voie de transformation profonde dans laquelle l'École était entrée depuis quelques années. Mais on s'écartait tellement et de plus en plus par là des actes originaires de 1816, qui constituaient, en somme, légalement encore la charte de l'École, qu'on conçoit très bien que, dès que les choses eurent repris quelque régularité, l'administration comprit qu'on ne pouvait persévérer dans un pareil système ; une étude d'ensemble s'imposait pour fixer, d'une façon appropriée, le régime le meilleur ; cette étude devait, du reste, amener la consécration définitive des vues dont nous venons de suivre l'évolution et de montrer les premières applications.

Les deux révolutions de 1830 et 1848 ont ainsi marqué pour l'École des mines des dates à chacune desquelles son régime a subi des modifications importantes ; la dernière a été plus marquée que la première, mais aussi préparée depuis plus longtemps.

A l'intérieur même de l'École, la révolution de 1830 ne paraît pas avoir laissé de traces sensibles (*), encore qu'on ne puisse douter que les élèves ne se soient joints à leurs camarades plus jeunes de l'École polytechnique. En 1848, les élèves, plus nombreux il est vrai, se mêlèrent

(*) Une difficulté s'était présentée à l'Ecole des mines, comme dans toutes les autres Ecoles spéciales se recrutant à l'Ecole polytechique, pour l'application de la malencontreuse ordonnance du 6 août 1830, peu après rapportée à cause de son inapplicabilité, en vertu de laquelle les élèves sortant de l'Ecole polytechnique devaient être nommés d'emblée lieutenants dans l'artillerie et le génie, et aspirants dans les ponts et les mines. Le conseil avait immédiatement indiqué le moyen de tourner la difficulté en ne nommant aspirants ceux de la promotion de 1830 que simultanément et après leurs anciens, et quand tous auraient satisfait aux obligations scolaires. On annulait ainsi, en fait, l'effet de l'ordonnance.

de plus près aux événements. Le 3 mars 1848, Marie, ministre des travaux publics, écrivait au conseil : « Les élèves de l'École des mines, comme leurs camarades des ponts et chaussées, ont montré dans les événements mémorables que nous venons de traverser, tout ce que l'on doit attendre de leur capacité et de leur dévouement à la chose publique ; c'est un hommage que je me plais à consigner ici et dont je vous prie de leur transmettre l'expression ». En même temps, tous les élèves, déjà en service, mais non encore nommés aspirants faute d'avoir achevé leurs obligations scolaires (missions et journaux de voyage, etc.), et tous ceux de troisième année furent déclarés d'emblée hors de concours.

Les élèves de l'École prirent une part encore plus active aux journées de juin qu'à celles de février. Lesbros, élève ingénieur de première année, mourut des suites des blessures reçues, le 24 juin, dans la rue des Noyers, à l'attaque d'une barricade, et M. Blavier, son camarade de promotion, fut décoré, le 2 mai 1849, pour sa belle conduite dans ces tristes circonstances.

Nous ne quitterons pas la période que nous venons de parcourir sans signaler une mesure très heureuse pour l'enseignement, prise par le gouvernement de Juillet, à la suite d'un avis émis par le conseil général des mines. Le gouvernement fit connaître, en 1834, au conseil de l'École que, conformément à cet avis, il était disposé à autoriser chaque année un ou deux professeurs à faire, pendant la période de suspension des cours, des voyages d'instruction pour lesquels un crédit de 3.000 francs serait ouvert. Le conseil indiquait les professeurs et arrêtait, de concert avec eux, l'itinéraire à suivre. La mesure fut appliquée assez régulièrement chaque année jusqu'en 1848 : Le Play en profita particulièrement pour visiter les usines de tous les pays. A partir de 1848, ces voyages devinrent plus rares ; la pratique en subsista cependant

encore jusque vers le milieu de l'Empire pour disparaître depuis cette époque.

§ 5.

L'École depuis la réforme de 1848-1849 *jusqu'au décret de* 1856.

L'administration confia l'étude préalable de la réorganisation de l'École des mines à une commission spéciale de membres du corps des mines, constituée par décision du 16 juin 1848, sous la présidence de Cordier. Cette commission comprenait des ingénieurs pris à l'École et en dehors : Dufrénoy, Le Play, de Sénarmont et Couche représentaient l'École ; Boulanger, Sauvage et Le Chatelier, qui fut à la fois secrétaire et rapporteur de la commission, l'élément étranger. Le travail de cette commission amendé sur quelques points par le conseil de l'École, transformé en ce moment, comme nous allons le dire, en *Conseil central des Écoles des mines*, est devenu l'arrêté ministériel du 17 avril 1849, qui fut, en fait, jusqu'au décret actuel de 1856, la charte de l'École aux lieu et place de l'ordonnance de 1816 et des actes qui l'avaient accompagnée. Cet arrêté de 1849, si soigneusement préparé, ne subit, avant le décret de 1856, que quelques modifications de détail sur le système de notation dans les examens, introduites par les arrêtés du 31 janvier 1853 et du 24 avril 1854. Le décret de 1856 n'a d'ailleurs pas abrogé totalement l'arrêté de 1849 et ceux qui l'ont modifié ; on admet qu'on doit combiner les clauses résultant de ces actes qu'on peut appeler de l'époque intermédiaire avec les dispositions qui découlent du décret.

L'arrêté ministériel de 1849 n'a fait en somme, en dehors de quelques dispositions de détail sur le fonctionnement intérieur de l'École, que consacrer toutes les améliorations successives introduites ou projetées par le conseil et l'administration de l'École, de 1845 à 1847.

La scolarité pour l'enseignement professionnel proprement dit était désormais porté à trois ans pour tous les élèves, sans distinction d'ingénieurs et d'externes ; aussi bien l'article 2 stipulait expressément leur assimilation pour tout ce qui concernait l'enseignement, cours oraux et exercices pratiques (*). Aux cours qui subsistaient depuis l'origine ou se trouvaient avoir été déjà créés par décisions spéciales, venait enfin s'ajouter la législation des mines.

Les cours préparatoires pour les élèves externes qui n'étaient pas de force à aborder l'enseignement spécial étaient maintenus avec plus de développement que lors de leur création en 1844 ; deux cours distincts, l'un de mécanique et physique et l'autre de géométrie descriptive et calcul infinitésimal, étaient créés à la place du cours unique confié jadis à Delaunay (**) ; mais l'année des cours préparatoires se trouva désormais placée en dehors et en

(*) Cette clause doit s'entendre et s'entend pour les exercices pratiques intérieurs. Pour les voyages, les élèves externes ne sont tenus à rien après leur troisième année, tandis que les élèves ingénieurs ont à effectuer un voyage au sujet duquel ils rédigent un journal et deux mémoires dont l'importance est à tous égards considérable.

(**) Le cours unique de 1844-1845, dédoublé en 1848-1849, devait enfin constituer trois cours distincts en 1868 par la séparation de la physique. La répartition des matières entre les deux cours de mathématiques a varié avec le temps. L'analyse et la mécanique ont été réunies en 1856. Plus récemment, en 1882, l'analyse a été réunie à la géométrie descriptive; et la mécanique seule a fait l'objet d'un cours distinct.

Les programmes de chaque cours ont du reste varié en même temps et dans le même sens que les programmes respectifs de la classe de mathématiques spéciales et de l'Ecole polytechnique, de façon que les cours préparatoires de l'Ecole des mines pussent toujours être placés utilement à la suite de l'enseignement de cette classe et comme remplacement de l'enseignement donné dans cette Ecole.

avant de la scolarité normale de trois ans des cours spéciaux, suivant le nom qui leur est resté d'après celui employé par l'arrêté de 1849.

L'administration n'avait pas attendu de rendre l'arrêté du 17 avril 1849 pour introduire à l'École les modifications désormais décidées ; elles purent entrer en fonctionnement au début de l'année scolaire 1848-1849.

Dès le 15 novembre 1848 était créé le nouveau cours spécial, sous le titre d'*Economie* (*) *et législation des mines;* il fut confié à Jean Reynaud (**), que, dès 1847, nous avons vu le conseil désigner à cet effet à l'administration supérieure ; on ne pouvait faire un choix plus heureux pour inaugurer ce côté nouveau de l'enseignement de l'École ; l'éloquence entraînante du futur auteur de *Terre et Ciel* était de nature à séduire les élèves.

Suivant décision du 18 novembre 1848, avaient été créés les cours préparatoires, de cinquante-cinq à soixante leçons chacun : de mécanique et physique, confié à Delaunay ; géométrie descriptive et calcul infinitésimal,

(*) Garnier, l'économiste, avait demandé à faire à l'École des mines un cours spécial d'économie politique comme celui professé par lui à l'École des ponts et chaussées. Le conseil, saisi de cette demande, considérant qu'il s'agisait surtout de l'application de l'économie politique aux mines et usines et à leur statistique, avait été d'avis qu'il convenait de confier ces leçons à un ingénieur et de les joindre au cours de législation dont il réclamait instamment la prompte organisation.

La commission spéciale d'organisation, en appuyant vivement la création du cours de législation demandé dès 1847, avait insisté, comme jadis le conseil de l'École, sur la convenance de le confier à un ingénieur qui seul pourrait saisir les relations existant entre le droit des mines et usines et les questions d'art.

(**) Le programme du cours en vingt-quatre leçons que professa Jean Reynaud a été publié dans les *Annales des mines* de 1849.

On y devine la haute portée philosophique que cet esprit si élevé s'était attaché à donner à cet enseignement plutôt que de s'astreindre à une étude d'application pratique que le temps dont il disposait ne lui aurait pas permis d'approfondir suffisamment.

confié à de Chancourtois ; chimie générale, confié à Rivot. Ces cours devaient être professés du 15 novembre au 15 juin.

La commission spéciale, le conseil et l'administration supérieure, à la suite de l'étude attentive d'ensemble qui venait d'être entreprise, s'étaient accordés à l'envi à reconnaître l'utilité primordiale de cette institution des cours préparatoires sur laquelle, en effet, repose en quelque sorte le fonctionnement de l'École. Le nombre des élèves ingénieurs était et devait être toujours trop réduit pour qu'une École des mines pût fonctionner pour eux seuls avec le coûteux développement de professeurs, collections et laboratoires qu'elle entraîne nécessairement si elle veut être à la hauteur de sa destination.

Aux élèves ingénieurs ajoute-t-on un nombre suffisant d'élèves externes, l'École peut fonctionner utilement sans que ses dépenses soient en disproportion avec ses résultats ; on obtient alors avec le minimum de frais le maximum de rendement pour l'intérêt public. Avec la manière dont se donne partout encore aujourd'hui l'enseignement des hautes mathématiques, de la physique et de la chimie, les élèves qui veulent aborder utilement les études spéciales d'un enseignement aussi relevé que celui de l'École des mines, devraient, sans l'existence de ces cours préparatoires, avoir passé par des écoles spéciales telles que l'École polytechnique ou l'Ecole normale supérieure. Sans compter la perte de temps qui en résulterait pour eux, on écarterait par ce système, comme le conseil de l'École l'avait fait remarquer avec tant de sens dès 1840, des jeunes gens qui viennent chercher à l'École des mines un enseignement particulier qui leur est utile ou nécessaire pour les professions auxquelles ils se destinent. En le donnant à l'École même, avec un programme approprié, en relation directe avec les nécessités de l'enseignement spécial, ce haut enseignement préparatoire peut être ré-

duit au strict nécessaire; il peut du reste être fait sans entraîner aucune charge sensible pour l'État qui disposera toujours, à Paris, d'ingénieurs en mesure de donner utilement de pareilles leçons, tout en étant chargés par ailleurs de services publics.

Aussi s'explique-t-on que l'institution des cours préparatoires ait été maintenue et même améliorée avec le temps, sans sortir du programme général qui avait été parfaitement entrevu et tracé dès leur création.

La commission spéciale de 1848, où dominaient, comme nous allons le dire, les vues pratiques, avait même voulu donner à ces cours préparatoires plus de développement qu'ils n'en reçurent du conseil. La commission avait demandé que les trois cours eussent chacun soixante-dix leçons; le conseil pensa qu'on pouvait les réduire de cinquante-cinq à soixante.

Les élèves des cours préparatoires n'eurent pas seulement l'avantage de recevoir un enseignement théorique approprié; mais, en outre, ils ne tardèrent pas à être admis à travailler au laboratoire pendant six semaines (*) lorsque à l'époque des exercices d'été le laboratoire se trouvait libre des élèves des cours spéciaux; puis une salle de dessin leur fut réservée.

Ces dernières facilités données aux élèves des cours préparatoires, et qui en font en quelque sorte — c'est ainsi qu'on les considéra jusqu'en 1861 — des élèves assimilés aux élèves externes, ayant entrée définitive à l'École, peuvent être contestées, et nous verrons, en 1861, adopter

(*) L'admission des élèves des cours préparatoires au laboratoire cessa naturellement lors du changement de système admis en ce qui les concernait en 1861; dans ce second régime ils n'étaient plus, en effet, considérés comme élèves de l'École; après la transformation de 1883 qui a inauguré un troisième régime, intermédiaire entre les deux précédents, ils ont été reçus à nouveau au laboratoire.

un autre système de comprendre les cours préparatoires. Mais l'institution de ces cours était définitivement acquise comme inséparable de l'institution même des élèves externes, et celle-ci doit être tenue comme indispensable au complet fonctionnement de l'École des mines.

Ce mélange d'élèves externes relativement nombreux à quelques élèves ingénieurs ne laisse pas d'avoir pour la discipline intérieure de l'École un avantage précieux que le Conseil eut occasion de signaler, en 1866, à l'administration, lorsque celle-ci proposa d'introduire à l'École un officier surveillant, comme il en existait à l'École des ponts et chaussées. Les élèves ingénieurs dont l'avenir est quasiment fixé, quoi qu'ils fassent à l'École, peuvent se relâcher; les élèves externes, qui ont une carrière à assurer, sont tenus à travailler d'une manière constante et assidue qui assure le bon ordre intérieur, malgré la liberté relative dont on a joui de tout temps à l'École des mines (*).

En même temps que les élèves externes obtenaient ainsi des droits importants, leurs obligations devenaient plus étroites et mieux définies. Avant que la scolarité eût été régulièrement fixée à trois ans, les élèves externes qui, au bout de deux ans, avaient obtenu tous leurs médiums quittaient l'École avec un diplôme. A défaut, ils faisaient une troisième année et conquéraient leur diplôme par l'obtention de tous les médiums. S'il leur manquait quelque médium on se bornait à leur donner un certificat. Dans le nouveau système, cette solution hybride disparut. Les médiums s'imposaient aux élèves externes comme aux élèves ingénieurs à peine de redou-

(*) En 1866 l'administration se rendit à ces raisons et ce ne fut qu'en 1874 qu'elle crut devoir introduire à l'École un officier surveillant alors que le nombre des élèves eut considérablement augmenté.

blement, ou finalement d'exclusion à la fin de la scolarité, sans délivrance d'aucun certificat (*).

En dehors des créations nouvelles que nous venons d'indiquer, la commission spéciale et le conseil s'occupèrent de la revision de tous les programmes comme de la réorganisation du fonctionnement intérieur. Il est utile de mentionner les modifications de quelque importance qui furent ainsi introduites, et il n'est pas sans intérêt même de signaler quelques divergences qui s'élevèrent entre la commission spéciale et le conseil dont l'administration adopta toutes les propositions pour en former l'arrêté de 1849.

Dans le sein de la commission spéciale deux courants s'étaient marqués correspondant chacun à l'un des côtés du double objectif que doit se proposer une institution comme l'École des mines de Paris : il y faut former des ingénieurs dont les uns doivent se vouer plus spécialement aux études et travaux géologiques, études et travaux de portée immédiate plus scientifique que pratique, et dont les autres doivent être ingénieurs pratiquant ou suivant la pratique d'industries assez diverses. Sans perdre de vue le caractère élevé et toujours scientifique que doit avoir l'enseignement d'une École spéciale, qui se lie intimement à l'enseignement de l'École polytechnique, la majorité de la commission de 1848 eut une tendance marquée à faire prévaloir le côté pratique sur le côté scientifique; toutes ses propositions s'inspirèrent de cette idée. Elle voulait réduire le cours de docimasie, débarrassé de toutes les généralités purement théoriques, de 80 à 60 et même 40 leçons pour augmenter d'autant la durée du séjour au laboratoire ; elle demandait que l'enseignement industriel comprit désormais des matières de

(*) L'exclusion était prononcée dès la fin de l'année préparatoire si, à l'examen qui la terminait, on n'obtenait pas le médium dans chacune des matières de l'enseignement préparatoire.

minéralurgie qu'elle considérait comme du ressort de l'industrie minérale, telles que la fabrication du gaz d'éclairage, des produits ammoniacaux et des noirs décolorants, des acides minéraux et des sels, des couleurs minérales, des produits céramiques (*), ainsi que la fonte et le moulage du bronze et des divers alliages. Elle voulait que dans le cours qui, jusqu'alors, continuait à s'appeler officiellement cours d'*exploitation des mines*, mais dont Combes avait déjà fait un cours d'*exploitation et mécanique*, on ne se bornât pas à étudier les machines de mines et d'usines, mais qu'on donnât des notions étendues sur la construction des machines, sur les outils, sur les machines-outils et les procédés d'exécution employés dans les ateliers pour la forge, l'ajustage, le montage et la chaudronnerie, ainsi que sur l'installation des ateliers eux-mêmes ; le cours ainsi complété se serait appelé cours d'*exploitation et mécanique appliquée*. La commission demandait enfin qu'on donnât des notions précises sur l'aménagement des eaux minérales, des eaux motrices, sur la pose des conduites et des appareils de distribution d'eau et de gaz.

Le conseil de l'École maintint le cours de docimasie à 80 leçons, mais en décidant qu'on y introduirait la description des principaux arts chimiques, étant entendu par là que ce cours devait plus spécialement s'occuper de la fabrication des matières qui n'était qu'un emploi de produits déjà marchands; la minéralurgie devait garder ou comprendre le traitement des produits mis en œuvre tels que l'extraction les donnait; on écarta, d'ailleurs, la fabrication des produits ammoniacaux et des noirs décolorants.

Le conseil rejeta l'idée du cours de construction

(*) A raison de la compétence spéciale d'Ebelmen et de sa situation à Sèvres, la commission spéciale demandait qu'il fût exceptionnellement chargé des leçons de céramique.

mécanique, qui ne devait être reprise et appliquée qu'à la réorganisation de l'enseignement en 1887 ; mais le cours d'*exploitation des mines* devenait officiellement, dans l'arrêté de 1849, cours d'*exploitation des mines et machines* (*). Quant aux eaux minérales, le conseil fut d'avis que le professeur d'exploitation ne devait les introduire dans son cours que lorsque cet art serait assez avancé pour comporter une mention spéciale (**).

Parmi les modifications qu'elle suggéra dans le fonctionnement de l'École, la commission, appuyée sur ce point par le conseil, insista pour que le premier voyage à faire au bout de la deuxième année, — l'intervalle entre la première et la deuxième année restant consacré aux exercices pratiques de laboratoire, levés de plans, de machines et bâtiments, — ne fût qu'une étude de détail, circonscrite dans un district minéralurgique restreint, et encore mieux dans deux établissements seulement, une mine et une usine, avec mémoires rédigés sur place.

Le second voyage, au bout de la troisième année, devait rester une excursion rapide où l'on pourrait mettre à profit l'habitude d'observer et de suivre les détails contractée dans la première mission. Les élèves externes, pour lesquels jusqu'alors le voyage n'avait été que facul-

(*) On ne s'explique pas que, dans le texte du décret de 1856, ce cours ait repris son ancienne appellation de cours d'*exploitation des mines ;* nonobstant cette qualification officielle, le cours a toujours conservé dans la pratique le titre qui répondait d'une façon si précise à son double programme.

(**) On ne doit pas s'étonner de voir la commission spéciale se préoccuper ainsi des eaux minérales. Le décret-loi du 8 mars 1848 venait d'appeler les ingénieurs des mines à jouer dans ce service le rôle technique qu'ils ont conservé depuis. A cette date, du reste, M. Jules François, auquel revient sans conteste l'honneur d'avoir créé l'art du captage des eaux minérales, avait déjà fait plusieurs de ses plus beaux travaux, notamment ceux relatifs à Bagnères-de-Luchon, publiés dans les *Annales des mines* de 1842 (4e série, t. 1, p. 557), et ceux si curieux concernant Ussat.

tatif, devaient être astreints désormais à un voyage, ou mieux à une station dans un établissement industriel, mine ou usine, au besoin dans un atelier de Paris ou des environs (*).

Sur l'initiative prise par la commission spéciale et le conseil, l'administration apporta, par l'article 19 de l'arrêté de 1849, une modification aux règles anciennes, maintenue depuis, de nature à produire, à un point de vue relativement un peu secondaire, d'heureux résultats : les élèves ingénieurs, à leur sortie de l'École, acquéraient désormais le droit de choisir, d'après leur rang de classement, leur résidence parmi celles disponibles.

Ce fut également à partir de cette époque que les examens et le classement eurent lieu par année, au lieu du système antérieur de concours annuel entre tous les élèves sans distinction.

Avant que le gouvernement soumît au conseil de l'École les propositions de la commission spéciale, le conseil et l'administration supérieure de l'École avaient d'ailleurs subi d'importantes modifications. Par arrêté ministériel du 20 juillet 1848, le conseil de l'École, dont le nombre des membres était augmenté, avait été transformé en *Conseil central des Écoles des mines*, auquel devaient être soumises non seulement toutes les questions relatives à l'École des mines de Paris, mais encore celles concernant les écoles de Saint-Étienne et d'Alais. A cette même date du 28 juillet 1848, Dufrénoy était nommé directeur de l'École, et Le Play, inspecteur des études, « chargé en cette qualité, disait la décision ministérielle,

(*) Malgré les vues pratiques qui dominèrent surtout dans la commission spéciale, il ne fut nullement question à cette époque d'écoles pratiques. Michel Chevalier seul avait repris l'idée et en avait saisi directement, à titre officieux, l'administration supérieure un peu avant la chute du gouvernement de Juillet (V. p. 515).

sous les ordres immédiats du directeur, de l'administration intérieure de l'École, de la conservation des collections et modèles et de la surveillance du bureau public d'essais ». Cette décision était motivée par l'importance des collections et le nombre des élèves externes, nationaux ou étrangers.

Le *Conseil central des Écoles des mines* devait fonctionner en cette qualité jusqu'à la réorganisation de 1856. En réalité, il n'eut guère à s'occuper d'autres matières que de celles concernant l'École de Paris, et il continua à s'en occuper dans les mêmes conditions que jadis le conseil de l'École. Ses attributions, à cet égard, n'avaient pas été changées nonobstant la création d'un directeur ; celui-ci notamment n'avait pas la présidence du conseil, qui ne devait lui être dévolue de droit que par le décret de 1856; jusqu'à ce décret également, le conseil continua à délibérer sur le budget annuel de l'École.

Dans toutes les occasions où le *Conseil central des Écoles des mines* eut à s'occuper de propositions relatives à l'École de Saint-Étienne, il s'efforça de lutter contre l'extension de plus en plus grande que les directeurs de cette École tendaient continuellement à lui donner. La commission spéciale de 1848 avait déjà développé cette idée; elle avait fait remarquer que l'École de Saint-Étienne avait été détournée de sa destination primitive, qu'on prétendait y préparer des directeurs alors qu'elle avait été créée pour y former des chefs d'ateliers et des contre-maîtres; elle avait reconnu qu'il était trop tard pour revenir sur l'état actuel des choses, mais elle avait pensé qu'il fallait résister à toute nouvelle extension.

Le *Conseil central des Écoles* se plut, au contraire, en toutes circonstances, à encourager Callon dans l'œuvre qu'il poursuivait à Alais.

Cette série de transformations de toute sorte poursuivies depuis 1844 et définitivement consacrées par cet ensemble de décisions de 1848 et 1849, rendues après les études les plus attentives et l'examen le plus approfondi, laissait, il est vrai, subsister bien peu de chose de l'organisation officielle de 1816. On paraît s'être assez peu préoccupé de ces scrupules légaux. En tous cas, l'École avait trouvé le cadre stable et complet suivant lequel elle devait vivre désormais. Les modifications que nous aurons encore à relater seront, en effet, relativement secondaires et, en tout cas, d'une importance bien inférieure à celles que nous venons d'indiquer.

A un système nouveau, il faut généralement des hommes nouveaux. Le personnel de l'École, en ce qui concernait les anciens cours, était relativement assez jeune ou assez nouvellement en fonctions pour qu'un changement de cette nature fût utile dans l'espèce. Toutefois Combes, tout en restant titulaire jusqu'en 1856, céda l'enseignement effectif de l'exploitation des mines et des machines à Callon (*) qui professa, à titre de suppléant, à partir de 1848. Quelques années après, la mort regrettable d'Ebelmen, le 30 mars 1852, amenait Rivot à

(*) Callon, né le 9 décembre 1815, est mort inspecteur général le 8 juin 1875. Avant de venir professer à l'École des mines de Paris, d'abord en 1848 comme suppléant de Combes, puis à partir de 1856 comme titulaire, Callon avait professé à l'École de Saint-Étienne et créé l'École des mines d'Alais. L'enseignement de Callon, très complet au point de vue théorique, prenait une valeur exceptionnelle, dans une école d'application, de la pratique si brillante et si étendue de l'art des mines et des constructions que Callon faisait dans l'industrie privée. Il a occupé dans l'industrie des mines, comme directeur et comme conseil, avec une autorité incontestée, une place et un rôle auxquels bien peu pourront prétendre. Les grandes affaires ne pouvaient se fonder sans que l'avis de Callon ne fût jugé nécessaire. Son double cours a été publié de 1873 à 1875, en deux volumes pour chacune des parties, et il est immédiatement devenu classique.

M. Jacqmin a consacré à Callon, dans les *Annales des mines* de 1875, une notice étendue qui fait bien ressortir sa vie si utilement occupée.

lui succéder; presque en même temps de Villeneuve (*) succédait, sans avoir peut-être les aptitudes pour le remplacer, à Jean Reynaud que les événements politiques de 1851 avaient amené à renoncer brusquement au professorat (**), en sorte que le cours et les examens d'économie et de législation n'eurent pas lieu dans l'année scolaire 1851-1852.

Avant même que les événements de décembre 1851 eussent changé le régime du pays, l'administration avait invité le *Conseil central des Écoles des mines*, le 29 octobre 1851, à étudier un projet de réorganisation de l'École des mines de Paris sur le plan d'après lequel venait d'être rendu le décret du 13 octobre 1851 relatif à l'École des ponts et chaussées. Le conseil eut assez promptement terminé ce travail qui était soumis à l'administration dès le début de 1852; mais plusieurs années après seulement, l'administration se décida à faire rendre, à la suite de ces propositions, modifiées du reste sur quelques points, le décret du 15 septembre 1856, qui règle aujourd'hui encore l'École.

En attendant, l'École continuait à fonctionner, d'une façon du reste très heureuse à tous égards, dans les conditions définies par l'ensemble des décisions interve-

(*) De Villeneuve, né le 19 août 1803, mort le 11 mai 1874, s'est beaucoup plus occupé de géologie et d'agriculture que de droit et de législation. D'une imagination ardente, il s'était passionné pour la théorie des alignements; il en a usé jusqu'à en abuser dans sa carte géologique du Var et le volume de texte explicatif qui l'accompagne, parus en 1856. Chercheur et inventif, mais personnellement peu pratique, il a entrepris ou fait entreprendre dans la Provence, à l'une des plus illustres familles de laquelle il appartenait, des affaires diverses qui lui ont généralement médiocrement réussi. Il a cependant rendu de réels services par l'impulsion donnée à la fabrication des ciments de la Bédoule.

(**) Jean Reynaud, avant d'être rayé des cadres pour refus de serment, avait été mis en congé illimité le 26 décembre 1851.

nues de 1848 à 1849, et notamment par l'arrêté du 17 avril 1849.

La pratique de cet arrêté amena toutefois à le modifier sur quelques points de détail relatifs au système de notation et d'appréciation dans les examens. Ces modifications furent introduites par les arrêtés ministériels des 31 janvier 1853 et 24 avril 1854. Ces arrêtés eurent pour objet de faire disparaître l'antique système du *médium* obligatoire dans chaque matière (*), et de substituer à un mode de notation qui était devenu un véritable casse-tête chinois, le mode de notation si simple et aujourd'hui partout classique de l'appréciation de chaque épreuve par l'emploi d'une échelle de 0 à 20.

En 1853, l'enseignement reçut une nouvelle addition. La mode était alors au drainage; plusieurs ingénieurs des mines s'en étaient occupés volontairement avec succès dans leurs services. Le ministre demanda au conseil s'il ne conviendrait pas de comprendre désormais cette ma-

(*) Dans le système créé par ces arrêtés de 1853 et 1854 le passage d'une année à l'autre et la sortie de l'Ecole exigent que l'on ait chaque année une moyenne générale de douze sur vingt et que les trois moindres notes donnent une somme supérieure à vingt-quatre; l'exclusion est facultative si une seule note descend à huit. Dans ce système il n'y a pas de moyenne partielle, ou suivant l'ancien mot, de *médium* obligatoire pour chaque matière. Le conseil avait entendu faire disparaître toute trace de cette idée pour ne pas tenir compte éventuellement de la médiocrité en une matière d'un élève qui peut être supérieur dans d'autres.

S'il n'existe plus de *médium* obligatoire dans chaque matière, avec les sévères sanctions de jadis, on exige qu'on repasse une seconde fois, l'année suivante, l'examen concernant certaines matières pour lesquelles l'année antérieure on n'a pas obtenu une note déterminée. Pour la minéralogie et la paléontologie, par exemple, il faut avoir obtenu 16 pour être dispensé de repasser l'examen. Aujourd'hui où l'exploitation des mines s'enseigne toujours en première année, avant que les élèves aient pu voir les choses par eux-mêmes, une mesure analogue pourrait être prise utilement peut-être pour cette matière.

tière dans l'enseignement de l'École. La proposition fut d'autant mieux agréée que de Villeneuve, dont les aptitudes agricoles étaient à coup sûr supérieures aux aptitudes juridiques, ne demandait pas mieux que de s'en charger; les leçons furent créées par arrêté ministériel du 10 août 1853. De Villeneuve proposa et fit adopter un programme en 15 leçons qui était un cours réduit d'agriculture plutôt que des leçons sur le drainage. L'ensemble du cours de de Villeneuve était ainsi porté au chiffre normal de quarante leçons des autres cours. Cet enseignement commença avec l'année 1853-1854; il fut l'origine du cours spécial d'agriculture créé officiellement par le décret de 1856, et transformé depuis au point qu'on peut le dire supprimé.

§ 6.

L'École depuis le décret de 1856.

Lorsque le gouvernement se décida enfin à rendre, le 15 septembre 1856, un décret qui était préparé depuis quatre ans, cet acte ne fit que consacrer, sous une forme plus rationnelle et plus régulière en droit, ce qui, en fait, existait et fonctionnait normalement depuis quelque huit ans. Ce décret, qui consacrait à nouveau une œuvre successivement et patiemment accomplie, mérite cependant qu'on s'y arrête. Il a eu l'avantage d'une part de bien préciser ce qu'est l'École des mines, et il présente d'autre part certaines particularités qu'il convient de signaler.

« L'enseignement de l'École, dit son article 2, a pour objet spécial l'exploitation et le traitement des substances minérales; il a également pour objet l'étude des machines et appareils à vapeur, la recherche, la conservation et l'aménagement des sources d'eaux minérales (*),

(*) On ne s'étonnera pas de cette énumération au lendemain de la loi du 14 juillet 1856 et du décret du 8 septembre 1856 sur la conservation et l'aménagement des sources d'eaux minérales, matière dans laquelle les ingénieurs des mines étaient appelés à jouer un rôle si important; et cependant ce n'a été que lors de la refonte des programmes, en 1887, qu'une part a été faite aux eaux minérales dans l'enseignement, part qui n'est peut-être pas en proportion, au point de vue surtout du captage et de l'aménagement, avec le rôle des ingénieurs des mines dans ce genre d'affaires.

le drainage et les irrigations (*), l'exploitation et le matériel des chemins de fer, et, en général, les arts et les travaux qui se rattachent à l'industrie minérale; il comprend les connaissances de mécanique, de métallurgie (**), de docimasie, de minéralogie, de paléontologie, de géologie pure et appliquée à l'agriculture, de droit administratif, de législation des mines et d'économie industrielle, ainsi que les principes de l'art des constructions nécessaires aux ingénieurs des mines et aux directeurs de mines et d'usines ».

On ne saurait mieux exposer ce qu'était devenu l'enseignement de l'École, sous les nécessités de la pratique et à la suite d'une évolution patiemment étudiée, ni mieux indiquer ce qu'il doit rester pour que l'École réponde à sa destinée première. L'application de ce programme d'ensemble peut, avec le temps, nécessiter des modifications de détail, des développements donnés à une matière ou des restrictions apportées à une autre; il ne sera pas nécessaire pour cela de modifier le programme général du décret de 1856, pourvu qu'on l'entende, comme il doit l'être, largement (***).

(*) Le drainage et les irrigations ont, non sans raison, à peu près complètement disparu aujourd'hui de l'enseignement de l'Ecole.

(**) Le décret de 1856 est le premier acte qui ait fait disparaître ce vieux mot, un peu barbare peut-être, mais si expressif pourtant, de minéralurgie; le mot répondait exactement à ce « traitement des substances minérales » indiqué comme un des deux objets principaux de l'enseignement de l'Ecole.

(***) Il est certain qu'en 1856, par exemple, on ne pouvait son-

L'École, plus spécialement destinée, suivant l'article 1er, à former les ingénieurs nécessaires au service confié par l'État au corps des mines, reçoit, d'après l'article 5, des élèves externes qui, dit cet article, « participent à tous les cours et exercices pratiques de l'École », des élèves étrangers et des élèves libres. L'article 13 confère, d'ailleurs, au ministre, la faculté d'instituer un certain nombre de cours préparatoires destinés aux élèves externes, étrangers, et libres, qui ne sortent pas de l'École polytechnique. Peut-être peut-on regretter que le décret de 1856, tout en conservant, suivant les traditions de 1849, l'institution des élèves externes, n'ait pas organisé d'une façon plus ferme les cours préparatoires, sans lesquels l'institution ne pourrait vivre; si les cours préparatoires n'avaient pas été laissés sous l'empire du pouvoir d'appréciation discrétionnaire du ministre, on n'aurait pas eu à discuter à nouveau cette question en 1860.

Continuant sur un autre point les traditions du passé, le décret rappelait qu'il était établi près de l'École « un musée composé de collections relatives à l'industrie minérale et aux services qui s'y rapportent » et « un bureau d'essais spécialement chargé de l'essai et de l'analyse chimique des substances employées dans l'industrie ». Le musée, ouvert au public, restait indépendant des collections d'étude mises à la disposition des élèves.

Si le décret de 1856 a très nettement conservé la tradition originaire du musée qui doit être une annexe de l'École, il est à remarquer que le service des cartes géologiques et topographiques n'est plus rattaché à l'École comme il l'était dans l'ordonnance de 1816. L'expérience

ger aux applications de l'électricité qui, dans un avenir prochain, jouera peut-être un rôle comparable à celui de la vapeur au point de vue mécanique, et nécessitera, par suite, dans les cours de machines ou de mécanique appliquée une place comparable à celles faites à l'hydraulique et à la vapeur.

s'était également prononcée sur ce point et avait montré que ces services ne pourraient effectivement pas être utilement conduits par le conseil de l'École. Il semble toutefois qu'une entente soit désirable entre les deux services au point de vue de leurs collections qui peuvent se prêter réciproquement un si fructueux concours. On paraissait le comprendre ainsi lors de la création du service de la carte géologique détaillée de la France, en installant ce service dans un bâtiment établi pour appartenir à l'ensemble des constructions destinées à l'École (*).

Comme par le passé, le système d'instruction comprenait (art. 28 à 31 du décret) les leçons orales professées pendant cinq mois d'hiver, de novembre à mars, et les exercices pratiques; de ceux-ci les uns, préparations et analyses au laboratoire, dessins et projets, s'exécutent pendant la période des cours; les autres, levés de plans superficiels et souterrains, de machines et de bâtiments, courses industrielles et (**) géologiques (***), avec

(*) De Chancourtois, avec son esprit si caractéristique de systématisation et son goût pour les expositions méthodiques, qu'il avait l'un et l'autre développés à l'école de Le Play, avait imaginé et exposé, en 1872, dans une autographie aujourd'hui assez rare, un plan grandiose réalisant l'union de ces services. Il proposait, à cet effet, de construire pour le *service géologique* un bâtiment au sud des constructions de l'Ecole, qui aurait fait le pendant de celui qui, au nord, abritant les nouveaux laboratoires, est affecté au *service docimastique*. Sur l'un des murs du hall central du bâtiment de la géologie aurait été représentée a carte géologique détaillée au 1/80.000 avec sa vraie courbure. Il est inutile de dire l'accueil fait par l'administration à un plan, à coup sûr séduisant par ses apparences, mais qui eût coûté des millions sans peut-être une utilité très établie.

(**) V. sur les visites industrielles, p. 570, note 2.

(***) Ces courses géologiques n'ont consisté fort longtemps que dans quelques excursions d'une journée aux environs de Paris. En dehors de ces courses préparatoires qui persistent, de Chancourtois, dès qu'il fut appelé par Elie de Beaumont à coopérer à l'enseignement de la géologie, organisa la grande course géologique de huit jours qui se fait à la fin des examens. De Chan-

les professeurs, et enfin les voyages d'instruction ont lieu l'été, pendant et après la période suivant les examens par lesquels se terminent annuellement les cours. Ce régime, dont une pratique constamment améliorée avait permis de tirer tous les fruits, avait donné de trop bons résultats pour qu'il y fût rien changé. Toutefois le décret (article 30) supprima le voyage, ou plutôt la promenade, qu'on avait pris l'habitude, depuis 1848, de faire faire aux élèves de première année (*).

Il faut signaler dans le décret de 1856, la disposition nouvelle formant l'article 16 en vertu de laquelle « les ingénieurs qui, par la spécialité de leurs travaux, ont acquis des connaissances exceptionnelles sur quelques parties de la science de l'ingénieur » peuvent être appelés à donner des conférences sur les sujets dont ils se sont ainsi occupés (**).

Suivant l'organisation inaugurée en 1848, l'administra-

courtois choisissait les localités de telle sorte que, dans le cours de la scolarité de trois ans, chaque élève eût pu visiter les pays respectivement classiques pour l'étude des terrains stratifiés, des roches éruptives anciennes et des roches éruptives modernes.

(*) Avant de faire rendre le décret de 1856, l'administration supérieure, en novembre 1855, avait demandé au conseil s'il était utile de faire ainsi voyager des élèves de première année ne sachant encore rien; le conseil avait répondu affirmativement, trouvant que ce voyage était de nature à dégrossir les élèves au point de vue de la pratique.

Ce système d'excursions, nécessairement très courtes, à la suite de la période d'exercices pratiques sur place de la première année, a été repris en suite d'une décision ministérielle du 12 mai 1866, rendue sur l'avis conforme du conseil. Ce voyage de première année doit consister en un séjour de trois semaines dans un district minier ou métallurgique français, de préférence le plus voisin de la résidence de l'élève.

(**) Les applications qui ont été faites de cette disposition sont les suivantes :

De 1864 à 1866, M. Moissenet, alors chargé des leçons de chimie générale aux élèves des cours préparatoires, décrivit la préparation mécanique des minerais d'étain, de cuivre et de plomb

tion courante de l'École était confiée, sous l'autorité du ministre des travaux publics, à un directeur (*) et à un inspecteur des études; celui-ci restait le conservateur du musée annexé à l'École. Faisant un pas de plus dans un système qui concordait, du reste, avec les idées de gouvernement personnel du régime impérial, le décret de 1856 a visiblement augmenté les attributions du directeur et diminué d'autant celles jadis dévolues au conseil. Le conseil, qui, en dehors du personnel de l'École : directeur, inspecteur et professeurs de l'enseignement spécial, ne comprenait que deux inspecteurs généraux désignés par le ministre, n'avait plus désormais à délibérer sur le budget (**) annuel; aux termes de l'article 6, § 3, en dehors des rares questions sur lesquelles le conseil doit nécessairement délibérer (***), la direction ne doit

en Angleterre, particulièrement dans le pays de Galles et le Cornouailles;

En 1866, M. Cornu, qui venait d'achever ses études à l'Ecole, fit des conférences sur la constitution des molécules cristallines des minéraux;

A partir de 1873 et jusqu'à la création en 1879 du nouveau cours qui lui fut confié, M. Fuchs a fait chaque année quelques conférences pour décrire des gîtes minéraux visités par lui, tels que les gîtes calaminaires de Belgique et de Sardaigne, ceux de phosphate de chaux, les gîtes du district de Carthagène (Espagne) et d'Atacama (Chili).

En outre, ce fut par application de cette disposition que M. Zeiller commença, en 1878, ses leçons de paléontologie végétale, et M. Potier, en 1882, celles sur les applications de l'électricité, entrées les unes et les autres depuis dans l'enseignement normal.

(*) Suivant l'article 6 du décret du 15 septembre 1856, la direction devait être confiée à un inspecteur général des mines de 1re classe; un décret du 30 mars 1884 permet à l'administration de désigner un inspecteur général de 2e classe.

(**) Dans le projet de décret préparé par le conseil en 1851-1852, celui-ci avait proposé de maintenir au conseil la délibération du budget.

(***) Le conseil est essentiellement une autorité purement consultative qui n'émet que des avis. Toutefois, aux termes de l'ar-

prendre son avis, avant de soumettre des propositions au ministre, que sur « les propositions importantes touchant l'instruction, le régime et la discipline ». Le directeur avait, en outre, de droit la présidence du conseil en l'absence du ministre qui en restait le président titulaire. Direction et conseil, sauf sur certains détails d'ordre intérieur où ils ont des attributions propres, n'agissent, d'ailleurs, comme jadis, que sous l'autorité du ministre des travaux publics.

Le décret créait un rouage nouveau qui ne pouvait également qu'atténuer encore, en droit du moins, le rôle et les attributions du conseil; c'est le conseil de perfectionnement (art. 22 à 27), présidé par le directeur (*), composé, en dehors de l'inspecteur de l'École, de trois inspecteurs généraux désignés par le conseil général des mines et de deux professeurs désignés par le conseil. Ce conseil de perfectionnement n'a toutefois que deux attributions : il arrête, par un jugement définitif, dit l'art. 25, § 1, la liste des prix et accessits à délivrer, s'il y a lieu, aux élèves, d'après le classement provisoire préparé par les professeurs (**); il discute les mesures qui lui sont

ticle 20, § 2, du décret de 1856 « il arrête les listes de classement de fin d'année et de sortie, les décisions qu'il rend en cette matières n'étant susceptibles d'être réformées que pour fausse application du règlement. »

(*) On ne laisse pas d'être étonné de voir que la présidence du conseil ne revenant au directeur qu'en l'absence du ministre, le directeur est président de droit du conseil de perfectionnement.

(**) Le rapprochement des articles 25 et 26 du décret serait de nature à montrer que, contrairement à la pratique toujours suivie à l'Ecole des mines et que consacrait l'article 20 de l'arrêté ministériel du 17 avril 1849, les prix et accessits ne devraient plus être distribués aux élèves « qui se sont le plus distingués pendant le cours de leurs études », comme le disait cet arrêté, mais attribués par matière suivant ce qui se pratique à l'Ecole des ponts et chaussées dont il est constant que le décret de 1856 a voulu imiter l'organisation. Ainsi seulement on peut concevoir que les professeurs et non le conseil puissent préparer un classement provisoire et que le professeur intéressé soit admis avec voix délibérative au conseil de perfectionnement lorsque ce conseil statue sur cette question.

suggérées en vue d'améliorer l'instruction de l'École, et il propose à l'approbation du ministre celles de ces mesures dont il croit devoir recommander l'application (*).

Signalons enfin la disposition nouvelle, au moins en droit, formant l'article 15 du décret, aux termes duquel le ministre doit choisir les professeurs sur une liste de candidats dressée, pour chaque place vacante, par le conseil de l'École (**).

Le décret de 1856, confirmant les créations successives antérieures, prévoyait l'établissement immédiat de neuf cours distincts avec professeurs spéciaux (***). En réalité le décret de 1856 ne reçut à cet égard sa complète exécution qu'en 1864. Jusqu'à cette date, en effet, M. Bayle continuait à enseigner la paléontologie à titre de conférences; il ne fut nommé professeur titulaire que le 8 avril 1864, par une régularisation de pure forme il est vrai. Le cours distinct d'agriculture, drainage et irrigations, ne fut également créé que par décision du 25 janvier 1864 qui le confia à Delesse (****); jusque-là les leçons avaient

(*) Un seul fait suffirait à montrer le peu d'utilité du conseil de perfectionnement. Il ne fut constitué et ne commença à fonctionner qu'à la fin de 1858, deux ans après que le décret de 1856 eut été rendu.

(**) En fait, cette coutume s'était établie depuis 1848 avec l'assentiment de l'administration; le conseil, dans cette période intermédiaire, ne pensait même pas toujours à présenter une liste; il indiquait un seul candidat quand il lui paraissait que son choix s'imposait.

(***) Il était prévu que d'autres chaires pourraient être créées par décret rendu après avis des deux conseils (Décret de 1856, art. 11).

(****) Delesse, né le 3 février 1817, est mort inspecteur général le 24 mars 1881. Il avait été élu à l'Académie des sciences en 1879. Delesse s'est particulièrement occupé de métamorphisme et de lithologie, en étudiant surtout les roches par des analyses mécaniques et chimiques. Il a rendu de très grands services par

été faites, comme à l'origine de cet enseignement en 1853, par le professeur de législation. Ce double enseignement était échu, à partir de 1862, à M. E. Lamé Fleury, appelé à cette date à succéder comme professeur titulaire à de Villeneuve. M. Lamé Fleury l'avait, à de très nombreuses reprises, remplacé depuis 1855 pour l'enseignement du droit et de la législation; M. E. Lamé Fleury, avant de l'être officiellement, pouvait être considéré depuis longtemps comme le professeur de fait de ces matières à l'École.

Les cours de minéralogie, géologie et paléontologie restèrent, comme depuis 1816, les seuls cours publics. La commission spéciale de 1848 et le conseil s'étaient prononcés dans ce sens. Le décret de 1856, art. 5, § 4, a prévu toutefois la faculté pour le ministre d'admettre le public à tous les autres cours (*).

La direction de l'École était restée confiée à Dufrénoy, qui ne devait malheureusement pas jouir longtemps encore de la satisfaction qu'il dut éprouver en voyant son œuvre solennellement et définitivement confirmée à nouveau par le décret de 1856. Il mourait le 20 mars 1857, dans cette École si complètement transformée par lui, et aux destinées de laquelle il présidait depuis 21 ans. Quels changements aussi féconds que profonds accomplis durant cette période dans toutes les branches de tous les services qui se rattachaient directement ou indirectement à l'École!

Il fut remplacé à la direction de l'Ecole par Combes

la publication annuelle, pendant vingt ans, de la *Revue de géologie*, en collaboration d'abord avec M. Laugel, puis avec M. de Lapparent.

Il a enseigné à l'Ecole des mines de 1864 à 1879.

(*) Dans ces derniers temps, le conseil de l'Ecole a émis l'avis d'étendre la publicité à tous les cours, en tant que la mesure serait matériellement compatible avec la régularité du fonctionnement intérieur de l'Ecole.

qui, lui aussi, avait été un des premiers à coopérer, dès le début du gouvernement de Juillet, à la réorganisation de l'École. Nul n'était donc mieux à même que lui, à raison de sa haute situation scientifique et des traditions, pour recueillir l'héritage de Dufrénoy.

Avant même que le décret de 1856 eût été rendu, Le Play, après les succès obtenus à l'exposition universelle de 1855, avait résigné ses fonctions d'inspecteur de l'École pour entrer au Conseil d'État. Il avait été remplacé comme inspecteur, le 26 janvier 1856, par de Sénarmont, que sa parfaite courtoisie, non moins que ses qualités de penseur et d'érudit, désignait pour ce poste. Il ne devait pas l'occuper longtemps; il mourait six ans après, dans l'exercice de ces fonctions, auxquelles Gruner (*), professeur de

(*) Gruner, né le 11 mai 1809, mort inspecteur général de 1re classe en retraite le 16 mars 1883, appartient à l'Ecole des mines de Saint-Etienne autant qu'à celle de Paris; il avait professé douze ans dans la première avant de professer quatorze ans dans la seconde. Il n'a abandonné l'Ecole des mines de Paris que pour prendre, en 1872, la vice-présidence du conseil général des mines qu'il garda jusqu'en 1879, où il fut atteint par la fatidique limite d'âge.

Gruner s'est livré avec un égal succès à la géologie et à la métallurgie. Comme géologue, ses travaux essentiels consistent dans la carte géologique de la Loire et les topographies des bassins houillers de la Loire et de la Creuse. M. Parran a fait plus particulièrement ressortir dans le *Bulletin de la Société géologique* (8e série, t. XII, p. 380) l'œuvre de Gruner comme géologue. Comme métallurgiste, il a publié de très nombreux mémoires dans divers recueils, et il s'occupait encore à réunir ses travaux et son enseignement dans un grand *Traité de métallurgie*, lorsque la mort est venue le surprendre; le tome I et la 2e partie du tome II ont seuls été publiés. M. Lodin, qui occupe aujourd'hui à l'Ecole la chaire de Gruner, a, dans une notice récemment publiée aux *Annales des mines* (3e livraison de 1888), signalé d'une façon détaillée l'œuvre métallurgique de ce maître.

L'enseignement de Gruner se recommandait par sa méthode philosophique non moins que par le nombre et l'exactitude des renseignements.

Une des œuvres qu'on doit également attribuer à Gruner est

métallurgie depuis quatre ans déjà, fut appelé à sa place.

Le Play ayant également résigné ses fonctions de professeur de métallurgie, Piot (*) fut désigné pour le remplacer à ce titre au début de l'année scolaire 1856-1857. Piot, dont la santé était déjà fortement ébranlée, ne passa pour ainsi dire que nominalement à l'École; il succombait le 17 juin 1858, ayant été suppléé dans l'enseignement qu'il n'avait pu donner par Rivot qui avait volontairement assumé, par camaraderie, la lourde tâche, dont il s'était brillamment acquitté, de professer simultanément la docimasie et la métallurgie. Piot fut régulièrement remplacé au début de l'année scolaire 1858-1859 par Gruner; les espérances que son passage à Saint-Étienne avaient permis de concevoir devaient être dépassées par la hauteur du cours qu'il devait professer à Paris pendant quatorze ans.

Dans cette même année 1856, de Chancourtois (**) com-

la constitution de la célèbre Société de l'industrie minérale de Saint-Etienne, à la vitalité persistante de laquelle il a contribué plus que personne.

(*) Piot, né le 21 novembre 1817, était arrivé à l'Ecole, précédé d'une très grande réputation de métallurgiste praticien, qu'il s'était acquise par ses travaux dans l'industrie privée, notamment dans les établissements de Wendel.

(**) De Chancourtois, né le 20 janvier 1820, mort inspecteur général des mines de 1re classe le 14 novembre 1886, n'a, pour ainsi dire, pas quitté l'Ecole où il était rentré en 1848 comme professeur des cours préparatoires, trois ans après y avoir terminé ses études qu'il couronna par ce voyage de dix-huit mois en Asie-Mineure et en Turquie, resté légendaire. De Chancourtois, dans cette longue carrière, a rendu à l'Ecole de nombreux services, non seulement par son professorat de géologie et antérieurement par ses leçons aux cours préparatoires, mais aussi par les leçons de topographie et la surveillance des exercices graphiques dont il hérita de Delaunay jusqu'à ce que l'administration se décidât, en 1857, à redonner à l'Ecole un chef des travaux graphiques; il a concouru au rangement des collections et notamment de la collection statistique départementale.

M. Fuchs a fait connaître, dans une notice récente parue dans les *Annales des mines* (3e livraison de 1887), la vie et l'œuvre de

mença officiellement avec le titre de professeur-adjoint l'enseignement de la géologie que, depuis 1852 déjà, il donnait en fait partiellement comme suppléant; il devait continuer cet enseignement comme professeur-adjoint jusqu'en 1875, date à laquelle, après la mort d'Elie de Beaumont, il devint titulaire pour le rester jusqu'à sa mort, en 1886.

En somme, pendant toute la durée de l'Empire, l'École poursuivit régulièrement sa carrière sans modification appréciable dans son régime. La modification et la reconstruction des bâtiments entraînées par le percement du boulevard Saint-Michel ne laissèrent pas d'apporter d'assez grandes difficultés matérielles à la régularité de la vie scolaire. La direction sut parer à ces obstacles en déplaçant, suivant les besoins, les salles de dessin et en installant des laboratoires provisoires dans les bâtiments spéciaux mis temporairement à sa disposition à cet effet.

L'expérience et la pratique avaient mis en évidence l'excellence de la transformation subie par l'École. Une seule question de quelque importance dut être à nouveau examinée et discutée, celle du recrutement des élèves externes. A l'époque de la guerre de Crimée l'École polytechnique reçut des promotions relativement fort nombreuses auxquelles, à la sortie, étaient offertes très peu de places dans les services publics. De ce double fait résulta qu'à partir de 1855 des élèves ayant donné leur démission à la sortie de l'École polytechnique vinrent, en nombre de plus en plus grand, se présenter

de Chancourtois, en la faisant suivre de la bibliographie de ses travaux, relativement peu nombreux. Peut-être de Chancourtois, avec son ingéniosité si remarquable, a-t-il remué et donné plus d'idées qu'il ne laisse après lui de travail positif et d'effet durable. La vis tellurique et le réseau pentagonal, dont de Chancourtois s'était fait spécialement l'apôtre, sont des conceptions à coup sûr fort originales. Peut-on dire, surtout pour la dernière, qu'elles soient bien fécondes?

comme élèves externes à l'École des mines, et avec d'autant plus d'empressement qu'au début du second Empire, dans ce développement industriel qui le caractérisa, les carrières libres avaient repris faveur. Dans l'organisation existant encore à cette époque où les élèves des cours préparatoires étaient assimilés à de véritables élèves de l'École des mines, ces élèves de l'École polytechnique étaient tenus à passer l'examen, à programme réduit, sur les mathématiques élémentaires, arrêté en 1847, et qui était considéré comme l'examen nécessaire pour déterminer l'entrée à l'École des mines. Mais cet examen subi, les candidats venant de l'École polytechnique étaient naturellement autorisés à suivre immédiatement les cours spéciaux de première année, sans être astreints à passer par les cours préparatoires.

Cet état des choses, qui paraissait aller en s'accentuant (*), finit par attirer l'attention de l'administration supérieure ; elle se demanda même, en novembre 1860, s'il y avait utilité à maintenir les cours préparatoires. Le conseil n'eut pas de peine à éclairer l'administration sur ce point. Mais tout le monde fut d'accord pour reconnaître que la situation nouvelle demandait une réglementation nouvelle. De là les deux règlements du 1er août 1861 rendus par le ministre conformément aux propositions du conseil. Dans le système que consacraient ces règlements, les élèves des cours préparatoires cessaient d'être considérés comme des élèves de l'École ; ils n'en avaient plus le titre et ils perdaient le droit qu'ils avaient jadis de passer directement et sûrement aux cours de l'enseignement spécial. L'entrée comme élève externe n'avait lieu que pour l'admission à l'enseignement spécial ; elle devait s'acquérir désormais par un concours particulier dont le programme

(*) Aux examens d'entrée de 1855-1856, sur trente candidats, seize furent admis, dont sept venant de l'Ecole polytechnique.

portait sur les matières faisant l'objet de l'enseignement de l'École polytechnique et des cours préparatoires. A ce concours annuel comprenant deux degrés, examen d'admissibilité et examen d'admission, pouvait se présenter dans des conditions égales, sans privilège les uns par rapport aux autres (*), qui voulait, d'où qu'il vint. Les cours préparatoires étaient maintenus dans le seul but de donner à ceux qui les avaient suivis les moyens d'aborder le concours d'entrée : aussi était-il entendu, et le système fut de la sorte appliqué, que l'on devait se montrer très large pour l'admission aux cours préparatoires transformés en quelque sorte en un enseignement quasiment public ; le seul privilège qu'acquérait désormais l'élève qui avait suivi ces cours et subi convenablement l'examen de fin d'année qui les terminait, était d'être dispensé de l'examen d'admissibilité au concours ouvert pour les places d'externes aux cours spéciaux de première année. Quelques années après, en 1866, il fallut toutefois prendre des mesures pour éviter certains abus que la pratique de ce système révéla. Des élèves arrivaient à encombrer les cours préparatoires en s'y perpétuant pendant des années.

Le système inauguré en 1861, qui place la véritable entrée à l'École au début des cours spéciaux, s'est maintenue depuis sans altération. Une modification importante a été, toutefois, introduite par l'arrêté ministériel du 25 juin 1883, à la suite de circonstances que nous aurons plus tard à relater (V. p. 645). Cette modification a amené un système intermédiaire entre celui de l'origine et celui de 1861. Depuis 1883, les élèves des cours préparatoires ont acquis le droit de passer directement élèves externes aux cours spéciaux s'ils subissent

(*) Toutefois était maintenu par l'article 6 de l'arrêté l'antique privilège conféré à égalité de mérite aux fils de directeurs ou de concessionnaires de mines, de chefs ou de propriétaires d'usines minéralurgiques.

convenablement leur examen de fin d'année des cours préparatoires. Par contre, un certain nombre de places sont réservées, à la suite des précédentes, sans examen, et par rang de classement de sortie, aux élèves de l'École polytechnique qui ont eu une moyenne générale de douze au moins. Les autres places disponibles font seules l'objet du concours ouvert librement à tous dans le système de 1861.

Ces remaniements dans la réglementation de l'admission des élèves externes ont presque toujours conduit à examiner simultanément une question que cette institution soulève tout naturellement; c'est celle de savoir s'il ne convient pas d'exiger des élèves externes une rétribution scolaire. Jusqu'en 1868, le conseil de l'École a été toujours d'avis que, pour répondre à sa destination, l'enseignement leur fut donné gratuitement, et ces avis avaient toujours arrêté l'administration lorsque celle-ci avait manifesté des velléités d'établir une rétribution de cette nature. A partir de 1868, au contraire, le conseil, toutes les fois que l'occasion s'en est présentée, a insisté pour l'établissement de cette rétribution; il y a été amené en constatant le nombre toujours croissant et des élèves externes que l'on a dû admettre et des candidats pour ces places, ainsi que les dépenses plus considérables qu'ont entraînées les développements de toute sorte donnés aux bâtiments, aux collections et à l'enseignement. Le conseil a toujours pensé, d'ailleurs, que l'origine de la plupart des élèves qui viennent à l'École leur permettrait de supporter aisément une pareille charge; un large système de bourses permettrait, du reste, d'atténuer ce fardeau dans la mesure utile pour n'écarter personne. En 1868, le conseil avait pensé que cette rétribution pourrait être de 500 francs par an (*); plus récemment il a estimé

(*) Ce chiffre de 500 francs avait été justifié par les observations suivantes, dans une délibération du conseil du 22 octobre 1868, rappelée le 23 octobre 1869.

Depuis l'achèvement des nouveaux bâtiments et la mise en service des nouveaux laboratoires, le nombre moyen des élèves externes s'était accru dans le rapport de 2 à 3 (40 contre 60); le nombre des semaines passées au laboratoire s'était élevé de 420 à 778. Les dépenses du laboratoire en réactifs, appareils et combustibles pour toute la scolarité d'un élève étaient de 700 francs ou de 233f,33 par an, sans compter une dépense en frais communs au laboratoire de 9.050 francs, et en divers autres frais communs de 800 francs. En comptant sur une moyenne de 70 élèves, on arrivait à un prix de revient de : 233f,33 + 139f,28 + 82f,85 = 445f,46. Ce calcul laissant en dehors le traitement des professeurs, fonctionnaires et employés, les frais pour bâtiments, collections, bibliothèque, etc., on arrivait à justifier amplement le chiffre proposé de 500 francs.

Bien que, par suite de l'accroissement du nombre des élèves, le prix de revient actuel, calculé comme ci-dessus, ait baissé, le chiffre de 300 francs lui est encore inférieur; mais il ne faut pas, en ces matières, vouloir faire les choses trop industriellement.

qu'elle devrait être réduite à 300 francs. Jusqu'ici l'administration supérieure n'a pas cru devoir donner suite à ces idées (*).

§ 7.

L'École depuis les événements de 1870-1871.

Les funestes événements de 1870-1871 ne pouvaient pas ne pas faire sentir leur répercussion sur le fonctionnement de l'École des mines. Combes, dont la santé était déjà fort ébranlée, n'avait pu regagner Paris lorsque nos premiers désastres faisaient déjà pressentir la possibilité d'un investissement de la capitale. Une décision ministérielle du 17 août 1870 confia l'intérim de la direction à

(*) Il y a été simplement fait allusion dans des documents soumis au Parlement, notamment dans les rapports sur les budgets de 1888 et 1889 à la Chambre des députés.

M. Et. Dupont (*), qui venait de succéder à Gruner (**) dans les fonctions d'inspecteur, que celui-ci avait dû quitter lors de sa promotion au grade d'inspecteur général de 1re classe. L'énergique activité et l'intelligente initiative de M. Et. Dupont, aidé par le personnel resté à Paris, surent préserver l'École, et permirent à son personnel de rendre, en outre de ses attributions normales, de réels services à la défense de la capitale.

Le lendemain du jour où l'investissement avait commencé, M. Et. Dupont fut requis par le ministre des travaux publics du gouvernement de la Défense nationale, Dorian, de procéder à tous les travaux nécessaires pour préserver les collections. Les échantillons et objets les plus précieux (***), désignés par les professeurs et conservateurs-adjoints des collections, furent retirés des salles où ils sont normalement placés ; ils furent déposés dans les caves dites du laboratoire qui, moyennant quelques travaux, offraient un excellent abri. Ces caves servent de support à la cour couverte des laboratoires, de 23 mètres

(*) M. Et. Dupont avait abandonné, en novembre 1868, la direction de l'Ecole des mineurs de Saint-Etienne pour remplacer, dans la chaire de législation et d'économie industrielle, M. E. Lamé Fleury qui crut devoir résilier les fonctions de professeur, malgré les regrets unanimes manifestés par le conseil de l'Ecole dans une délibération spéciale, lorsqu'il fut appelé au poste de secrétaire du conseil général des mines.

M. Et. Dupont, qui avait antérieurement à son arrivée à l'Ecole publié un *Traité pratique de la jurisprudence des mines* (2e édition, 1862, 3 vol. in-8°), a publié en 1881, dans son *Cours de législation des mines* (1 vol. in-8°), la partie de son cours consacrée à cette matière.

(**) Gruner avait été nommé inspecteur de l'Ecole en juillet 1862 en remplacement de Sénarmont, décédé le 30 juin 1862.

(***) On disposa ainsi dans les caves : 470 tiroirs de la collection de minéralogie, avec les instruments du laboratoire de minéralogie; 70 tiroirs de la collection de géologie; 980 tiroirs et 100 grandes caisses de la collection de paléontologie; divers modèles de la collection des machines.

de long sur 17 de large. Le sol asphalté de la cour fut de plus blindé par une couche de terre de 1m,20 d'épaisseur. Toutes les fenêtres de la façade sud qui était parallèle au rempart le plus rapproché, fenêtres qui éclairent les salles de collection, furent blindées avec des sacs à terre. Les petites cours sur le boulevard Saint-Michel et la cour en avant des laboratoires furent dépavées sur une largeur de 4 mètres le long des façades sud et ouest; les pavés ainsi retirés furent disposés pour défendre les ouvertures du rez-de-chaussée.

Pour prévenir à temps les effets possibles du bombardement, on dissémina à tous les étages, sur les divers points jugés les plus exposés, 200 baquets d'un hectolitre, obtenus par le sciage de barriques vides ; ils étaient maintenus constamment remplis d'eau ; des seaux en zinc et des couvertures restaient placés à proximité de ces baquets. M. Rigout, préparateur de chimie, à ce titre logé à l'École, fut spécialement chargé de veiller à ce que tout ce matériel fût constamment tenu en état de servir immédiatement. Deux pompes avaient été achetées et placées à l'École, avec tous leurs accessoires.

En dehors du personnel des garçons de l'École, un poste de pompiers, composé de 2 sapeurs et 1 caporal, fut installé en permanence; on leur adjoignit un serrurier et un menuisier. Des rondes étaient faites d'une façon continue la nuit, d'heure en heure, dans toutes les parties des bâtiments; chaque ronde comprenait un pompier, le serrurier ou le menuisier, et un des garçons, délégué chacun à son tour.

Le bombardement commença le 5 janvier 1871, à 8 heures du soir et dura jusqu'au 26 à minuit, soit pendant vingt jours. Deux obus tombèrent sur l'École le 12 janvier. Le premier, venant de la direction de Châtillon, éclata en traversant les combles mansardés de la collection de paléontologie et vint tomber dans cette col-

lection, où il brisa trois vitrines et fit deux trous au plancher (*). A ce moment la ronde de nuit circulait dans les combles supérieurs; les trois hommes qui la composaient purent, avec l'aide des baquets et couvertures, éteindre le début d'un incendie qui avait commencé par le store d'une persienne et aurait pu facilement s'étendre au reste du bâtiment. Le second obus (**) traversa à 9 heures du soir, sans éclater, le mur sud du cabinet du professeur de minéralogie; les éclats du mur brisèrent une table et la tablette en marbre de la cheminée.

M. Et. Dupont ne crut pas devoir se borner à assurer la conservation des bâtiments et des collections dont il avait la garde; il offrit, dès le 28 août, à l'autorité militaire, d'installer à l'École une ambulance militaire. Après entente avec elle (***), une ambulance de 33 lits, plus spécialement destinée aux fiévreux, fut ouverte le 2 octobre dans les cinq pièces du rez-de-chaussée, sur le jardin, comprenant, en enfilade, la salle des cours, la salle du conseil et les trois pièces de la bibliothèque, le tout offrant une superficie de 197 mètres carrés. Les soins médicaux étaient assurés par le médecin de l'École des mines, le docteur Lacroix, et son adjoint, assistés

(*) Les avaries subies par le plancher sont encore visibles aujourd'hui, vers l'angle nord-ouest de la salle de collection; les débris de l'obus sont conservés dans une armoire vitrée près du point où il est tombé.

(**) Conservé dans le cabinet de l'inspecteur de l'Ecole.

(***) L'autorité militaire, qui tenait tout d'abord à ne pas disséminer ses ambulances, avait commencé par décliner ces offres. Mais au milieu de septembre, poussée par les nécessités, elle les accepta, proposant de rembourser les frais de nourriture et de médicaments si l'École fournissait la literie, le linge et le matériel. M. Et. Dupont put, en s'adressant notamment aux ingénieurs des mines en résidence à Paris et aux employés de l'École, se procurer la literie; le linge et les vêtements furent fournis, grâce à l'obligeant intermédiaire de M. l'inspecteur général de Billy, par la *Société de secours aux blessés*.

par trois sœurs pour le service de jour, et deux infirmiers militaires du Val-de-Grâce pour le service de nuit. L'ambulance resta ouverte jusqu'au 29 janvier, date à laquelle l'administration invita le directeur intérimaire à préparer la reprise des cours. Dans ces 117 jours, l'ambulance avait reçu 227 soldats malades dont 13 seulement, soit moins de 6 p. 100, succombèrent. Ce chiffre, notablement inférieur à ceux des autres ambulances parisiennes, témoigne de la bonne organisation donnée à ce service, comme se plut à le reconnaître officiellement le ministre des travaux publics; il tient aussi aux excellentes conditions qu'offraient des salles hautes, vastes, et tenues constamment à une température moyenne de 15°, grâce au maintien en activité du calorifère, sans que le budget de l'École en fût grevé en rien, par suite d'un marché à forfait qui avait été passé avant les événements avec l'entrepreneur de chauffage.

En dehors de l'ambulance, l'École fournit au ministère de la guerre des magasins pour y déposer, en septembre, 200 quintaux de sel; en décembre, la commission d'armement disposa de deux pièces des salles de dessin pour y installer des travaux d'ajustage exécutés sous la direction de l'armurier Claudin.

M. Et. Dupont, avec le concours de M. Moissenet, résidant à l'École comme directeur du laboratoire, s'était, en outre, mis à la disposition de l'autorité militaire qui accepta leur offre de construire une vaste poudrière (*),

(*) Cette poudrière était formée de deux chambres souterraines, en prolongement l'une de l'autre, l'une de 53 mètres et l'autre de 35 mètres de longueur, formées par des cadres en bois de charpente de 8 mètres de largeur, avec un recouvrement de terre de $2^{m},50$, sur lequel, dès le commencement du bombardement et en raison de la force de pénétration des obus prussiens, on jugea prudent d'ajouter immédiatement une couche de pavés. Le tout était recouvert d'une charpente en voliges légères revêtues de carton bitumé.

dans les terrains alors vagues, provenant de l'ancienne pépinière du Luxembourg, situés en contre-bas entre les rues d'Assas et l'avenue de l'Observatoire, à l'emplacement occupé aujourd'hui par le petit lycée Louis-le-Grand. L'autorité militaire prit livraison d'une première partie de la poudrière à la fin de septembre; celle-ci lui fut remise en entier à la fin de novembre; le service de l'artillerie en fit un usage très actif. Du 9 au 21 janvier, un assez grand nombre d'obus tombèrent dans les environs immédiats de la poudrière et même directement sur elle (*), sans qu'elle en ait souffert. Le 24 mai, les fédérés, avant de quitter le quartier du Luxembourg, voulurent faire sauter la poudrière en plaçant des barils de poudre entre son recouvrement en terre et pavés et sa couverture en charpente, et en essayant de mettre le feu aux bois d'étançonnage de la galerie tournante qui servait d'accès. Une violente explosion, qui brisa, entre onze heures et midi, les vitrages et même les fenêtres et les portes intérieures du quartier dans une zone assez étendue, avait fait croire qu'ils avaient réussi; il n'en était rien fort heureusement, pour l'École en particulier; toutes les caisses de munitions laissées dans la poudrière y furent retrouvées intactes, et l'on put sans peine pénétrer dans l'intérieur de la poudrière pour les enlever, au début de juin (**).

(*) On a pensé que les Prussiens avaient eu connaissance de l'établissement de cette poudrière et que de là venait l'abondance des obus tombés dans le voisinage et dont l'École avait failli particulièrement souffrir, nonobstant les deux drapeaux de la croix rouge qui flottaient à ses paratonnerres à raison de l'ambulance qu'elle abritait.

(**) M. Maxime du Camp (*Convulsions de Paris*, t. I, p. 205) a mentionné, incidemment il est vrai, que la poudrière du Luxembourg avait sauté. M. Et. Dupont y pénétra le 6 juin avec les généraux de Berckeim et de Rivière. Il a pu constater les faits que nous rappelons d'après les notes qu'il a bien voulu nous communiquer.

Les élèves qui formaient l'effectif de l'École au moment de la guerre avaient dû aller remplir leurs devoirs militaires sans se préoccuper des obligations scolaires qui pouvaient leur rester. Plusieurs le firent avec éclat. Deux furent décorés au siège de Paris : MM. Amalric, externe de 3e année, comme capitaine de la mobile du Tarn; Pélissier, externe de 2e année, comme lieutenant à l'artillerie de la garde mobile de la Seine. Deux furent tués à l'ennemi : Coste, sujet très distingué, élève externe de 3e année, sergent aux éclaireurs de l'armée du Nord, tué à la bataille d'Amiens; Laval, élève libre des cours préparatoires, tué à la bataille du Mans. Rigaud, élève externe de 2e année, lieutenant à la mobile de Maine-et-Loire, fut blessé d'un coup de feu le 4 décembre 1870, à Cercottes, amputé de la jambe gauche, et succomba, le 24 décembre, à Orléans. Andrieux, major des élèves externes de 2e année, mourut de la fièvre typhoïde à Belfort. Dunand, externe de 3e année, eut l'humérus fracturé d'un coup de feu à la bataille de Saint-Quentin. Une plaque de marbre a été posée à la bibliothèque de l'École en mémoire de Coste, Rigaud et Andrieux, au milieu du noble obituaire qu'une pieuse tradition y a créé pour les ingénieurs du corps des mines morts dans l'exercice de leurs fonctions (*).

(*) Figurent dans cet obituaire par ordre de date :

Malinvaud, entré à l'École des mines en 1828, mort des suites de blessures reçues dans les mines en 1837;

Hulot d'Osery, entré à l'École en 1839, tué au cours d'une mission scientifique dans l'Amérique du Sud en 1846;

Famin, entré à l'École en 1859, tué dans une descente par un puits au cours d'une visite de mine en 1863;

Choulette, entré à l'École en 1865, mortellement blessé au siège de Belfort en janvier 1871;

Roche, entré à l'École en 1874, massacré avec la mission Flatters en avril 1881;

Bonnefoy, entré à l'École en 1875, tué par un coup de grisou aux mines de Champagnac le 28 mai 1881.

Dès la conclusion de l'armistice, le 28 janvier 1871, le ministre invita le directeur intérimaire à prendre les dispositions nécessaires pour commencer immédiatement les cours et exercices. Il fallait, d'une part, assurer la continuation de l'enseignement des élèves de 2e et de 3e années, pour lesquels les cours auraient dû reprendre en novembre 1870, et, d'autre part, opérer le recrutement des élèves de 1re année dont les examens auraient dû avoir lieu à la même date.

Le 4 février 1871, le conseil de l'École se réunit pour délibérer sur les mesures à prendre dans ce double but. Assistaient à cette séance : l'inspecteur général de Billy, président, en l'absence du directeur, M. Combes; les inspecteurs généraux Élie de Beaumont, Gruner, Callon; les ingénieurs Bayle et Moissenet, et M. Dupont, inspecteur de l'École, directeur intérimaire, secrétaire.

Le conseil décida que les leçons reprendraient le 15 mars et se termineraient : le 15 juillet pour les cours spéciaux; le 15 août pour les cours préparatoires.

Tous les élèves sortant des cours préparatoires et ceux provenant de l'École polytechnique devaient être admis d'emblée en 1re année, sous réserve de ne faire participer aux exercices du laboratoire que ceux justifiant de connaissances suffisantes en chimie.

Pour les autres candidats, les examens furent fixés et eurent lieu le 13 mars, tous les candidats retenus sous les drapeaux étant dispensés de l'examen préalable.

Comme le conseil prévoyait que beaucoup d'élèves retenus en province ne pourraient pas rejoindre l'École le 15 mars, il fut entendu que les élèves présents dès le début devraient aider leurs camarades retardataires par la communication de leurs notes et leur faire au besoin des conférences.

Le 15 mars les cours reprirent effectivement avec :

11	élèves	ingénieurs présents sur	13
37	—	externes —	60
15	—	des cours préparatoires	17
63	élèves	présents sur	90

sans compter 7 élèves étrangers présents.

Dans ces conditions d'effectif, les études auraient pu suivre régulièrement leur cours, bien que les exercices du laboratoire ne pussent encore avoir lieu faute de combustible. Mais le 18 mars était arrivé. Le conseil de l'École convoqué d'urgence le 22 reconnaissait qu'en présence des événements survenus dans Paris il convenait de suspendre les cours et de renvoyer les élèves dans leurs familles. Le lendemain 23 les cours furent effectivement suspendus, et le 24 une décision ministérielle régularisait cette situation. Lorsque le 29 mars la Commune constituée fit afficher sur les édifices publics, et notamment à l'École des mines, son arrêté ordonnant, sous peine de révocation, à tous les employés des services publics de considérer comme nuls et non avenus les ordres ou communications du gouvernement de Versailles et de ses adhérents, Combes et M. Dupont se rendirent à Versailles prendre les instructions de M. de Larcy, ministre des travaux publics. Conformément à ces instructions, M. Rigout, préparateur de chimie, Audebez, secrétaire-régisseur, et Launay, garde-magasin, tous trois logés à l'École à raison de leurs fonctions, furent invités à y rester et à agir pour le mieux, ce qu'ils firent avec beaucoup de courage et d'intelligence.

De l'École des mines comme établissement d'instruction ou même comme musée, la Commune ne parait pas s'être préoccupée. Mais le sinistre docteur Parisel, le membre de la Commune, président de la délégation scientifique (*), prit possession du laboratoire pour y établir

(*) On peut lire sur le Dr Parisel, l'incendiaire, et son rôle dans

un de ses ateliers de fabrication des nouveaux produits révolutionnaires. Parisel était venu le 24 avril visiter minutieusement tous les locaux de l'École ; il avait manifesté l'intention d'y établir les bureaux et le personnel de son service qui devait notamment occuper les appartements du directeur et de l'inspecteur ; les membres de la délégation y renoncèrent pour s'installer au ministère du commerce, rue de Varennes ; ils occupèrent seulement le laboratoire et le bureau du secrétaire-régisseur. Parisel s'occupa notamment, à l'École, de faire préparer de l'acide prussique (*) avec tous les cyanures qu'il put trouver dans le magasin et ceux qu'il avait réquisitionnés, et de faire fabriquer des sulfures de phosphore (**), avec l'aide d'un agent, Alexandre Décot, ancien employé de la maison Fontaine, qu'il avait trouvé moyen de faire travailler à cette besogne. Parisel avait remis au régisseur de l'École l'ordre écrit d'installer Décot et sa famille dans l'appartement de l'École qui lui conviendrait. Il ne paraît pas qu'il ait été fait grand usage des pro-

---

la commune, le chapitre IV, tome IV, des *Convulsions de Paris*, de M. Maxime du Camp.

(*) Cet acide prussique était vraisemblablement destiné aux fameuses bagues de Parisel et Assi, avec poire-réservoir en caoutchouc, et épingle creuse en or, la dent du serpent à sonnette, dont a parlé M. Maxime du Camp (*loc. cit.*, p. 227-228).

(**) M. Maxime du Camp (*loc. cit.*, p. 223 et 224) a pensé que le produit révolutionnaire fabriqué dans le laboratoire de l'École était ou du sulfure de carbone ou une dissolution de phosphore dans le sulfure de carbone, c'est-à-dire l'ancien feu grégeois. Il est absolument certain, par le témoignage de tous ceux qui ont vu le produit, que c'était bien du sulfure de phosphore, obtenu en mélangeant poids pour poids du soufre en poudre dans du phosphore fondu. Le produit, qui forme une matière gommeuse et gluante, s'enflamme très aisément par le frottement et dégage abondamment des vapeurs asphyxiantes d'acide sulfureux. A quoi ce produit, d'un maniement si dangereux, pouvait-il être destiné? On a lieu de croire qu'on voulait essayer d'en garnir des obus.

duits de Parisel : 130 kilogrammes en furent laissés à l'École et remis au début de juin au service de l'artillerie qui voulut bien les faire enlever. Alexandre Décot, le triste ouvrier de cette fabrication, en fut la victime ; il fut atrocement brûlé en y travaillant et perdit la vue. Si le laboratoire et l'École n'ont pas été incendiés, on le doit en partie à la vigilance active de M. Rigout.

Le sinistre docteur Parisel, trop occupé par ailleurs à ses exécrables machinations, n'exerçait qu'une haute surveillance sur les travaux faits à l'École ; il n'y venait qu'à intervalles assez éloignés. La surveillance quotidienne incombait à un de ses principaux agents, carrossier de son état. Il faut rendre justice à tout le monde. Celui-ci avait pris des mesures rigoureuses pour que les collections de l'École fussent respectées.

L'insurrection écrasée, l'École pouvait reprendre son fonctionnement. Ce ne fut toutefois que le 10 juin 1871 que le conseil put se réunir à nouveau. Il décida que les cours reprendraient — ainsi que cela eut lieu — le 19 juin, et se termineraient le 28 octobre, sauf à renvoyer à l'année suivante les leçons de topographie et les exercices de lever de plans. Les examens eurent lieu en novembre, de sorte que l'année scolaire suivante dut être retardée d'un mois et ne put commencer que le 4 décembre 1872.

Ces dispositions, assez rudes peut-être pour les élèves et les professeurs, puisqu'elles supprimaient les vacances entre deux exercices scolaires consécutifs, avaient pour les élèves cet avantage, extrêmement important, de ne pas leur faire perdre un exercice, et de ne pas accroître leur temps total de séjour à l'École pour leurs études professionnelles.

Ainsi retardée à son ouverture, l'année scolaire 1872-1873 dut être également un peu raccourcie ; elle ne comprenait que vingt et une semaines, soit une de plus que

l'année scolaire 1871-1872, mais quatre de moins que les années ordinaires. Ce ne fut qu'à partir de l'année scolaire 1873-1874 que reprit réellement et complètement le régime normal et régulier.

Bien que la période d'enseignement de l'année 1871 n'eût été que de vingt semaines au lieu de vingt-cinq, les résultats des examens pour les élèves de 2e et de 3e année furent supérieurs à ceux de l'année précédente. La promotion de 1re année fut peut-être un peu plus faible, dans son ensemble, surtout en minéralogie, science où la pratique joue un si grand rôle ; mais il y a lieu de remarquer qu'il ne s'y trouvait pas d'élèves externes provenant de l'École polytechnique.

En même temps qu'avec l'année 1872 l'École allait reprendre sa vie normale, d'assez nombreuses modifications avaient lieu dans son personnel. Combes, atteint par la limite d'âge, devait quitter la direction le 1er janvier 1872 ; ses jours étaient du reste comptés ; il succombait le 10 janvier 1872. Il fut remplacé le 10 juin 1872 par M. Daubrée, et M. Dupont continua entre temps cet intérim de directeur dont il s'était acquitté avec tant de zèle et de dévouement pendant la période critique de 1870-1871.

M. Mallard (*) succédait à M. Daubrée dans la chaire de minéralogie qu'il occupe encore ; Lan (**) succédait

(*) M. Mallard qui, suivant une tradition assez fréquente, avait passé de l'École de Saint-Étienne à celle de Paris, a publié en deux volumes, dans son *Cours de cristallographie*, la partie de ses leçons consacrées à ce sujet.

(**) Lan, né le 28 février 1826, est mort inspecteur général le 2 mai 1885, occupant à ce moment les fonctions de professeur de métallurgie et de directeur de l'École. Dès sa sortie de l'École des mines, Lan avait, en 1851, remplacé Gruner dans l'enseignement de la métallurgie à l'École de Saint-Étienne, où il resta douze ans. A la suite de sa publication, en 1861, en collaboration avec Gruner, du volume resté classique sur l'*État présent de la métallurgie du fer en Angleterre*, Lan quitta le service de l'État

dans sa chaire de métallurgie, à Gruner, appelé à la présidence du conseil général des mines ; M. Haton de la Goupillière (*) commença cette suppléance de Callon, dont il devait rester chargé jusqu'à ce qu'il lui succéda définitivement, en 1875, à la mort de celui-ci ; enfin M. Carnot commença lui aussi la suppléance de M. Moissenet, auquel sa santé ne permettait pas de continuer l'enseignement qu'il devait définitivement quitter en 1877 ; celui-ci fut alors remplacé comme titulaire par son suppléant.

Au reste, dans une période relativement courte, le professorat presque tout entier allait se trouver renouvelé : à la mort de Élie de Beaumont, en 1875, de Chancourtois devenait titulaire à sa place ; en 1877, Couche se faisait suppléer par M. Résal, qui lui succédait en 1879 pour une partie du cours dédoublé à cette date en deux cours distincts ; dans cette même année, Delesse résignait ses fonctions, et son cours complètement transformé et avec une autre dénomination allait passer à M. Fuchs.

Dès que l'École eut repris sa marche régulière, le recrutement des élèves externes, qui continuait à se faire sous le régime de 1861, présenta deux circonstances de sens opposé qui ne pouvaient échapper à la sollicitude du conseil. Dans les premières années qui suivirent l'année néfaste, le nombre des candidats aux places d'externes diminua d'une façon telle que le conseil proposa, et l'administration décida de revenir sur les mesures prises autrefois pour écarter les candidats qui avaient échoué une fois aux examens. Cette pénurie de candidats provenait de l'accroissement subit des admissions à l'École polytechnique et à l'École de Saint-Cyr.

pour s'occuper d'affaires industrielles. Il s'y est fait une très grande réputation par ses rares qualités techniques et administratives.

(*) M. Haton de la Goupillière a publié séparément, chacun en deux volumes in-8°, les deux cours par lui professés à l'École.

Mais bientôt les choses changèrent en sens inverse. Les élèves sortant de l'École polytechnique, sans entrer dans les services publics, se portèrent de plus en plus nombreux vers l'École des mines. Dès 1876, 16 d'entre eux étaient venus concourir pour les places d'élèves externes de première année rendant ainsi la lutte très difficile pour les élèves des cours préparatoires. Sans atteindre un pareil chiffre dans les années postérieures, le nombre des élèves démissionnaires de l'École polytechnique resta assez grand pour déterminer le conseil à proposer et l'administration à adopter un régime qui fit une part plus équitable aux uns et aux autres : de là le système adopté finalement en 1883 et dont nous avons déjà fait connaître les traits essentiels (p. 631).

Dans le nouveau système, on a fait disparaître les examens d'admissibilité et aussi la traditionnelle clause de faveur pour les fils d'exploitants de mines et de directeurs d'usines, qui, depuis 1816, faisait partie des statuts de l'École (*).

Le programme des cours de l'année préparatoire fut d'ailleurs peu après remanié de manière à ce que l'enseignement fût mieux approprié à sa destination (**).

(*) Nous ne nous dissimulons pas les difficultés de la défense de cette clause à notre époque démocratique et égalitaire; on invoquera peut-être aussi son inutilité dans un temps où l'industrie se fait essentiellement par sociétés anonymes. Malgré toutes ces objections, nous inclinons à croire que la clause avait et aurait encore éventuellement son utilité. Les inconvénients inhérents à l'anonymat ne donnent que plus d'intérêt aux entreprises qui ont gardé la forme patrimoniale ou quasiment patrimoniale.

(**) Ces modifications, qui ne sont devenues effectives qu'en 1887-1888, ont consisté principalement à augmenter l'étude de la mécanique et de la physique en restreignant, dans la limite du possible, les développements donnés à la géométrie descriptive théorique.

Dès après la guerre, une autre innovation, discutable du reste, avait été introduite dans les programmes d'admission. A la suite d'un vœu émis, en 1872, par une commission spéciale du ministère de l'instruction publique, les candidats aux places d'élèves externes des cours spéciaux durent, à partir de 1872, être interrogés sur la géographie et la cosmographie. Pourquoi pas aussi sur toutes les matières des deux baccalauréats?

Ces modifications se lièrent du reste avec les modifications plus profondes de l'enseignement même de l'École que le changement dans le personnel et diverses circonstances amenèrent à introduire successivement.

A raison tout d'abord des obligations militaires qui allaient désormais incomber aux ingénieurs de l'État, les élèves de l'École des mines furent astreints, dès 1873, à suivre un cours de fortifications qui venait d'être à cet effet institué à l'École des ponts et chaussées.

Lorsqu'en 1873, Delesse résigna ses fonctions de professeur, le conseil pensa avec raison que l'on pouvait avantageusement réduire les leçons d'agriculture, de drainage et d'irrigations, et qu'il serait préférable, à l'imitation de ce qui se faisait dans les écoles allemandes, de laisser le côté pratique de l'agriculture, auquel quelques leçons ne suffisent pas, pour ne retenir que le côté plus théorique des relations du sol et des eaux avec la géologie : de là l'idée de ce cours nouveau, appelé d'abord géologie technique, puis géologie appliquée, où, en dehors de ces notions, pouvait être donnée la description méthodique des gîtes minéraux avec plus de développement et partant d'utilité que l'on ne pouvait le faire dans les cours de géologie générale ou d'exploitation des mines. L'idée était excellente et ne pouvait aller qu'en se développant pour autant qu'on pût trouver la place matérielle du nouvel enseignement.

D'autre part, en 1879, à la mort de Couche, le cours de construction et chemins de fer fut scindé avec raison en deux cours distincts. La part, de plus en plus grande, que les ingénieurs de l'État et les élèves externes

prenaient à l'exploitation des chemins de fer, non moins que les développements nouveaux de cette branche des sciences appliquées exigeait, en effet, que le cours des chemins de fer prit plus d'ampleur qu'il n'en avait eu auparavant.

Enfin, au début de 1885, l'administration supérieure prenait l'initiative de scinder le cours d'économie industrielle et de législation (*) en deux cours distincts, par la création d'une chaire distincte d'économie industrielle comme il en existait une depuis fort longtemps à l'École des ponts et chaussées.

Toutes ces modifications partielles rendaient absolument indispensable de reprendre, dans son ensemble, l'enseignement de l'École afin d'en coordonner les diverses parties, de donner à chacune le développement que les circonstances exigeaient, en réduisant au minimum non pas seulement la tâche de chaque professeur, mais surtout la fatigue des élèves. Le conseil aborda immédiatement cette grave et délicate étude dont les résultats, sanctionnés sans modification par l'administration supérieure, purent être appliqués dès le début de l'année scolaire 1887-1888. La conclusion de cette importante étude fut quelque peu retardée par les malheurs qui frappèrent successivement à ce moment la direction de l'École (**).

(*) Cette chaire était alors occupée par M. L. Aguillon, qui avait succédé en 1882 à M. Et. Dupont, que la fatale loi sur la retraite était venu enlever, dans toute sa vigueur, à l'enseignement et à l'administration de l'Ecole à laquelle il avait pris, si heureusement pour elle, une part prépondérante dans les douze années de son inspectorat.

M. L. Aguillon a publié, en 1886, dans sa *Législation des mines française et étrangère* (3 vol. in-8°), la partie de son cours consacrée à l'étude de cette matière.

M. Cheysson fut appelé à occuper la chaire d'économie industrielle dès sa création.

(**) L'Ecole perdit presque coup sur coup deux directeurs.

Dans la refonte complète de l'enseignement opérée en 1887, le conseil a réalisé plusieurs des *desiderata* qui avaient été signalés dès 1848 par la commission spéciale, mais furent alors plus ou moins complètement écartés.

Ainsi, en créant un cours de chimie industrielle (*), on a donné satisfaction au projet de cette commission de développer le traitement des substances minérales autres que les substances métalliques ; en un mot on a repris, en les mettant au niveau de la science et de l'industrie modernes, mais en restant fidèle aux plus anciennes traditions de l'École, ces parties de l'enseignement qui justifiaient le nom antique de minéralurgie donné au cours auquel s'était substitué, et assez rationnellement dans l'appellation il faut le reconnaître vu son programme, le cours de métallurgie. La création du cours de chimie industrielle permettait d'alléger quelque peu le cours de docimasie que l'on aurait certainement pu réduire encore, ainsi que le demandait la commission spéciale de 1848, si l'on n'avait considéré que sa destination pratique ; mais il a paru qu'il convenait, dans une École comme celle de

M. Daubrée, atteint par la limite d'âge, s'était retiré en août 1884 et l'administration, voulant reconnaître les services rendus par lui à l'Ecole pendant les douze ans de sa direction, lui conféra, par une mesure qui n'a été prise qu'en sa faveur et dont la portée n'en est ainsi que plus grande, le titre de directeur honoraire. Lan, qui lui avait succédé comme directeur, en se faisant suppléer dans sa chaire de métallurgie par M. Lodin, depuis titulaire, succombait le 2 mai 1885. Luuyt, appelé à succéder à Lan, mourait à son tour le 23 novembre 1887; Luuyt, qui a été le seul directeur n'ayant pas passé par le professorat, aura eu l'honneur et le mérite de mener à bien la réforme de 1887.

(*) La chaire de *chimie industrielle* a été créée par décret du 3 octobre 1887 et confiée à M. H. Le Chatelier.

C'est par un arrêté ministériel à la même date qu'ont été sanctionnées toutes les autres réformes de l'enseignement, cet arrêté étant complété par celui du 16 mars 1888 pour les détails d'application d'ordre intérieur.

Paris, de maintenir dans ce cours, suivant aussi les traditions du passé, des développements plus théoriques que susceptibles d'une application immédiate à l'industrie; ce cours de docimasie pourrait être qualifié cours de chimie analytique minérale; et il est certain qu'à ce point de vue, ce cours forme, par la nature des matières qui y sont traitées, un enseignement spécial caractéristique de l'École des mines de Paris. Suivant un vœu que le conseil avait émis dès 1872, le professeur de chimie industrielle doit consacrer quelques leçons aux explosifs. Le nombre et la complexité de ceux actuellement mis à la disposition des exploitants et l'importance de leur choix rendent de pareilles connaissances indispensables aujourd'hui aux ingénieurs et exploitants de mines.

Une autre idée de la commission spéciale de 1848, et une de celles sur lesquelles elle avait le plus vivement insisté, a été également réalisée par la création, sous le titre peut-être un peu modeste de conférences, de leçons sur les ateliers de constructions mécaniques; c'est là, en réalité, ce cours de constructions mécaniques fait à un point de vue essentiellement pratique, que réclamait, à juste titre, cette commission. Le cours de machines et celui de construction ont pu être ainsi respectivement réservés plus spécialement aux développements théoriques qu'ils nécessitent.

A ces deux nouveaux cours sont venues s'ajouter quelques leçons sur les applications de l'électricité; on ne pouvait pas en entrevoir la nécessité en 1848 ni même en 1856. Ce n'est pourtant là encore que l'embryon d'un cours ou d'une partie de cours qui s'imposera un jour, les machines électriques devant nécessairement prendre leur place dans un cours de mécanique appliquée, entre les machines hydrauliques et les machines thermiques.

Dans le groupe des cours relatifs aux sciences naturelles, les matières ont été réparties dans les quatre

branches: minéralogie, paléontologie, géologie générale et géologie appliquée, en évitant toute répétition inutile et en donnant à chaque branche des développements qui font du tout un ensemble homogène et concordant que bien peu d'écoles étrangères pourraient présenter. La géologie générale qui se trouve logiquement reportée en deuxième année et qui, suffisamment condensée dans ses principes généraux, peut s'enseigner dans une année, se trouve d'ailleurs complétée par des conférences ou mieux des leçons annexes de pétrographie (*). La paléontologie (**), plus développée qu'autrefois, constitue non plus des conférences, plus ou moins variables d'une année à l'autre, mais un véritable corps de doctrine donnant les éléments primordiaux de cette science. Le cours se trouve complété par des conférences ou leçons annexes de paléontologie végétale (***). Le cours de géologie appliquée, à la suite d'une troisième transformation, a pris, sous le vrai nom qui lui revient, la place et le rôle qui lui sont dus; l'agriculture a presque totalement disparu, laissant toutefois sa trace dans les notions sur les cartes agricoles et les natures de sols; dans ce cours remanié ont été enfin

(*) Ces leçons, au nombre de dix, constituent un cours de pétrographie qui se complète par les indications données sur les caractères des minéraux dans le cours de minéralogie; elles sont faites au début de la deuxième année par le professeur de géologie.

(**) M. Bayle, qui avait fondé en 1844 à l'Ecole l'enseignement de la paléontologie, s'est retiré en 1881, atteint par la limite d'âge, ayant ainsi passé sa carrière entière à l'Ecole. Il a été remplacé par M. Douvillé, qui lui avait été adjoint en remplacement de Bayan, mort si prématurément en 1874 à l'âge de vingt-huit ans.

(***) Les conférences de paléontologie végétale ont été inaugurées à l'Ecole en 1878 par M. Zeiller, qui en est encore aujourd'hui chargé; le nombre des leçons de cet enseignement très suivi a été successivement porté de deux à huit.

naturellement placées les leçons sur les eaux minérales qui, depuis 1856, auraient dû être données à l'École.

Malgré le développement relativement considérable pris par le groupe des sciences naturelles, on n'a pas perdu de vue l'observation déjà faite en 1848 que l'École est destinée à former des ingénieurs plus que des naturalistes. Néanmoins l'enseignement des sciences naturelles est assez complet (*) pour préparer convenablement ceux des élèves qui doivent plus spécialement se vouer aux études géologiques proprement dites, et notamment à la préparation des cartes géologiques. L'enseignement des sciences géotechniques, surtout dans son organisation actuelle, constitue un trait caractéristique de l'École des mines de Paris. Ce qui montre que le but poursuivi a été bien atteint, c'est l'empressement avec lequel le public continue à suivre les principaux de ces cours auxquels, suivant la tradition remontant à leur création, il est toujours admis.

Les autres cours ont reçu les justes développements qu'ils réclamaient pour assurer une complète préparation pratique des élèves, notamment ceux de chemins de fer et de législation (**).

Enfin le cours de fortifications qu'il fallait aller suivre à l'École des ponts et chaussées, non sans perte de temps et inconvénients divers pour la discipline intérieure, a été transformé en un cours d'artillerie, fait à l'École même ; celui-ci y est d'autant mieux à sa place que les ingénieurs des mines sont appelés à servir dans l'artillerie, et non dans le génie.

(*) En dehors des leçons orales à programme suivi, les élèves sont exercés dans des conférences ou exercices pratiques à la détermination des minéraux et des roches et au maniement des appareils, chalumeaux, microscopes, etc.

(**) Chacun de ces cours ayant été porté à quarante-deux leçons a donc à peu près doublé d'importance.

Le développement donné à l'enseignement en 1887 a été obtenu sans augmenter la durée de l'exercice scolaire (*), ni faire en principe plus de deux leçons par jour, mais uniquement par une meilleure répartition des matières, et surtout en utilisant mieux que par le passé la troisième année (**), en la dégageant notamment du temps qui était consacré, avec une médiocre utilité, à la rédaction des journaux et mémoires de voyage. Pour qu'un élève de seconde année tire le meilleur parti possible de son voyage au point de vue de son instruction professionnelle, il faut que son journal soit rédigé au jour le jour (***) ; et par suite il peut et doit être remis dès la rentrée à l'École (****). En troisième année,

(*) L'article 17 de l'ordonnance du 5 décembre 1816 avait fixé la durée des cours du 15 novembre au 15 avril, soit à une période de vingt et une semaines, permettant, à raison de deux leçons par semaine, de faire, par matière, des cours de quarante à quarante-deux leçons par année, d'une heure et demie en moyenne. Cette scolarité fut portée pendant un certain temps à vingt-cinq semaines. On est revenu aujourd'hui à une durée de vingt-deux semaines.

Le décret de 1856 n'avait pas fixé la date de l'ouverture annuelle des cours. En 1869 (décision ministérielle du 19 novembre), la date jusqu'alors classique du 15 novembre fut avancée d'une huitaine d'abord, puis portée au début de novembre ; les cours se terminent vers le 10 avril.

(**) La preuve que, dans l'organisation antérieure, les élèves de troisième année étaient insuffisamment occupés est dans ce fait qu'à diverses reprises des élèves externes ont demandé et obtenu de faire en même temps leur deuxième et leur troisième année, et ceux qui ont été autorisés à le faire sont toujours sortis dans la tête de leur promotion.

(***) Pendant fort longtemps, pour atteindre plus sûrement ce but, le conseil astreignait jadis les élèves à lui envoyer leur journal de voyage successivement, par parties, au cours même du voyage ; cet envoi devait être fait de lieux indiqués par avance. En outre, les élèves étaient tenus à écrire assez fréquemment au conseil pendant la durée de leur absence.

(****) Les élèves ingénieurs de deuxième année, qui seuls du reste y étaient astreints, ont été débarrassés de la rédaction des deux mémoires qu'ils avaient à fournir, en dehors de leur journal de

en dehors de l'enseignement oral, l'exercice pratique essentiel consiste dans l'exécution des grands projets de concours, exercice capital qui, par les soins et le développement qu'on lui donne, forme un des éléments caractéristiques de l'enseignement de l'École (*).

On a pensé néanmoins qu'on pouvait, sans surcharger les élèves, et pour leur plus grand intérêt, les astreindre désormais à rester à l'École jusqu'à 5 heures du soir, au lieu de la limite jusqu'alors classique de 4 heures.

Le nouveau plan d'enseignement put être appliqué dès le début de l'année scolaire 1887-1888. Toutefois son

voyage; ce qui absorbait sans utilité sérieuse une partie du temps disponible de leur troisième année.

Les deux mémoires, véritables thèses qui couronnent l'enseignement, n'ont été maintenus que pour les élèves ingénieurs de troisième année; débarrassés de toute autre obligation scolaire, ils peuvent utilement y consacrer un temps entièrement disponible avant que l'Ecole ne les remette à la disposition de l'administration.

L'association des anciens élèves de l'Ecole des mines a, en 1872, créé un prix de 300 francs qui est attribué au meilleur journal rédigé par les élèves externes à la suite de leur voyage de deuxième année. Le désir fort légitime de conquérir ce prix n'avait pas laissé de lancer les élèves externes dans une voie de développement de leur rédaction et de retard dans la remise du journal, qui aurait fini par nuire au travail normal de leur troisième année.

(*) Le programme est donné à la fin de la deuxième année pour que les élèves dans leur voyage puissent aller étudier sur place les installations de nature à leur fournir d'utiles exemples. Les élèves n'arriveraient pas à tirer tout le parti désirable de ces exercices sans une intervention attentive et constante du chef des travaux graphiques, des professeurs et de l'administration. Les traditions sont aujourd'hui bien établies. M. Et. Dupont a particulièrement contribué à les développer, comme le conseil s'est plu à le reconnaître dans une délibération prise au moment où M. Et. Dupont a quitté l'Ecole.

Depuis la séparation des cours d'exploitation des mines et de machines, il y a en réalité trois concours au lieu de deux; les élèves doivent établir, comme concours spécial de machines, le projet d'une machine rentrant dans le projet de mines ou de métallurgie.

application devait être améliorée, dès l'année suivante, par la séparation, en vertu d'un décret du 3 octobre 1888, du cours d'exploitation des mines et machines (*) en deux cours distincts, confiés à des professeurs différents (**). Antérieurement, avec le système obligatoire de l'alternance, l'exploitation des mines était faite tantôt en première année, et tantôt en deuxième. Actuellement, l'exploitation des mines, y compris son annexe, la préparation mécanique comprenant en tout 47 leçons, sera toujours enseignée en première année, de façon que dès leur voyage de première année (***) les élèves puissent visiter en détail et utilement des exploitations de mines.

Le conseil et l'administration peuvent croire qu'ils ont atteint le but qu'ils se proposaient dans cette réforme, à

(*) M. Haton de la Goupillière, qui professait ce double enseignement, en fait depuis 1872, et comme titulaire depuis 1875, crut devoir résigner ses fonctions après qu'il eut été chargé de la direction de l'Ecole en remplacement de M. Luuyt, décédé.

(**) Le nombre des professeurs n'a pas été accru pour cela, parce que le même professeur, aujourd'hui M. Sauvage, est chargé du cours de machines et des leçons d'ateliers de constructions mécaniques. Ces leçons, en effet, complètent au point de vue de la pratique encore plus peut-être le cours de machines que celui de construction.

M. Ch. Ledoux a remplacé M. Haton dans la chaire d'exploitation des mines.

(***) Actuellement le voyage ou mieux le stage de première année, d'une durée de trois semaines, doit se faire : en France et sous la direction des ingénieurs en chef des arrondissements minéralogiques pour les élèves ingénieurs, en France ou dans un pays de langue française pour les élèves externes.

Les élèves externes de deuxième année doivent voyager un mois en France ou dans un pays de langue française, le reste du temps dans un pays de leur choix.

Les élèves ingénieurs de deuxième année ne sont pas tenus, comme en première année, de faire un stage en France sous la direction des ingénieurs en chef; mais leur voyage doit avoir lieu en France ou dans un pays de langue française.

Le voyage des élèves ingénieurs de troisième année doit avoir lieu à l'étranger, sauf autorisation spéciale en cas contraire.

en juger par le nombre toujours croissant d'élèves, français et étrangers, qui viennent demander leur admission à l'École. Toutes les bonnes volontés viennent se briser contre un obstacle dirimant : le nombre de 32 places qu'offrent les laboratoires actuels. Un roulement plus intelligemment combiné, dans chaque année, entre les périodes alternantes de laboratoire et de dessin, a permis d'augmenter l'effectif (*), tout en laissant chaque élève passer au laboratoire un temps suffisant pour qu'il ait appris tout ce qui peut s'acquérir en ces matières dans une école d'application. Actuellement, les élèves ingénieurs passent au laboratoire trois mois et demi la première année (**), deux mois et demi la seconde et un mois la troisième (***). Les élèves externes y restent un mois à la suite de leur année préparatoire (****), deux mois et demi dans chacune des première et seconde années et un mois en troisième année. Les élèves ingénieurs et externes passent donc, les uns et les autres, sept mois au laboratoire dans le cours de leur scolarité (*****); ce stage relativement considérable est encore une des particularités de l'enseignement de l'École.

(*) L'effectif des élèves des cours spéciaux présents à l'Ecole s'est élevé jusqu'à cent un, dont dix-sept élèves étrangers, et celui des élèves des cours préparatoires à quarante-huit, dont dix élèves étrangers, non compris dans l'une et l'autre catégorie les élèves libres, ou auditeurs libres, comme on les appelle aujourd'hui.

(**) Dont un mois dans les exercices d'été après les examens.

(***) Pendant longtemps, on ne revenait pas normalement au laboratoire en troisième année.

(****) Les élèves des cours préparatoires viennent au laboratoire à la fin de l'année pendant la période d'examen des élèves des cours spéciaux (V. sur cette mesure, p. 608, note 1).

(*****) Il n'y a réellement parité que pour les élèves externes, d'ailleurs les plus nombreux, qui ont passé par les cours préparatoires. Ceux provenant de l'Ecole polytechnique ont un mois de moins de laboratoire; mais ils ont en plus de ceux-là l'enseignement plus complet et les manipulations de l'Ecole polytechnique.

Si on l'examine dans son ensemble, l'enseignement de l'École est resté fidèle au système si bien vu dès l'origine : un enseignement oral, de portée élevée, de durée relativement courte, parce qu'il est très condensé, s'occupant des principes des choses plus qu'il ne descend dans les détails que la pratique directe apprend ensuite mieux et plus vite; des exercices divers développés, caractérisés principalement d'une part par un travail prolongé au laboratoire, et d'autre part par des voyages de longue durée, le tout couronné par l'exécution de projets complets, étudiés dans le détail, comme s'ils devaient être exécutés; dans tous ces exercices les élèves relativement libres sont guidés plus que surveillés.

En provoquant la réorganisation dont nous venons d'indiquer la portée et les traits essentiels, le conseil s'est moins préoccupé de montrer que l'Ecole de Paris méritait la nouvelle appellation officielle d'*École supérieure des mines*, qu'elle a reçue en 1883 (*), que de continuer à maintenir intact le dépôt des traditions; il a voulu que, comme par le passé, l'École assurât à tous ses élèves, dans les situations différentes qu'ils peuvent être appelés à occuper, un enseignement et une préparation qui, non seulement fussent à la hauteur des progrès des sciences et de l'industrie contemporaines, mais encore leur permissent de contribuer puissamment plus tard, par eux-mêmes, à ces progrès dans toutes les branches des sciences et de l'industrie qui se rattachent à l'extraction et au traitement immédiat des substances minérales. Le Conseil de l'École et l'administration ont d'ailleurs tenu

(*) Ce changement de dénomination a fait l'objet d'une décision ministérielle du 13 février 1883, intervenue à la suite de la réorganisation faite dans l'Ecole de Saint-Etienne par le décret du 30 novembre 1882. Cette Ecole a quitté, en vertu de ce décret, son antique nom d'*Ecole des mineurs* pour prendre celui d'*Ecole des mines*.

à rester dans ces spécialités qui expliquent et justifient l'existence des écoles de mines; ils n'ont pas cédé à la tentation, en étendant par ailleurs les programmes, de paraître tout enseigner au risque de ne rien apprendre aux élèves.

ANNEXES

I

TABLEAUX CHRONOLOGIQUES.

§ 1. — Administration et direction de l'École.

(Les chiffres entre parenthèses à la suite de chaque nom indiquent les dates de la naissance et de la mort.)

DIRECTEURS		INSPECTEURS		OBSERVATIONS
Temps de service	Noms	Temps de service	Noms	
	Ecole des mines à la Monnaie.			
1783-1790	Sage (1740-1824)	»	»	»
	Ecole des mines à l'hôtel de Mouchy (1794-1802).			
»	»	»	»	L'Ecole était administrée directement par les trois membres du conseil : Gillet de Laumont, Lelièvre, Lefebvre d'Hellancourt.
	Ecole des mines du Mont-Blanc.			
1802-1814	Schreiber (1746-1827)	»	»	Il n'y avait pas à proprement parler d'inspecteur en Savoie; mais il y a eu plusieurs sous-directeurs ou ingénieurs attachés à la direction à titre plus ou moins temporaire et que pour ce motif on ne rappelle pas ici.
	Ecole des mines à Paris.			
1815	Collet-Descotils (1773-1815) directeur provisoire	»	»	Il n'y a pas eu de directeur jusqu'en 1848. L'Ecole était administrée par le Conseil dont l'inspecteur était le bras exécutif. Dufrénoy avait été adjoint comme inspecteur à Lefroy en 1834.
»	»	1816-1836	Lefroy (1771-1742)	
»	»	1836-1848	Dufrénoy (1792-1857)	
1848-1857	Dufrénoy, *d. n.*	1848-1856	Le Play (1806-1882)	
1857-1871	Combes (1801-1872)	1856-1862	De Sénarmont (1808-1862)	
1872-1884	Daubrée (1814- »)	1862-1870	Gruner (1809-1883)	
1884-1885	Lan (1826-1885)	1870-1882	Dupont (1817- »)	
1885-1887	Luuyt (1825-1887)	1882- »	Carnot (1839- »)	
1887- »	Haton de la Goupillière (1833- »)			

Le tableau qui précède diffère sur plusieurs points de celui sur le même sujet déjà donné dans les *Annales des mines* (partie administ., 1882, p. 249). Nous avons tout d'abord rectifié quelques dates matériellement erronées, complété ensuite la chronologie par les indications relatives aux années écoulées depuis 1882, mentionné enfin, à sa date, l'École des mines du Mont-Blanc; le tableau qui a été antérieurement donné n'était relatif qu'à l'École des mines à Paris.

Pour celle-ci, dans ses deux premiers états : École de Sage et École de la Convention, les deux différences essentielles à signaler sont les suivantes : Hassenfratz a été indiqué comme ayant été inspecteur à l'École de Sage, en 1785; nous nous sommes expliqué sur ce point (p. 463 de notre notice); nous n'avons trouvé aucun texte ou document établissant ce fait qui nous paraît peu vraisemblable. Pour l'École de la Convention, rien ne nous paraît autoriser à séparer Gillet de Laumont de ses deux collègues Lelièvre et Lefebvre d'Hellancourt, tout en reconnaissant qu'il est exact que Gillet de Laumont, dans le partage des attributions du conseil, paraît s'être occupé plus spécialement de l'École; nous ignorons également sur quel texte ou document on s'est fondé pour attribuer à Picot de la Peyrouse la direction provisoire de l'École de 1794 à 1795; l'attribution nous paraît également moins que vraisemblable.

§ 2. — Chronologie des cours spéciaux (*).

1° *Exploitation des mines et machines.*

(Ce cours se dédouble en 1888 dans les deux cours distincts d'*exploitation des mines* et *machines*.)

Ecole des mines à la Monnaie.

Guillot-Duhamel père. .	(1730-1816)	1783-1790

Ecole des mines de la rue de l'Université.

Guillot-Duhamel père. .	(1730-1816)	1794-1796
Baillet du Belloy.	(1765-1845)	1796-1802

Ecole des mines du Mont-Blanc.

Baillet du Belloy.	(1765-1845)	1802-1814

(*) Dans cette chronologie des professeurs qui se sont succédé dans chaque chaire, nous indiquons, pour chaque professeur : par les chiffres entre parenthèses, les dates de sa naissance et de sa mort; par les chiffres qui suivent, la période de son professorat officiel.
Les suppléances sont indiquées dans la colonne à la suite.

Ecole des mines à Paris.

Baillet du Belloy.	(1765-1845)	1814-1832	
Combes.	(1801-1872)	1832-1856	Suppléé depuis 1848 par Callon, son successeur.
Callon.	(1815-1875)	1856-1875	Suppléé depuis 1872 par M. Haton de la Goupillière, son successeur.
Haton de la Goupillière.	(1833- »)	1875-1888	

2° *Exploitation des mines.*

(Y compris la préparation mécanique.)

[Cours distinct créé en 1888 par dédoublement du cours (1°) d'*exploitation des mines et machines*.]

Ledoux.	(1837- »)	1888- »	

3° *Machines.*

[Cours distinct créé en 1888 par dédoublement du cours (1°) d'*exploitation des mines et machines*.]

Sauvage	(1850- »)	1888- »	

4° *Métallurgie.*

(Plus spécialement désigné jusqu'en 1856 sous le nom de *minéralurgie*.)

Ecole des mines à la Monnaie.

Guillot-Duhamel père. .	(1730-1816)	1783-1790	Professait en même temps l'exploitation des mines et les machines (cours 1°.)

Ecole des mines de la rue de l'Université.

Schreiber.	(1746-1827)	1794-1797	Suppléé par Miché; n'a jamais professé.
Hassenfratz.	(1755-1827)	1797-1802	

Ecole des mines du Mont-Blanc.

Hassenfratz	(1755-1827)	1802-1814	

Ecole des mines à Paris.

Hassenfratz	(1755-1827)	1814-1826	
Guenyveau.	(1782-1861)	1826-1840	
Le Play.	(1806-1882)	1840-1856	
Piot.	(1817-1858)	1856-1858	Suppléé par Rivot en même temps que celui-ci professait la docimasie.
Gruner	(1809-1883)	1858-1872	
Lan.	(1826-1885)	1872-1885	Suppléé depuis 1884 par M. Lodin, son successeur.
Lodin.	(1849- »)	1885- »	

5° *Chimie industrielle.*

(Cours créé en 1887.)

Le Chatelier	(1850- »)	1887- »	

6° *Docimasie.*

Ecole des mines à la Monnaie.

Sage.	(1740-1824)	1783-1790	C'est à titre historique seulement qu'on peut considérer comme un cours de *docimasie* celui de *chimie docimastique* professé par Sage.

Ecole des mines de la rue de l'Université.

Vauquelin	(1763-1829)	1794-1801	
Collet-Descotils	(1773-1815)	1801-1802	

Ecole des mines du Mont-Blanc.

»	»	»	Il n'y avait pas de cours spécial de docimasie; le professeur de métallurgie donnait les explications de chimie nécessaires.

Ecole des mines à Paris.

Collet-Descotils	(1773-1815)	1814-1815	
Berthier.	(1782-1861)	1816-1845	Suppléé depuis 1840 par Ebelmen, son successeur.
Ebelmen	(1814-1852)	1845-1852	
Rivot	(1820-1869)	1852-1869	Suppléé en 1868-1869 par M. Moissenet, son successeur.
Moissenet.	(1831- »)	1869-1877	Suppléé à diverses reprises depuis 1872 par M. Carnot, son successeur.
Carnot	(1839- »)	1877- »	

7° *Minéralogie et géologie.*

(Sage, à son école, professait exclusivement la minéralogie; à l'Ecole de la Convention le cours s'intitulait : Minéralogie et Géographie physique; le cours a été dédoublé en 1835 dans les deux cours distincts de *minéralogie* et de *géologie*.)

Ecole des mines à la Monnaie.

Sage	(1740-1824)	1783-1790	Sage professait en même temps la chimie docimastique (V. 6°).

Ecole des mines de la rue de l'Université.

Hassenfratz	(1755-1827)	1794-1795	Haüy professait à part la cristallographie.
Haüy	(1743-1822)	1795-1802	Pour la géographie physique (géologie), qui alternait avec la minéralogie, Haüy fut suppléé par :
			Ch. Coquebert de Monbret 1796-1797
			Dolomieu. 1797-1798
			Brongniart (Alex.). 1798-1799

Ecole des mines du Mont-Blanc.

Brochant de Villiers. . .	(1772-1840)	1802-1814	

Ecole des mines à Paris.

Brochant de Villiers. . .	(1772-1840)	1815-1835	Suppléé par Dufrénoy à partir de 1825, et à partir de 1827 par : Dufrénoy, pour la minéralogie; Elie de Beaumont, pour la géologie.

8° *Minéralogie.*

[Cours distinct créé en 1835 par le dédoublement du cours de *minéralogie et géologie* (7°).]

Dufrénoy.	(1792-1857)	1835-1847	
De Sénarmont.	(1808-1862)	1847-1862	
Daubrée	(1814- »)	1862-1872	
Mallard.	(1833- »)	1872- »	

9° *Géologie.*

[Cours distinct créé en 1835 par le dédoublement du cours de *minéralogie et géologie* (7°).]

Élie de Beaumont. . . .	(1798-1874)	1835-1874	Suppléé plus ou moins complètement par de Chancourtois : en fait, depuis 1852; officiellement, depuis 1856.
De Chancourtois.	(1820-1886)	1875-1886	M. Bertrand a suppléé de Chancourtois à partir de 1885-1886.
Bertrand	(1847- »)	1886- »	

10° *Paléontologie.*

(Des conférences de paléontologie, comme annexes au cours de géologie, ont commencé en fait en 1845; elles ont été régularisées en 1848; le cours a été créé par le décret de 1856.)

Bayle.	(1819- »)	1845-1881
Douvillé	(1846- »)	1881- »

11° *Paléontologie végétale.*

(Conférences faites comme annexes du cours de paléontologie depuis 1878 régularisées en 1887.)

Zeiller	(1847- »)	1878- »

12° *Géologie appliquée.*

(Ce cours a été créé en 1879 par transformation du cours d'*agriculture, drainage et irrigations;* il fut alors cours d'*agriculture et géologie technique;* il est devenu le cours actuel en 1887.)

Fuchs.	(1837- »)	1879-

13° *Agriculture, drainage et irrigation.*

Des leçons d'*agriculture et drainage* ont été introduites en 1853, annexées au cours de *législation et économie industrielle* (10°); le cours a été créé en 1856; il n'a eu un professeur titulaire spécial qu'en 1864; le cours a disparu par transformation, en 1879, dans le cours précédent de *géologie appliquée*.]

Delesse.	(1817-1881)	1864-1879	

14° *Chemins de fer et construction.*

(Des conférences sur les chemins de fer seuls ont été créées en 1846; le cours complet a été créé en 1848 pour se dédoubler en 1879 dans les deux cours distincts de *Chemins de fer* et de *Construction*.)

Couche.	(1815-1879)	1846-1879	Suppléé depuis 1877 par M. Résal, qui devait succéder à Couche dans le cours dédoublé de *Construction*.

15° *Chemins de fer.*

[Cours distinct créé en 1879 par le dédoublement du cours de *Chemins de fer et construction* (14°).]

Vicaire.	(1839- »)	1879- »	

16° *Construction.*

[Cours distinct créé en 1879 par le dédoublement du cours de *Chemins de fer et construction* (14°).]

Résal.	(1828- »)	1879- »	

17° *Ateliers de constructions mécaniques.*

[Leçons instituées en 1887 comme annexes du cours de construction (16°) et complétant aussi depuis 1888 le cours de machines (3°).]

Sauvage	(1850- »)	1887- »	M. Sauvage professe depuis 1888 le cours distinct de *machines*.

18° *Applications de l'électricité.*

(Conférences instituées en 1887.)

Potier.	(1840- »)	1887- »	M. Potier professe la physique aux élèves des cours préparatoire (V. § 3).

19° *Législation et économie industrielle.*

[Cours créé en 1848 et dédoublé en 1885 dans les deux cours de *Législation* et d'*Economie industrielle;* de 1853 à 1864, le professeur titulaire faisait en outre les leçons d'*Agriculture et de drainage* (13°).]

Jean Reynaud	(1806-1863)	1848-1851	Le cours n'a pas eu lieu en 1851-1852.
De Villeneuve	(1803-1874)	1852-1862	De Villeneuve a été, à diverses reprises, suppléé par M. Lamé Fleury.
Lamé Fleury.	(1823- »)	1862-1868	
Dupont.	(1817- »)	1868-1882	
Aguillon	(1842- »)	1882-1885	

20° *Législation.*

[Cours distinct créé en 1885 par dédoublement du cours de *Législation et économie industrielle* (19°).]

Aguillon	(1842- »)	1885- »	

21° *Economie industrielle.*

[Cours distinct créé en 1885 par dédoublement du cours de *Législation et économie industrielle* (19°).]

Cheysson.	(1836- »)	1885- »	

22° *Topographie et lever de plans.*

[Jusqu'en 1844 les leçons de lever de plans étaient comprises dans le cours d'*Exploi-ploitation des mines et machines* (1°); elles ont été données à part depuis; les exercices sur le terrain et dans les catacombes se faisaient avant 1844 sous la direction de l'inspecteur et se font depuis sous la direction du professeur de topographie, toujours avec le concours du chef des travaux graphiques (23°).]

Delaunay.	(1844-1872)	1844-1849	Etait en même temps chargé de la surveillance des travaux graphiques et d'un cours préparatoire.
De Chancourtois (*d. n.*).	(1820-1886)	1849-1856	Id.
Haton de la Goupillière, (*d. n.*).	(1833- »)	1857-1861	Etait en même temps chargé d'un cours préparatoire, mais non de la surveillance des travaux graphiques.
Fuchs (*d. n.*).	(1857- »)	1862-1883	Chargé en outre jusqu'en 1879 d'un cours préparatoire et à partir de 1879 d'un cours spécial (12°).
Pelletan.	(1848- »)	1884- »	

23° *Travaux graphiques.*

Ecole des mines à la Monnaie.

Miché.	(1755-1820)	1783-1790	Ingénieur des mines; faisait en même temps un cours d'architecture pratique.

École des mines de la rue de l'Université.

Cloquet.	(? - ?)	1794-1802

Ecole des mines du Mont-Blanc.

(Il n'y avait pas de chef des travaux graphiques.)

Ecole des mines à Paris.

(Jusqu'en 1832 il n'y a pas eu de chef des travaux graphiques; Lefroy, inspecteur des études, surveillait cette partie des exercices.)

Girard.	(? -1844)	1832-1844

[A la mort de Girard, il n'y eut plus de chef spécial des travaux graphiques jusqu'en 1857; la surveillance fut exercée, sous l'autorité de l'inspecteur, par l'ingénieur chargé des leçons de topographie (V. 22°), à savoir successivement : Delaunay (1844-1849), de Chancourtois (1849-1857).]

Amouroux	(? -1869)	1857-1869
Lenoir	(1834- »)	1869- »

24° *Artillerie.*

(Le cours d'Artillerie n'a été créé qu'en 1887; antérieurement, depuis 1873, les élèves de l'Ecole des mines devaient aller suivre à l'Ecole des ponts et chaussées le cours de fortifications qui s'y professait depuis cette date.)

Commandant Priou. . .	(1844- »)	1887- »

§ 3. — Chronologie des cours préparatoires.

Il a existé des cours préparatoires à l'Ecole de Sage (V. p. 461), ainsi qu'au début de l'Ecole de la Convention; nous ne rappelons ici ce précédent que pour mémoire sans vouloir y rattacher, autrement qu'au point de vue historique, la filiation des véritables cours préparatoires créés en 1844.

Depuis cette date, cinq matières ont été enseignées dans ces cours : analyse, mécanique, géométrie descriptive, physique et chimie, avec des développements variables pour chacune, et une répartition en deux, trois et enfin quatre cours. Pour tenir compte de toutes ces circonstances, nous avons cru devoir adopter un autre ordre que celui des cours spéciaux, en partageant les quarante-cinq ans en cinq périodes correspondant aux modifications principales introduites dans cet enseignement.]

1° *De* 1844 *à* 1848 ; 2 *cours.*

Analyse et mécanique, géométrie descriptive et physique. .	Delaunay (*).
Chimie générale	Rivot.

(*) Quand le nom du professeur n'est pas suivi d'une date, il a professé durant toute la période.

2° *De* 1848 *à* 1856 ; 3 *cours.*

Mécanique et physique.	Delaunay. . . .	1848-1850	
	Sentis.	1850-1853	
	Philipps.	1853-1855	Suppléé temporairement par Huyot en 1855.
	Bochet	1855-1856	
Géométrie descriptive et analyse.	De Chancourtois.		Suppléé temporairement par Bour en 1855.
Chimie générale	Rivot	1848-1852	
	Bochet	1852-1855	
	Haton de la Goupillière. . . .	1855-1856	

3° *De* 1856 *à* 1868 ; 3 *cours.*

Mécanique et analyse.	Haton de la Goupillière.		
Géométrie descriptive et physique.	De Chancourtois.	1856-1860	Suppléé par M. Mussy à partir de 1858.
	Bour	1860-1862	Suppléé par Huyot en 1862.
	Fuchs.	1862-1868	
Chimie générale . . .	Moissenet.		

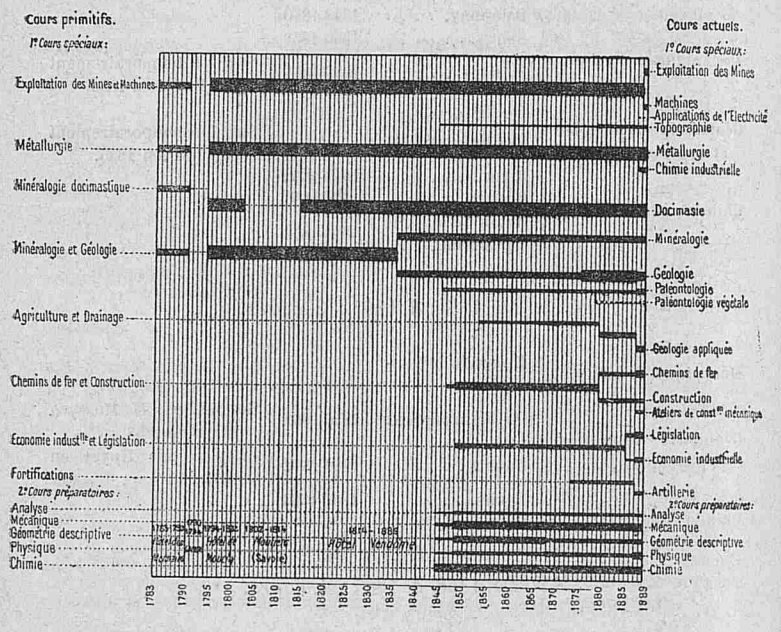
4° *De* 1868 *à* 1887 ; 4 *cours.*

Mécanique et analyse.	Haton de la Goupillière.	1868-1875	Suppléé depuis 1872 par M. Jordan.
	Moutard	1875-1887	
Géométrie descriptive.	Fuchs.	1868-1879	
	Pelletan	1879-1887	
Physique	Potier.		
Chimie générale	Carnot	1868-1877	A partir de 1871 nombreuses suppléances de M. Carnot par MM. Henry ou Rigout.
	Le Chatelier . . .	1877-1887	

5° *De* 1887 *à* . . . . ; 4 *cours.*

Mécanique	Moutard.	
Géométrie descriptive et analyse.	Pelletan.	
Physique	Potier.	
Chimie générale	Le Chatelier . . .	1887-1888
	Chesneau.	1888- »

§ 4. — Tableau des cours.



A cette chronologie des cours et professeurs nous annexons un diagramme qui la résume et représente en même temps le nombre de leçons, de 1 heure et demie en principe, attribuées suivant les époques à chaque cours ou conférence. En l'état demandé par le conseil lors de la réforme de 1887-1888, l'enseignement s'établirait par année comme l'indique l'énumération suivante, où le chiffre, accompagnant chaque matière, donne le nombre des leçons :

Année préparatoire : Mécanique (50); analyse et géométrie descriptive (15 + 30); physique (45); chimie générale (50);

Première année : Exploitation des mines et préparation mécanique (47); métallurgie (42); docimasie (38); chimie industrielle (25); minéralogie (42); paléontologie (34); paléontologie végétale (8);

La topographie (12) s'enseigne au début de la période des exercices d'été, après les examens qui terminent la première année, et avant les exercices de lever de plans sur le terrain et dans les catacombes;

Deuxième année : Métallurgie (42); docimasie (38); géologie et pétrographie (42 + 10); machines et résistance des matériaux (23 + 12); application de l'électricité (7); chemins de fer (42); économie industrielle (27);

Troisième année : Construction (25); ateliers de constructions mécaniques (17); géologie appliquée (42); législation (42); artillerie (20).

Ne sont pas compris dans cette énumération : les leçons d'allemand ou d'anglais suivies durant les trois années; ni les démonstrations pratiques données en conférences par les professeurs, ou leurs préparateurs : en géologie, minéralogie et paléontologie, pour exercer les élèves au maniement des instruments et à la détermination des échantillons; ni les exercices de photographie.

II

COLLECTIONS.

Les collections de l'Ecole des mines qui constituent le *Musée* annexé à l'École comprennent :

1° Une collection de minéralogie;
2° Une collection de paléontologie;
3° Une collection de géologie;
4° Une collection de statistique départementale;
5° Une collection de gîtes minéraux;
6° Une collection de métallurgie;
7° Une collection de modèles.

Toutes les collections sont placées sous la haute surveillance de l'inspecteur de l'Ecole, qui en est le *conservateur*. Les professeurs de paléontologie et de géologie sont, sous son autorité, respectivement *conservateurs-adjoints* des collections de paléontologie et de géologie; le professeur de géologie appliquée est conservateur-adjoint des deux collections de statistique départementale et des gîtes minéraux; la collection de minéralogie a, actuellement encore du moins, un conservateur-adjoint distinct du professeur de minéralogie.

Il y a, en outre, des préparateurs ou des attachés soit pour une seule des collections ou même une partie d'une collection (comme pour la paléontologie végétale) soit pour plusieurs.

Les deux collections qui, par leur importance absolument

exceptionnelle, nécessitent un historique un peu plus détaillé, sont les collections de minéralogie et de paléontologie. Il nous suffira de dire quelques mots sur les autres.

Collection de minéralogie.

La collection systématique de minéralogie qui se trouve exposée dans les tables-vitrines des salles du premier étage de l'ancien bâtiment fut commencée, lors de l'établissement de l'Ecole à l'hôtel de Vendôme, par Brochant de Villiers, bientôt aidé dans ce travail dès 1819 par Dufrénoy. Malgré le nombre considérable d'échantillons, quelque 100.000, déménagés successivement de la rue de l'Université (*) au Petit-Luxembourg et de là à l'hôtel Vendôme, cette collection commença très modestement. Au début, en 1816, Brochant de Villiers évaluait à 800 échantillons seulement le nombre de ceux composant la vraie collection minéralogique, la *collection orictognostique*, comme il l'appelait d'après le langage de l'époque. Il l'avait augmentée jusqu'en 1820: d'un millier d'échantillons prélevés sur l'amas chaotique des échantillons accumulés à l'Ecole après son emménagement; d'un millier acheté dans le commerce ou des ventes, notamment à la célèbre vente du cabinet Heuland, et enfin de 1.200 échantillons, choisis, pour 900 francs, dans la collection de l'inspecteur général Lefebvre d'Hellancourt. En 1820, la collection était arrivée ainsi à compter environ 4.000 échantillons (**).

En dehors de quelques autres dons ou acquisitions, la collection s'accrut principalement jusqu'en 1845 par: l'acquisition, en 1839, du cabinet de l'inspecteur général Lelièvre, payé 2.400 fr. (environ 3.500 échantillons); la part attribuée, en 1825, à l'Ecole des mines, après le décès de Sage, sur les collections réunies par lui à l'hôtel des Monnaies (V. p. 468); la collection léguée par Paillette en 1844. On peut également signaler, bien que d'importance relative moindre, les collections Juncker et Héron de Villefosse.

A cette époque, la collection systématique de minéralogie comptait, d'après Dufrénoy, 5.620 échantillons exposés dans les

(*) Nous avons donné, p. 478, les renseignements principaux sur les origines des collections de la rue de l'Université.

(**) En 1820, on conservait encore distincte et séparée la *collection minéralogique, d'après le système allemand*, envoyée classée de Freiberg, en 1802; cette collection s'est fondue depuis dans les autres.

tables-vitrines et 860 de grandes dimensions; cet ensemble était alors estimé à 80.000 francs.

En 1845 eut lieu l'acquisition, au prix de 110.000 francs, du célèbre cabinet de Drée, au sujet duquel nous ne pouvons que renvoyer à ce que nous avons dit p. 581.

Après cette acquisition capitale le fond même de la collection principale avait quasiment atteint son importance actuelle; elle ne s'est accrue que par des dons ou acquisitions d'échantillons exceptionnels par leurs dimensions et leur beauté.

Toutefois, dans ces derniers temps, à la collection principale de minéralogie sont venues se joindre deux collections bien connues et qui ont été maintenues distinctes, dont il a été fait don à l'Ecole, en 1881, par M. Adam (*) et, en 1888, par M. Delessert.

Lors de la vente des diamants de la Couronne, il a été attribué à la collection un certain nombre de pierres précieuses ayant un intérêt minéralogique plus qu'une valeur réelle comme bijoux (**).

Parmi les dons d'échantillons isolés qui méritent d'être signalés pour la beauté et la rareté des pièces, il faut signaler les séries de plombagine et de néphrite provenant des exploitations de M. Alibert, en Sibérie, et un diamant du Cap incrusté dans sa roche verte qui a été donné, grâce à l'obligeant intermédiaire de M. M. Chaper, par M. le baron Erlanger.

A la collection de minéralogie se trouvent rattachés des échantillons d'une valeur exceptionnelle à tous égards : ce sont les produits artificiels résultant des expériences classiques sur la reproduction des minéraux, notamment de celles de Ebelmen, de Sénarmont et M. Daubrée.

Collection de paléontologie (***).

Lorsqu'en 1820 Brochant de Villiers, en faisant connaître à l'administration la situation des collections de l'Ecole, formulait des propositions sur le développement qu'elles lui paraissaient

(*) La collection Adam, en petits échantillons, est remarquable par le nombre des types rares et choisis que son propriétaire avait réussi à réunir d'une façon très complète.

(**) Leur valeur peut être estimée à 20.000 francs environ.

(***) Les renseignements sur la collection de paléontologie, sauf ceux du début, sont empruntés à une notice de M. Douvillé, professeur de paléontologie et conservateur-adjoint de la collection.

devoir prendre, il signalait qu'on avait à créer en entier la *collection de coquilles et de madrépores*, nom sous lequel débuta l'importante collection d'aujourd'hui qui rivalise d'intérêt et de valeur avec la collection de minéralogie. On n'avait, en somme, à cette époque, disait Brochant de Villiers, qu'une suite de coquilles vivantes achetées à la succession Tonnelier, mort en 1818 (*) ; les fossiles se trouvaient dispersés dans les collections statistiques de la France ou dans d'autres.

Lecocq, attaché plus spécialement aux collections dans ce but, dès sa sortie de l'Ecole en 1835, paraît être le premier qui ait commencé à s'occuper de la collection de paléontologie. En 1837, on signalait qu'on avait exposé dans les salles du premier étage, à la suite et au sud de la collection de minéralogie, quelque 2.000 échantillons, dans lesquels vraisemblablement étaient comprises les coquilles vivantes de feu Tonnelier.

En 1839, Voltz, connu pour ses travaux de paléontologie, était venu accidentellement, appelé par Dufrénoy, travailler avec Lecocq. Ce travail, en somme, n'avança guère à raison du mauvais état de la santé de Lecocq qui, à partir de 1840, dut s'absenter à peu près constamment.

En réalité, on n'était pas encore sorti du chaos lorsque M. Bayle succéda à Lecocq, en 1844. Aux échantillons provenant des diverses collections non classées ou non utilisées, appartenant à l'Ecole (**) sont venues s'ajouter successivement :

1° La collection *de Koninck*, comprenant les types figurés par de Koninck dans son premier ouvrage sur le calcaire carbonifère de Belgique, donnée, en 1846, dans des conditions relatées à la page 151 ;

2° La collection *Puzos*, riche surtout en céphalopodes et renfermant un grand nombre de types étudiés et figurés par d'Orbigny, donnée en 1848 ;

3° Une belle série d'ossements fossiles de Saint-Prest donnée par M. *de Boisvillette*, en 1854 ;

(*) Tonnelier avait été conservateur au cabinet de Sage avant d'être employé en cette qualité par l'agence des mines. Au début de l'Ecole de la Convention, il a en outre professé accidentellement un cours préparatoire de mathématiques et même par suppléance la minéralogie. Après le départ pour Pesey, il est resté garde des collections de l'Administration des mines à la rue de l'Université et a continué ses fonctions à l'hôtel Vendôme jusqu'à sa mort.

Il a publié divers travaux de minéralogie dans le *Journal des mines*.

(**) V. p. 582, note (**), l'état de la collection ancienne, d'après Dufrénoy, en 1845.

4° La collection d'échinides de *Michelin* ;

5° La collection *Deshayes*, achetée pour 100.000 francs en 1867, comprenant, en outre des types figurés dans les monographies du terrain tertiaire parisien et de ceux décrits par Deshayes dans l'encyclopédie méthodique, une collection générale des fossiles de tous les terrains et une très belle collection de coquilles vivantes ;

6° La collection *Dupin*, acquise en 1864, comprenant les fossiles du gault et du néocomien des environs de Saint-Florentin, dont un grand nombre d'échantillons ont été figurés par d'Orbigny dans la paléontologie française ;

7° La belle collection des fossiles de Grignon, recueillie par *M. Caillat*, achetée en 1864 ;

8° Une collection du silurien de Bohême achetée à *Barrande*, et comprenant les crustacés, les céphalopodes, les brachiopodes, les gastropodes et les lamellibranches, collection qui sera prochainement complétée par l'adjonction des crinoïdes ;

9° La collection *Terquem*, achetée en 1872, presque entièrement composée de fossiles du terrain urassique de la Lorraine et comprenant tous les types figurés par Terquem dans ses différents mémoires, ainsi qu'une magnifique série de foraminifères.

10° En 1873, *M. de Verneuil* a légué à l'Ecole des mines la magnifique collection qu'il avait réunie dans ses nombreux voyages géologiques (*) : elle comprend une collection générale des fossiles de l'Espagne, recueillie à l'appui de la carte géologique de ce pays, et les collections des fossiles paléozoïques de la Russie, de la France, de l'Angleterre, de la Belgique, de l'Amérique, etc.

11° En 1882 a été achetée, pour 3.000 francs, une partie de la collection *Étallon*, comprenant principalement des fossiles des terrains jurassique et crétacé du Jura et en particulier des couches coralligènes de Valfin ;

12° En 1885, *M. Ernest Javal* a fait don à l'Ecole des mines de la belle collection de mammifères fossiles qu'il avait recueillie dans les phosphorites du Quercy.

13° Enfin, en 1887, *Fontanes* a légué une partie de sa collection comprenant les nombreux fossiles recueillis par lui dans le bassin du Rhône, parmi lesquels il faut signaler particulière-

(*) V. Barrande, notice sur la collection de Verneuil, *Annales des mines*, 7e série, t. IV, p. 273.

ment les fossiles tertiaires et une belle série du terrain jurassique de Crussol.

A ces acquisitions principales, il faut ajouter un grand nombre de dons particuliers, d'une importance variable, dus à la générosité des visiteurs et des savants qui viennent travailler dans les collections.

Par le nombre et le choix des échantillons, par leur arrangement méthodique et par les commodités qu'elle offre à l'étude, cette collection, qui occupe aujourd'hui tout le second étage de l'ancien bâtiment sur une superficie de 950 mètres carrés, doit être placée au premier rang des collections similaires.

On peut estimer à 260.000 francs les dépenses d'acquisition de collections faites par l'Etat et à 300.000 francs au moins la valeur marchande des legs. En tant que collection, cette valeur s'augmente hors de toute appréciation parce qu'elle contient des échantillons uniques, des préparations de fossiles d'une beauté exceptionnelle dues à la science consommée et à l'habileté de M. Bayle, et au nombre considérable de types décrits et figurés dans les ouvrages originaux.

Paléontologie végétale. — Depuis que M. Zeiller a été attaché, il y a quelque douze ans, à la collection de paléontologie pour s'y occuper spécialement de la paléontologie végétale, les collections y relatives se sont développées et ont été plus exactement déterminées, plus méthodiquement classées et mieux disposées pour l'étude.

En 1847-1850, l'Ecole avait reçu une partie de la collection Græser, acquise dans les conditions relatées p. 583; elle a constitué le premier noyau de la série paléophytologique. Celle-ci s'est surtout enrichie, et notamment dans ces dernières années, par des dons habituellement dus à la générosité des exploitants, qui ont répondu avec empressement aux demandes qui leur ont été faites à ce sujet; nous citerons en particulier une magnifique série d'empreintes des mines de la Grand'Combe, donnée par la compagnie concessionnaire de ces mines, et des envois considérables provenant des principales exploitations du bassin de Valenciennes.

M. l'inspecteur général du Souich a fait don à l'Ecole de la collection recueillie par lui dans ce dernier bassin; M. Grand' Eury a envoyé la série des formes végétales du bassin houiller de Saint-Étienne; M. Fayol, les spécimens les plus complets de la flore houillère de Commentry; M. Nathorst, une suite d'empreintes

rhétiennes de Scanie; enfin, M. Lacoe, de Pittston, une remarquable collection de végétaux houillers de Pennsylvanie.

Collection de géologie.

Cette collection, placée dans l'aile sud des salles du premier étage du vieux bâtiment, comprend une double collection systématique pour l'étude :

1° De roches encore classées dans le système adopté par de Chancourtois;

2° De séries méthodiques servant à établir la composition et les caractères des divers étages sédimentaires dans les pays qui leur servent de types.

Collection de statistique départementale.

Cette collection, qui occupe toutes les armoires vitrées autour de la collection de minéralogie, remonte à l'origine même de l'institution de l'École, comme on l'a répété bien des fois (V. notamment pp. 478 et 582). Elle a été, nous l'avons dit, définitivement classée par de Chancourtois, aidé de Guyerdet; de Chancourtois s'en est tout particulièrement occupé de 1853 à 1864, après avoir élagué tous les échantillons dépourvus d'intérêt qui encombraient l'Ecole.

On peut rattacher à cette collection la belle suite de marbres et pierres polies du vicomte Héricart de Thury, acquise par l'État en 1854.

Collection des gîtes minéraux.

Cette collection se lie naturellement au cours de géologie appliquée. L'idée première en remonte à Le Play, qui entendait faire rentrer cette collection dans son musée de minéralurgie dont elle devait être un des éléments (V. p. 584). De Chancourtois reprit l'idée en se plaçant plutôt sur le terrain de la géologie pure que sur celui de la statistique ou de l'utilisation industrielle; la collection devait servir à éclairer les questions de géogénie des gîtes minéraux. M. E. Fuchs, professeur de géologie appliquée et conservateur-adjoint de la collection, s'est particulièrement occupé de la développer et de la compléter aussi largement que possible.

On cherche dans cette collection à réunir les éléments faisant connaître méthodiquement les gîtes minéraux de tous les pays, les plus intéressants et les plus importants au point de vue technique ou géologique.

Collection de métallurgie.

Nous avons dit, page 583, le développement donné par Le Play, à cette collection qui n'existait guère avant lui, au point de vue tout au moins du classement et de la méthode. Depuis, elle ne s'est guère augmentée en dehors de quelques échantillons nouveaux dont le professeur de métallurgie peut avoir besoin pour son cours, et elle est quasiment abandonnée. Il n'en pouvait guère être autrement, on l'a dit.

Collection de modèles.

Dès l'École de Sage, Duhamel (V. p. 461) avait pris le soin de faire construire, pour l'usage de son cours, des modèles, à échelle réduite, des principaux appareils employés de son temps dans les mines et la métallurgie.

Le Play (V. p. 584) en avait également fait établir pour compléter sa collection de minéralurgie.

Depuis, à la suite de toutes les expositions universelles, il a été fait don à l'École d'un grand nombre des modèles, à échelle réduite, relatifs aux mines et à la métallurgie, qui avaient fait bonne figure dans ces tournois industriels : représentation ou relief de couches ou filons, de leur système d'exploitation, de puits, d'appareils divers de mines et d'usines, bocards, fourneaux, etc.

Aux modèles et appareils de mines et de métallurgie sont venus s'ajouter, en beaucoup moins grand nombre, ceux relatifs aux chemins de fer.

III

BUREAU D'ESSAIS.

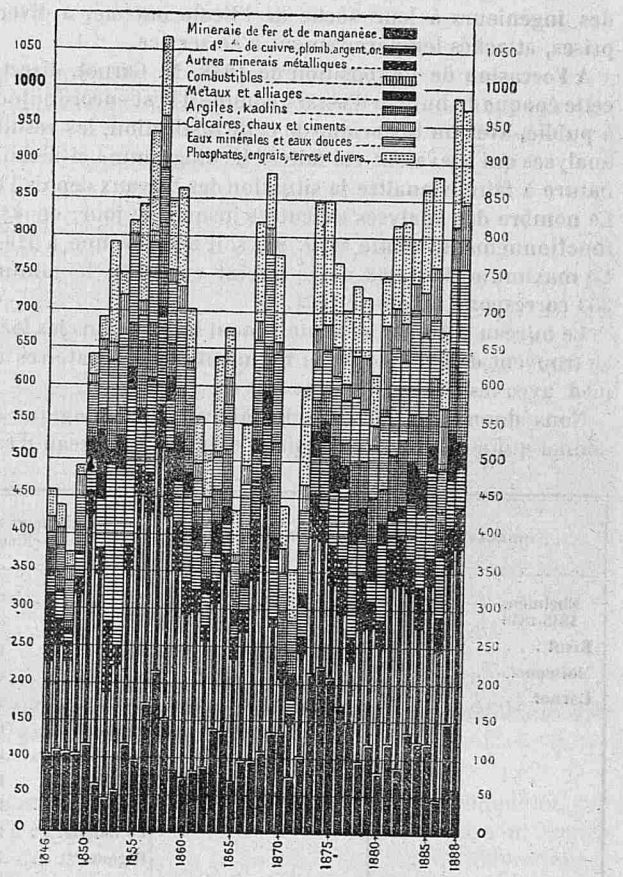
Nous avons signalé, page 596, la création en 1845 du bureau d'essais qui, depuis cette époque, constitue une institution annexe de l'École, tout comme le Musée comprenant l'ensemble des collections qu'on vient de rappeler.

Le bureau d'essais est dirigé, sous l'autorité de l'administration de l'École, par le professeur de docimasie (*) ; de 1856 à

(*) Lorsqu'en 1845 le bureau fut créé, Ebelmen était administrateur-adjoint de Sèvres ; en raison de cette situation qui ne lui permettait pas de suivre d'une façon assez continue le fonctionnement du laboratoire, Rivot en eut, dès la création, la direction effective, Ebelmen ne gardant que la direction nominale. En 1848, Ebelmen étant devenu administrateur de Sèvres, Rivot prit la direction officielle du bureau d'essais, bien que n'étant encore chargé que du cours de chimie des cours préparatoires.

(*) En 1888, M. Le Chatelier a quitté le cours de chimie générale des cours préparatoires pour ne garder que le cours de chimie industrielle des cours spéciaux ; il reste néanmoins en cette qualité directeur-adjoint du bureau d'essais.

1888 (*), le professeur de chimie générale aux cours préparatoires a été directeur-adjoint du bureau. Des chimistes ou aides-chimistes,



au nombre de un, deux ou trois, suivant les époques, concourent à l'exécution des analyses sur les indications du directeur et du directeur-adjoint. Des élèves-ingénieurs hors de concours ou des ingénieurs à leur sortie de l'École ont été, à diverses reprises, attachés temporairement à ce service.

A l'occasion de l'Exposition de 1878, M. Carnot, directeur dès cette époque du bureau d'essais, comme il l'est encore aujourd'hui, a publié, avec un historique de cette institution, les résultats des analyses qui y avaient été faites. Le diagramme ci-dessus est de nature à faire connaître la situation des travaux depuis l'origine. Le nombre des analyses exécutées jusqu'à ce jour, en 43 ans de fonctionnement, monte à 30.792, soit en moyenne à 716 par an. Le maximum de 1.068 a été atteint en 1857; le minimum de 353 correspond à l'année 1871.

Le bureau d'essais est actuellement installé dans les locaux qui se trouvent dans le nouveau bâtiment des laboratoires de plain pied avec les laboratoires des élèves.

Nous donnons ci-dessous le tableau chronologique du personnel qui a été attaché depuis sa création au bureau d'essais :

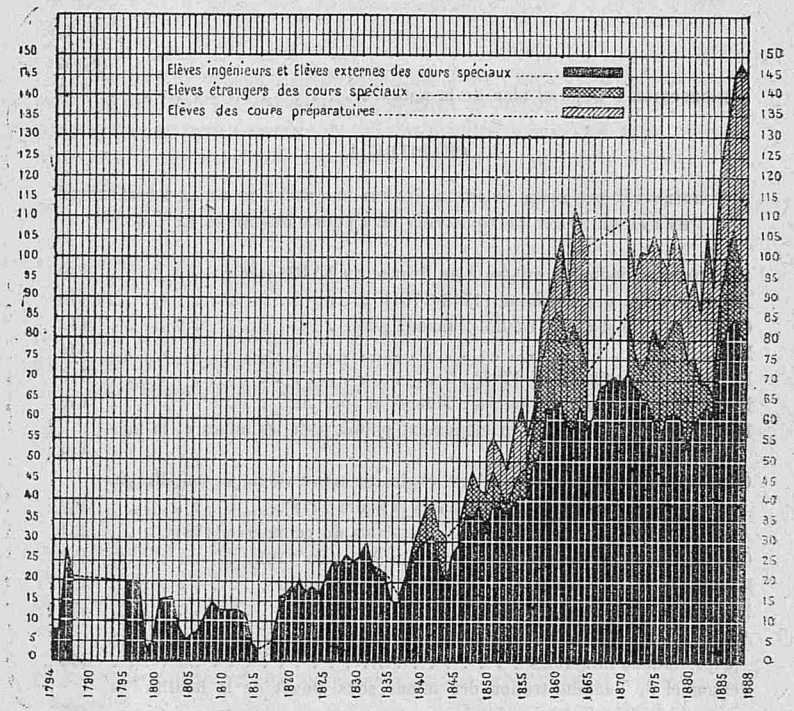
DIRECTEURS		DIRECTEURS-ADJOINTS		CHIMISTES et aides-chimistes	
Ebelmen, 1845-1848	Rivot, 1845-1848	(*).	1845-1848	Pierre. . . .	1846
Rivot	1848-1869	Beudant. . .	1852-1855	Chavrel. . . .	1847
Moissenet. . .	1869-1877	Moissenet . .	1856-1869	Daguin	1848-1862
Carnot	1877- »	Carnot. . . .	1869-1877	Bouquet. . . .	1852-1853
		Le Chatelier.	1877- »	Gorjeu.	1854-1855
				Droz.	1854-1855
				Demanet . . .	1856-1859
				Delvaux. . . .	1856-1872
				Rioult.	1856- »
				Le Baigue. . .	1859
				Rigout (**). . .	1860-1864
				Brunet.	1864-1887
				Dirvell.	1887- »

(*) Il n'y a pas eu de directeur-adjoint pendant la période de 1845-1848 où Rivot faisait fonctions de directeur.

(**) M. Rigout a quitté le service d'analyses au bureau d'essais pour s'occuper exclusivement du service des laboratoires des élèves.

IV

EFFECTIF DES ÉLÈVES.



Le diagramme ci-dessus a été dressé en vue de compléter, par une vue d'ensemble, le mouvement des élèves qui se sont formés à l'École des mines depuis sa création en 1783. Ce diagramme a été dressé d'après le nombre des élèves qui ont subi chaque année les examens de passage ou de sortie; il ne tient donc pas compte de ceux qui ont pu quitter l'École en cours d'année pour une cause quelconque. Il ne comprend pas les *élèves autorisés* de la Restauration qui furent presque aussi nombreux que les *élèves externes* et dont plusieurs, jouissant des mêmes privilèges, pourraient leur être, à tous égards, assimilés.

TABLE DES MATIERES.

Pages

INTRODUCTION : Objet et plan de la notice 433

CHAPITRE I.

ADMINISTRATION DES MINES ET ENSEIGNEMENT DES MINES ET DE LA MÉTALLURGIE EN FRANCE AVANT LA FONDATION DE L'ÉCOLE DES MINES EN 1783.

Situation de l'industrie minérale en France au XVIIIe siècle 439
Administration des Trudaine (1743-1764). 440
Gabriel Jars le jeune et Guillot-Duhamel père. 442
Monnet 444
Ministère de Bertin (1764-1781) 446
Premiers inspecteurs des mines : Monnet et Jourdan 446
Premières tentatives d'un enseignement public pour les mines et la métallurgie 448
Création en faveur de Sage d'une chaire de minéralogie et métallurgie docimastique à l'hôtel des Monnaies (11 juin 1778). 449
Administration des mines sous les intendants du commerce (1781). . . . 451
Création de quatre inspecteurs des mines (21 mars 1781). 452
Monnet, Guillot-Duhamel, G. Jars l'aîné, de Bellejean 452
Intendance spéciale des mines, Douet de la Boullaye 453
Arrêts du 19 mars 1783 sur l'École des mines et la réglementation des exploitations minérales 454
Personnel de l'administration des mines sous Douet de la Boullaye et jusqu'à la Révolution 455

CHAPITRE II.

L'ÉCOLE DES MINES A LA MONNAIE.
(1783 — 1790.)

Arrêt du 19 mars 1783 portant création de l'École 458
Sage et Guillot-Duhamel le père ; installation, organisation, enseignement et fonctionnement de l'École. 460
Suspension de l'École en 1790 ; projets de Lebrun 465
Le Musée des mines de la Monnaie après la Révolution jusqu'à la mort de Sage (1824). 468
Appréciation sur l'École de Sage 469

CHAPITRE III.

L'ÉCOLE DES MINES A L'HÔTEL DE MOUCHY.
(1794 — 1802.)

Pages

Les mines sous la commission des armes et poudres. 471
Hassenfratz. 471
L'agence des mines (1er juillet 1794) 473
Lelièvre, Gillet de Laumont, Lefebvre d'Hellancourt 474
Réorganisation de l'École et du corps des mines (6 juillet 1794). 476
Mise en train du fonctionnement de l'École ; première année 1794-1795 . 482
Création et transformations successives de l'École polytechnique à ses débuts 484
Son organisation par la loi du 30 vendémiaire an IV (22 octobre 1795) ; l'École pratique de ladite loi ; ses élèves externes. 487
Fonctionnement de l'École de Paris de l'an IV (1795) à l'an X (1802) : Vauquelin, Haüy, Baillet du Belloy, Dolomieu, Brongniart, Hassenfratz 489
Importance prise par l'École et son enseignement. 494
Dispersion de l'École de Paris (12 février 1802) 499
L'administration des mines seule reste à l'hôtel de Mouchy (1802-1814) . 500

CHAPITRE IV.

RECHERCHES POUR LA CRÉATION D'ÉCOLES PRATIQUES.
(1795 — 1802.)

Premières idées du conseil des mines sur les écoles pratiques. 501
Choix de Sainte-Marie-aux-Mines (1796). 503
Désignation de Giromagny à la place de Sainte-Marie-aux-Mines (1796) . 504
Demande du conseil pour créer un arrondissement minéralogique autour de l'école pratique projetée à Giromagny 505
Propositions pour la création de plusieurs autres arrondissements analogues 507
Abandon de Giromagny (1800) 509
Nouveau plan d'écoles pratiques présenté par le conseil (1801) 510
Arrêté du 12 février 1802 sur les écoles de Pesey et de Geislautern . . . 512
Tentatives ultérieures pour la création d'écoles pratiques (1837 et 1847). 514
École pratique de Geislautern (1802-1815) 515

CHAPITRE V.

L'ÉCOLE DES MINES DU MONT-BLANC.
(1802-1814.)

La mine de Pesey 519
Son exploitation sous la direction de Schreiber. 521
Organisation de l'École 523

Pages

Elle est placée à Moutiers 524
Arrondissement minéralogique créé autour de l'École (1804) 524
La mine de Mâcot; la fonderie centrale de Conflans 526
Fonctionnement de l'École; les professeurs Baillet du Belloy, Hassenfratz, Brochant de Villiers 528
Cours théoriques; exercices pratiques; la vie à Moutiers 530
Réorganisation de l'administration des mines en 1810 535
Dispersion de l'École de Moutiers en 1814 537
Les institutions de la Tarentaise sous le gouvernement sarde (1814-1853). 538
L'École des mines sarde (1822-1846) 539
Fin des institutions de la Tarentaise 540

CHAPITRE VI.

L'ÉCOLE DES MINES A PARIS DEPUIS 1814.

§ 1.

L'École jusqu'à son installation à l'hôtel Vendôme.

L'administration des mines et l'École quittent l'hôtel de Mouchy (1814) . 542
Transfert de l'administration des mines et de l'École au Petit-Luxembourg (1814-1815) 543
Installation de l'École à l'hôtel Vendôme (1815) 543

§ 2.

Les bâtiments de l'hôtel Vendôme et leurs transformations successives.

Origine de l'hôtel Vendôme 545
Installation matérielle de l'École en 1815 548
Nouveaux aménagements de 1819-1820 et de 1822 550
Acquisition de l'hôtel par la loi du 12 juillet 1837 552
Travaux de transformation et d'agrandissement (1840-1852) 552
Nouvelle modification par suite du percement du boulevard Saint-Michel (1861-1866) 554

§ 3.

L'École des mines sous le gouvernement de la Restauration.

Ordonnance constitutive du 5 décembre 1816 et arrêtés ministériels des 6 décembre 1816 et 3 juin 1817 556
Première organisation 558
Cours et professeurs du début 558
Collections et carte géologique de la France 560
Premières dispositions sur les élèves externes et les élèves autorisés . . . 562
Effectif et mouvement des élèves 565
Premiers élèves étrangers 566
Personnel de l'administration et du professorat : le conseil; Lefroy, inspecteur; Guenyveau remplace Hassenfratz 567

Pages

Les premières traditions et le premier système d'enseignement et de fonctionnement 568
Enseignement théorique par les cours oraux 569
Exercices pratiques à l'École et au dehors 570
Durée de la scolarité 574
Conditions spéciales à l'enseignement des élèves externes 575

§ 4.

L'École des mines sous le gouvernement de Juillet et jusqu'à la réforme de 1848-1849.

Disparition du premier conseil (1832) 577
Nouveau conseil; budgets successifs de l'École 578
Dufrénoy, inspecteur-adjoint, puis inspecteur (1834-1836) 579
Augmentation de l'effectif des élèves 580
Accroissement et développement des collections 581
Modifications dans le professorat : Combes succède à Baillet (1832) . . . 585
Séparation en deux du cours de minéralogie et géologie (1835); Dufrénoy et Élie de Beaumont 587
Conférences de paléontologie (1845); M. Bayle 587
Ebelmen remplace Berthier et lui succède (1840-1845) 588
Leplay remplace Guenyveau (1840) 588
Scolarité portée normalement à trois ans 589
Création des projets de concours (1841) 590
Création des cours préparatoires (1844); Delaunay et Rivot 591
Modifications dans le système des examens (1841) 595
Création du bureau d'essais (1845) 596
Conférences sur les chemins de fer (1846) et création du cours de construction et exploitation des chemins de fer (1848) 597
Leçons de paléontologie (1848) 599
Projet d'un cours de législation (1848) 600
La Révolution de 1848 602
Voyages d'étude des professeurs 603

§ 5.

L'École depuis la réforme de 1848-1849 *jusqu'au décret de* 1856.

Commission spéciale de 1848 604
Arrêté du 17 avril 1849; ensemble du système adopté 604
Cours d'économie et de législation des mines (1848); Jean Reynaud . . . 606
Augmentation et modifications de l'institution des cours préparatoires (1848) 606
Revision des programmes d'enseignement et du fonctionnement de l'École : vues respectives de la commission spéciale et du conseil de l'École 610
Le conseil de l'École devient *Conseil central des Écoles des mines* . . . 613
Dufrénoy, directeur de l'École (20 juillet 1848) 613

Pages

Le Play, inspecteur des études (20 juillet 1848). 613
Modifications dans le personnel enseignant : Callon, Rivot, de Villeneuve. 615
Fonctionnement de l'École après l'arrêté de 1849 ; Arrêtés des 31 janvier 1853 et 24 avril 1854 616
Leçons d'agriculture et drainage (1853). 617

§ 6.

L'École depuis le décret de 1856 *jusqu'à la fin de l'Empire.*

Économie du décret du 15 septembre 1856. 618
Objet de l'École ; élèves ingénieurs et élèves externes. 618
Services rattachés : musée, bureau d'essais. 620
Cours oraux et exercices pratiques à l'École et au dehors 621
Conférences 622
Administration de l'École : directeur, inspecteur, conseils 622
Cours et professeurs ; Delesse 625
Combes, directeur à la place de Dufrénoy ; de Sénarmont, inspecteur à la place de Le Play 626
Modifications dans le recrutement des élèves externes, régime de 1861 . 629
Question de la rétribution scolaire à leur imposer. 632

§ 7.

L'École depuis les événements de 1870-1871.

Mesures pour la préservation des collections 633
Effets du bombardement. 635
Ambulance militaire établie à l'École 636
Construction d'une poudrière au Luxembourg 637
Services militaires des élèves pendant la guerre : tués, blessés et décorés. 639
Reprise des cours après l'armistice 640
Suspension des cours à la suite des événements du 18 mars 1871 . . . 641
Les travaux de la Commune à l'École 641
Reprise des cours après l'insurrection 643
Nouveaux professeurs : Mallard, Lan, Haton de la Goupillière 644
Modifications dans le recrutement des externes ; régime de 1883 645
Cours de fortifications (1873) 647
Transformation du cours d'agriculture (1879) 647
Dédoublement du cours de construction et chemins de fer (1879). 647
Dédoublement du cours de législation et économie industrielle (1885) . . 648
Refonte générale des cours et des programmes : cours de chimie industrielle ; leçons sur les ateliers de constructions mécaniques ; cours de géologie appliquée ; conférences de paléontologie végétale (1885-1888) . 648
Cours d'artillerie. 652
Dédoublement du cours d'exploitation des mines et machines (1888). . . 654
Effectif actuel des élèves 655

ANNEXES.

Pages

I. *Tableaux chronologiques :*

§ 1. — Administration et direction de l'École. 659
§ 2. — Chronologie des cours spéciaux. 660
§ 3. — Chronologie des cours préparatoires 666
§ 4. — Tableau des cours. 668

II. *Collections :*

Minéralogie. 670
Paléontologie 671
Géologie 675
Statistique départementale 675
Gîtes minéraux 676
Métallurgie 676
Modèles. 676

III. — *Bureau d'essais* 676

IV. — *Effectif des élèves* 679

Table des matières. 680
Index alphabétique des ingénieurs, inspecteurs, et professeurs, décédés, sur lesquels ont été donnés des renseignements biographiques. 685

INDEX ALPHABÉTIQUE

DES INGÉNIEURS, INSPECTEURS, ET PROFESSEURS, DÉCÉDÉS, SUR LESQUELS ONT ÉTÉ DONNÉS DES RENSEIGNEMENTS BIOGRAPHIQUES.

(Les chiffres entre parenthèses renvoient à la page où se trouvent en note les renseignements.)

D'Aubuisson de Voisins (500) ;

Baillet du Belloy (490), Beaunier (517), Beaussier (532), Berthier (545), Brédif (532), Brochant de Villiers (480) ;

Callon (615), de Chancourtois (628), Collet-Descotils (494), Combes (585), Coquebert de Monbret (491), Cordier (578), Couche (598) ;

Delaunay (592), Delesse (625), de Diétrich (456), Dolomieu (491), Guillot-Duhamel père (443), Guillot-Duhamel fils (517), Dufrénoy (561) ;

Ebelmen (588), Élie de Beaumont (561) ;

Faujas de Saint-Fond (456);

Gillet de Laumont (474), Gruner (627), Guenyveau (567);

Hassenfratz (471), Haüy (495), Hérault (533);

G. Jars l'aîné (452), G. Jars le jeune (442);

Lan (644), Lefebvre d'Hellancourt (474), Lefroy (493), Lelièvre (474), Le Play (575 et 588);

Miché (462), Monnet (434 et 444);

Piot (628);

Jean Reynaud (600), Rivot (593), de Rosenberg (538);

Sage (449), Schreiber (483), de Sénarmont (600);

Tonnelier (672);

Vauquelin (482), de Villeneuve (616).

BULLETIN

LÉGISLATION ÉTRANGÈRE.

POLOGNE RUSSE.

Lois des 16-28 *juin* 1870 *et* 24 *décembre* 1888-5 *janvier* 1889 *sur le régime de l'exploitation des mines.*

Un oukase du 24 décembre 1888-5 janvier 1889 (*) vient d'apporter, en faveur des exploitants de mines de la Pologne russe, des restrictions aux rigueurs de l'oukase du 2-14 mars 1887 concernant la possession et la propriété des immeubles dans les gouvernements occidentaux de l'Empire. Pour se rendre compte de la portée de la nouvelle législation, il est utile de rappeler les principes essentiels de la loi des 16-28 juin 1870 (**), qui fixe, d'après les règles suivantes, le régime actuel de l'exploitation des mines dans la Pologne russe.

Les recherches de mines peuvent être faites librement par le propriétaire du sol ou de son consentement (art. 2 et 5). A défaut de ce consentement, des recherches peuvent être faites au moyen d'une autorisation administrative, donnée pour deux ans, dans un périmètre de 200 hectares au plus, mais seulement pour la houille (y compris l'anthracite et le lignite), la calamine et les minerais de plomb (art. 2 à 8); le tout moyennant une indemnité de l'explorateur au propriétaire du sol pour réparation de dommages, qui doit être payée ou consignée au préalable (art. 9 et 10). L'explorateur qui avise l'administration des résultats de ses recherches se crée un droit à l'obtention de la concession (art. 11).

Les substances minérales qui exigent pour leur extraction des

(*) Une traduction de cet oukase, émanée de l'ambassade de France à Saint-Pétersbourg, a été communiquée par le ministère des affaires étrangères.

(**) Nous résumons cette loi d'après sa traduction allemande publiée (t. XII, p. 8) dans la *Zeitschrift für Bergrecht* du Dr Brassert; on peut avoir, on le sait, toute confiance dans des traductions émanées d'une pareille source.

travaux réguliers et des installations industrielles ne peuvent être exploitées que par des concessions octroyées par l'administration (art. 12). Ces concessions peuvent être accordées au propriétaire du sol ou à son cessionnaire (art. 14); à défaut du consentement du propriétaire du sol, les concessions ne peuvent être accordées à des tiers que pour la houille (y compris l'anthracite et le lignite), la calamine et les minerais de plomb (art. 15), lorsque l'autorité minière a déclaré la concession nécessaire à l'extraction desdites substances (art. 13, § 4) dans les mêmes formes et suivant les mêmes principes que pour l'expropriation pour cause d'utilité publique (art. 17 et 18). Les concessions de toute origine peuvent avoir au plus 200 hectares, compris autant que possible dans un périmètre régulier, limité par des lignes droites, la longueur étant au plus le 1/8 de la largeur (art. 20 et 21).

L'acte de concession, qui ne confère le droit d'exploiter que la substance désignée dans le titre ou les substances connexes (art. 24), crée une propriété immobilière nouvelle, distincte de la propriété de la surface, inscrite en conséquence dans les registres fonciers : à la charge de la propriété dont elle est détachée, d'une part, et comme immeuble nouveau d'autre part (art. 23) (*).

Le concessionnaire ou l'exploitant doit au propriétaire superficiaire une indemnité pour l'exploitation du tréfonds, à payer en une fois en capital ou par rente annuelle; cette indemnité, déterminée dans l'acte de concession, est fixée de gré à gré entre les intéressés ou, à défaut d'entente, comme en matière d'expropriation pour cause d'utilité publique (art. 23 et 18). L'indemnité à fixer d'office consiste dans une redevance tréfoncière sur le produit brut de 1 p. 100 au plus pour la houille et la calamine, et de 1/2 p. 100 au plus sur toutes les autres substances, à payer en nature ou en argent, au choix du propriétaire superficiaire; l'indemnité annuelle totale doit être partagée entre tous les propriétaires dont les terrains sont compris dans le périmètre (art. 31).

L'exploitant doit commencer ses travaux dans l'année de la concession et avoir extrait à la fin de l'année au moins 240 mètres

(*) Il existe, on le sait, dans beaucoup de pays autrichiens et allemands, des règles analogues qui conduisent à la séparation, par suite d'un acte de simple volonté du propriétaire superficiaire, d'une partie du tréfonds, laquelle devient désormais une propriété nouvelle, distincte, tout comme si elle était instituée par acte administratif.

cubes de substances utiles ou de roches encaissantes; les travaux ne peuvent ultérieurement rester suspendus plus de six mois sans un avis justificatif du chômage donné à l'administration; le tout à peine de déchéance du droit de l'exploitant; dans ce cas, le propriétaire superficiaire ou les créanciers hypothécaires peuvent faire vendre publiquement le droit de tréfonds (art. 25 et 26).

L'exploitant a le droit d'occuper à la surface, dans l'intérieur du périmètre de la mine, les terrains nécessaires à l'exploitation et à ses dépendances, et même, en cas de nécessité absolue, les terrains bâtis (art. 29, § 5) sous le contrôle et la décision de l'administration en cas de désaccord entre les intéressés (art. 27). A défaut d'entente entre les intéressés, l'indemnité pour occupation est réglée, par voie administrative, sur le pied de deux fois le revenu net des terrains occupés; si l'occupation dure plus de trois ans ou si les terrains ne sont plus propres à la culture, le propriétaire superficiaire peut exiger l'acquisition des terrains à leur valeur; les bâtiments, en cas d'occupation de terrains bâtis, se paient à part à leur valeur (art. 28 à 30). Le propriétaire dépossédé conserve son droit à toucher la redevance tréfoncière précitée; toutefois, en cas d'achat de terrains requis par le propriétaire superficiaire, l'exploitant peut racheter la redevance tréfoncière correspondante moyennant une somme égale au prix payé pour ces terrains (art. 30, § 3).

Le propriétaire superficiaire qui veut bâtir à l'intérieur du périmètre doit donner avis à l'exploitant à peine de perdre éventuellement son droit à indemnité pour la valeur des bâtiments qui pourraient être ultérieurement acquis; l'exploitant, sur cet avis, peut acheter les terrains à bâtir (art. 32).

L'exploitant peut établir, hors du périmètre de sa mine, une galerie d'épuisement (art. 35).

L'exploitant peut établir sur les mines voisines des travaux de secours pour l'aérage, l'épuisement et l'exploitation, et même mettre ses travaux en communication avec ceux de ces mines, pourvu qu'il n'y ait pas par là de danger pour elles, le tout moyennant une indemnité appropriée et réparation des préjudices (art. 33 à 35).

Cette législation de 1870 repose essentiellement, on le voit, sur l'idée que la mine n'est qu'une dépendance de la propriété superficiaire, qui ne peut en être détachée, pour constituer une propriété nouvelle, que moyennant une indemnité de dépossession appropriée pour le propriétaire originaire. Cette conception s'accordait tant avec le droit russe qu'avec le droit créé dans la

Pologne russe à la suite de l'introduction de notre Code civil en 1808.

Tels étaient les principes de la législation minière lorsque fut rendu l'oukase des 2-14 mars 1887 qui interdit aux étrangers, dans la Pologne russe, l'acquisition sous quelque forme que ce soit des droits de propriété, d'usufruit ou de possession temporaire sur les immeubles.

Par dérogation à ces dispositions, le nouvel oukase du 24 décembre 1888-5 janvier 1889 décide que :

1° Les propriétaires des mines régulièrement instituées antérieurement à l'oukase de 1887 continueront à jouir des droits d'occupation et d'acquisition de terrains résultant pour eux de la loi sur les mines des 16-28 juin 1870;

2° Que les explorateurs qui s'étaient créé des droits à obtenir la propriété des mines, sans que celles-ci eussent été encore régulièrement concédées, pourront céder ces droits à des Russes.

L. A.

RÉPUBLIQUE DU TRANSVAAL.

Loi du 15 *février* 1888 *sur l'exploitation des mines et le commerce des pierres et des métaux précieux.*

Dès que l'attention publique a été appelée sur les gîtes aurifères du Transvaal, le gouvernement de Prétoria s'est préoccupé de fixer le régime légal de leur exploitation. Une première loi spéciale fut rendue le 30 juillet 1885; elle fut modifiée en 1886; cette première législation vient d'être remplacée par la loi du 15 février 1888 (*) dont nous nous proposons d'exposer ici l'économie générale.

La loi ne s'applique exclusivement qu'aux pierres précieuses et métaux précieux, et point à toutes autres substances minérales. Par pierres et métaux précieux, il faut entendre, d'après l'article 2 : les diamants, rubis, l'or et tous les autres métaux précieux et pierres précieuses qui seraient ultérieurement désignés par le gouvernement.

(*) Le ministère des affaires étrangères a communiqué à l'administration des travaux publics le texte original de cette loi avec une traduction due à M. le vice-consul de France à Prétoria. Le présent travail a été fait sur ces documents.

La loi s'applique indistinctement aux gîtes d'alluvion ou placers, et aux gîtes en filon ou couche, les gîtes dits en *rif* (*); il n'y a de différence de régime légal entre ces deux natures de gîtes que pour les dimensions des *claims* dans les *périmètres miniers publics*, ainsi que nous aurons à l'indiquer plus tard.

L'article 1 stipule d'une façon générale que le droit d'exploiter les pierres et métaux précieux appartient à l'État. Sans méconnaître que tel est bien, en droit, le principe dominant, le propriétaire superficiaire jouit, en fait, d'avantages, ou mieux de privilèges, qui reviennent, en nombre de cas, à lui laisser effectivement le droit de recherche et d'exploitation et lui assurent dans tous les cas une large compensation à la privation du droit de recherche et d'exploitation.

Pour bien saisir l'économie de cette loi, qui compte quatre-vingt-onze articles, sans compter neuf modèles annexes, et dont la rédaction ne laisse pas d'être assez confuse, il est nécessaire de distinguer deux cas, suivant que les substances minérales doivent être recherchées ou exploitées dans des *périmètres miniers publics* (*publicke delverijen*) (**), ou hors de pareils périmètres.

Dans ce second cas, que nous considérerons tout d'abord, les propriétaires superficiaires jouissent de privilèges qui laissent en fait les gîtes à leur disposition, sauf paiement d'assez lourdes redevances à l'État en cas d'exploitation. Ainsi le propriétaire peut faire des recherches sans aucune formalité préalable, et sans avoir une permission administrative à obtenir (art. 7). Un tiers ne peut faire des recherches dans des terrains de propriété privée qu'avec l'assentiment formel du propriétaire, et en se munissant en outre auprès de l'administration d'une *licence de prospecteur* (*prospecteerlicentie*) (***), valable, pour six mois au

(*) Le *rif* hollandais, qui est le *reef* anglais, correspond, on le sait, au filon aussi bien qu'à la couche. En fait, au Transvaal, les gîtes les plus importants paraissent formés par des conglomérats, dont on peut voir un superbe échantillon à l'esplanade des Invalides, dans le pavillon du Transvaal; ces conglomérats sont rapportés, paraît-il, au terrain dévonien.

(**) Le système de ces *périmètres miniers*, dont les districts allemands du Dameraland et les *campos de lavra* du Mozambique sont des applications, est originaire d'Australie. M. Heurteau l'avait importé de là en Nouvelle-Calédonie, où ce système fut régularisé par le curieux et intéressant arrêté de 1873; le système a été maintenu avec quelques modifications dans le décret du 22 juillet 1883, qui fixe aujourd'hui le régime des mines en Nouvelle-Calédonie.

(***) Nous rencontrerons plusieurs autres licences analogues créées par la loi du Transvaal. C'est encore là un emprunt aux législations minières d'Austra-

plus, sous condition de payer mensuellement et par avance 10 *shellings* (12f,50) qui sont partagés également entre l'État et le propriétaire (art. 8).

Seul aussi, en principe, le propriétaire du sol peut obtenir le droit d'exploiter sous sa propriété, dans des limites déterminées, au moyen d'un *bref de bail minier* (*mijnpachtbrief*) qu'il doit au préalable obtenir du gouvernement (art. 18). Mais le gouvernement ne peut refuser ce *bref* que s'il a l'intention d'englober la propriété dans un *périmètre minier public* (id.); et il ne peut étendre un pareil périmètre sur un terrain de propriété privée que s'il y a été au préalable trouvé des pierres ou métaux précieux en quantité officiellement reconnue exploitable (art. 10). Le *mijnpachtbrief* est donc une sorte de concession, accordée par voie de privilège, qu'il suffit au propriétaire superficiaire de demander pour l'obtenir, sous la réserve qui vient d'être indiquée. Nous verrons du reste les garanties et privilèges, d'une autre nature, donnés au propriétaire superficiaire dans le cas d'extension d'un *périmètre minier* sur sa propriété.

Le *mijnpachtbrief* est délivré pour une période comprise entre cinq et vingt ans (art. 22) (*), moyennant le paiement annuel et par avance d'une redevance de 10 *shellings* par *morgen* (85a,65c) (14f,50 par hectare), que le gouvernement peut à toute époque changer en une taxe de 2 1/2 p. 100 du produit brut de l'année, avec le droit de vérifier, à cet effet, toute la comptabilité de l'exploitant (art. 22) (**).

lie, à leurs *permis de mines* que M. Heurteau avait aussi introduits, en 1873 en Nouvelle-Calédonie, mais qui ont disparu dans le régime du décret de 1883. Ces licences ou permis n'ont qu'un avantage; ils facilitent singulièrement la perception d'impôts relativement lourds.

(*) La loi ne dit nulle part, explicitement ou implicitement, à laquelle des deux parties il appartient de fixer la durée du bail; de ce que la loi reconnaît explicitement à l'État le droit régalien, il semble qu'on en doit conclure que c'est au gouvernement à statuer discrétionnairement entre les limites de temps fixées par la loi.

A l'expiration du bail, les parties se retrouvent dans le même état qu'à l'origine: le propriétaire superficiaire pouvant réclamer un nouveau *brief*, et l'État, de son côté, reprenant la liberté d'englober la propriété dans un *périmètre minier*. Les renouvellements de contrat permettent, en outre, la perception nouvelle de droits élevés d'enregistrement. Mais que devient, dans ce système de concessions de durée si courte, la sécurité nécessaire aux entreprises de mines ?

Rien dans le texte n'indique non plus si le gouvernement a un pouvoir d'appréciation sur l'étendue des terrains à exploiter; il semble que toute latitude soit laissée sur ce point au propriétaire.

(**) Ces dispositions reviennent, on le voit, à cette clause que l'exploitant est tenu à payer une redevance annuelle de 2 1/2 pour 100 du produit brut, sans que cette redevance puisse être inférieure à ce que produirait une taxe de 14f,50 par hectare.

(*) Cette clause de déchéance ne figure pas dans le texte même de la loi; mais elle est insérée dans le modèle de *mijnpachtbrief* qui lui est annexé. Au reste, pareille clause est courante dans les baux miniers (*leases*) en vertu desquels on acquiert le droit d'exploiter les mines dans certains districts d'Australie; c'est un trait de ressemblance de plus entre la législation minière de ce pays et celle du Transvaal.

(**) Le *delverslicentie*, dont nous aurons à reparler, s'accorde en principe à tout individu qui n'est pas d'une race de couleur, moyennant le paiement par mois de 20 sh. (25 francs).

Le propriétaire exploitant en vertu d'un *mijnpachtbrief* n'est pas assujetti aux règles du travail obligatoire qui incombent, comme nous le verrons, à celui qui exploite un *claim* dans un périmètre minier. Une seule clause de déchéance est prévue contre lui : le défaut de paiement de la redevance (*); la déchéance dans ce cas paraît devoir être pure et simple.

Peut se prévaloir du droit d'obtenir une concession par *mijnpachtbrief* celui auquel le propriétaire a fait cession de ce droit par contrat authentique (art. 23). Ce cessionnaire se trouve alors traité exactement comme le propriétaire lui-même.

Le détenteur à un titre quelconque du droit d'exploiter par *mijnpachtbrief* peut le céder librement à un tiers (art. 43), avec paiement de droits élevés de transfert, pourvu que ce tiers soit et reste toujours muni d'une *licence de mineur* (*delverslicentie*) (art. 45) (**); les trois quarts de cette licence reviennent au propriétaire superficiaire.

On ne trouve aucune indication dans la loi sur la nature juridique, mobilière ou immobilière, du droit qui est constitué par l'obtention d'un *mijnpachtbrief*.

Passons au cas des *périmètres miniers publics*. C'est le gouvernement qui fait pareille déclaration (art. 5), et fixe les limites du district, lequel peut comprendre des terrains domaniaux, comme des terrains de propriété privée, mais pour ceux-ci sous la réserve déjà indiquée que du minerai exploitable doit y avoir été au préalable constaté (art. 10) et que cette exploitabilité ait été officiellement déclarée (art. 12). En outre, le gouvernement détermine, de concert avec leur propriétaire, les endroits réservés pour bâtiments, jardins, cultures, etc., dans lesquels la recherche et l'exploitation resteront interdites au public (art. 20); ces réserves, qui peuvent être considérées comme détachées du périmètre mi-

nier public, doivent être closes aux frais du propriétaire dans un délai à ce déterminé (*).

Le gouvernement reste libre à toute époque d'étendre, sous les conditions générales précitées, les terrains miniers ouverts au public. Un terrain ne peut être déclassé qu'après trois ans de préavis et si la population blanche, qui y est occupée, est inférieure à une personne par 20 *morgen* (17^{hect},1/4) (art. 60); en ce cas, le gouvernement peut, à son choix, continuer les travaux ou accorder une compensation aux exploitants dont les *claims* ne seraient pas épuisés (art. 60).

Dans les terrains ouverts au public, nul ne peut faire des recherches, en terrain libre, sans une *licence de prospecteur;* nul ne peut exploiter que dans des *claims*, appropriés comme il va être dit, et moyennant la possession d'une *licence de mineur* non périmée. Les recherches avec la *licence de prospecteur* peuvent s'étendre dans un rayon de 25 milles (40^{km}) autour des limites du périmètre minier; par contre, dans certaines régions du périmètre à ce indiquées, on ne peut que poursuivre des travaux d'exploitation par *claims*.

Le *claim* est la parcelle dans laquelle un individu acquiert le droit exclusif d'exploiter; sur les gîtes d'alluvion, elle est formée par un carré de 150 sur 150 pieds (45^{m} × 45^{m} = 2.025^{mq}); sur les gîtes en *rif*, le *claim* est un rectangle de 150 pieds (45^{m}) suivant la direction, et de 400 pieds (120^{m}) transversalement (45^{m} × 120^{m} = 5.400^{mq}) (art. 63). Chaque *claim*, qui doit être visiblement marqué sur le sol et aborné, forme une entité devant être exploité isolément; toutefois, on peut amalgamer ensemble, pour ne former qu'une seule entité, au point de vue notamment des règles sur le travail obligatoire, jusqu'à 12 *claims* limitrophes (art. 62), moyennant déclaration, inscription officielle et paiement d'un droit fixe élevé.

En principe, tout mineur permissionné (*gelicentieërdedelver*), c'est-à-dire muni d'une licence de mineur non périmée, est apte à choisir, dans un périmètre minier, en terrain libre, à la priorité, et à faire enregistrer en sa faveur, un *claim* d'alluvion et un *claim de rif* (art. 62); ce sont les *delversclaims*. Mais la loi

(*) Rien ne paraîtrait s'opposer à ce que, dans ces terrains, réservés au milieu d'un périmètre minier public, le propriétaire ne réclame les privilèges à lui reconnus en terrains miniers non publics, notamment le droit d'exploiter par *mijnpachtbrief;* il est vrai que le gouvernement pourrait alors, de son côté, invoquer son droit, en cas de pareille demande, de faire rentrer ces terrains sous la loi commune des périmètres miniers.

reconnaît deux sortes de *claims* qui peuvent être auparavant appropriées par voie de privilège. L'inventeur a d'abord, avant tous autres, le droit de choisir et délimiter un *zoekersclaim*, sans préjudice des *delversclaims* auquel il peut en outre prétendre comme mineur permissionné, et pour lesquels il jouit du même privilège de priorité dans le choix; est réputé inventeur (*zoeker*) (art. 9), celui qui, par des travaux légalement entrepris, a découvert et signalé le premier du minerai, officiellement déclaré exploitable, à 12 milles (19^{km}) d'autres exploitations; le *zoekersclaim* jouit, en outre, du privilège de pouvoir être exploité gratuitement, c'est-à-dire sans nécessiter le paiement de la lourde taxe de la licence de mine, tant que l'inventeur en reste propriétaire; l'immunité est attachée à l'inventeur et non à son *claim*. Après que l'inventeur a fait choix de son *zoekersclaim* et de ses *delversclaims*, le privilège passe aux *eigenaarsclaims*, c'est-à-dire aux *claims* que peuvent réclamer les propriétaires superficiaires (art. 14), à raison d'un *claim* pour une propriété de moins de 50 *morgen* (43 hectares), de deux *claims* pour une propriété de 50 à 200 *morgen* (43 à 171 hectares), et d'un *claim* en plus par 250 *morgen* (214 hectares) au delà, sans que le nombre des *claims* d'un propriétaire puisse être supérieur à 15 pour l'ensemble des terrains constituant une ferme (*plaats*) (art. 14).

Les *claims* de propriétaires sont assujettis en principe à la taxe de licence de mineur comme tous autres; mais par contre le gouvernement abandonne aux propriétaires la moitié des recettes provenant des licences de prospecteur ou de mineur relatives à des terrains sis dans leurs propriétés (art. 15).

Tout mineur permissionné peut d'ailleurs acquérir autant de *claims* qu'il veut à la condition d'avoir une licence de mineur par *claim* (art. 62) (*).

Il peut, moyennant déclaration, abandonner le *claim* primitivement choisi par lui pour en prendre un autre (art. 87), sous réserve de mesures propres à prémunir contre les concours

(*) C'est par l'obligation d'avoir une *licence de mineur* en règle, par *claim*, pour en être régulièrement détenteur, que l'État perçoit sûrement un impôt qui ne laisse pas d'être extraordinairement élevé. A raison du coût de la licence de mineur, 25 francs par mois ou 300 francs par an, l'exploitant par *claim* paie donc, par hectare et par an, 540 francs pour les gîtes en filon ou couche et 1.500 francs pour les gîtes d'alluvion, sans compter les licences d'emplacement, de taxes par ouvrier de couleur, etc.

frauduleux ayant pour objet d'éviter le paiement des droits de transfert.

La propriété d'un *claim* peut être cédée par héritage ou testament, un délai étant même donné en ce cas aux héritiers ou à leurs représentants pour satisfaire aux obligations légales sur le travail obligatoire et le paiement de la taxe (art. 58).

Tout mineur permissionné peut obtenir de l'administration une ou plusieurs licences d'emplacement, de $15^m \times 15^m = 225^{mq}$, pour magasins, etc., aux points à ce indiqués, contre paiement de 10 sh. (12f,50) par mois (art. 67). Cette redevance profite en entier au propriétaire du sol. La licence devient caduque par défaut de paiement. La taxe est réduite à 2 sh. 6 p. (3f,15) par mois pour un emplacement destiné à établir des bocards (art. 85).

On encourt la déchéance *de plano* de tout *claim*, isolé ou régulièrement consolidé, qui reste abandonné trente jours; tout mineur permissionné peut, en ce cas, occuper le terrain à son profit, comme si ce terrain était libre (art. 56) (*). Toutefois des permis de chômage pour maladie ou autre circonstance grave peuvent être accordés gratuitement par l'administration pour des *claims* d'alluvion (art. 57); pour des *claims* de *rif*, on peut obtenir un permis de chômage de six à douze mois, en cas d'attente de machines, moyennant le paiement d'une taxe supplémentaire de une livre (25 francs) par mois (art. 55), c'est-à-dire moyennant le doublement de la taxe ordinaire, pendant le chômage.

On encourt également la déchéance pour défaut de paiement de la taxe de la licence de mineur (art. 61, *b*). Seulement, dans ce cas, le claim ne peut pas être réoccupé, *jumped*, par un tiers; il est vendu au profit de l'État (*id.*).

Par un autre emprunt aux législations australiennes, l'application de la loi est confiée partiellement, pour chaque périmètre minier, à un comité, constitué par l'élection des intéressés, qui comprend des mineurs permissionnés et des propriétaires superficiaires. Ce comité est spécialement chargé de faire les règlements de détail que nécessite l'application de la loi dans le

(*) Le nouvel occupant est qualifié de *jumper*, d'après un mot emprunté aux lois et coutumes des mineurs de l'Australie et de l'Amérique du nord. Dans ces deux pays, le *jumping* des *claims* est une plaie de l'industrie des mines, non moins fâcheuse que le *denuncio* des pays de l'ancien droit espagnol, qui du reste n'en diffère guère au fond.

périmètre. Les propriétaires de terrains sont d'autant plus naturellement appelés à siéger dans ce comité que c'est à lui (art. 48) qu'il incombe notamment d'intervenir pour répartir équitablement les eaux entre mineurs et agriculteurs, qui se les disputent aussi âprement dans un pareil pays (*). Nous croyons inutile du reste de nous arrêter sur tout ce qui traite de l'organisation des autorités administratives (commissaires de mines) et judiciaires (baillis) auxquelles est remise l'exécution immédiate de la loi; nous nous bornerons à dire que la loi ne contient aucune clause de police administrative pour assurer la sécurité de la surface ou celle du personnel occupé; c'est une loi sur la constitution du droit d'exploiter les mines, et non une loi de police minérale. Nous ne parlons pas non plus des lourdes pénalités par lesquelles on a voulu assurer l'exécution de la loi, elles sont naturellement en rapport avec l'importance des taxes. Nous laissons aussi de côté les règles sur le commerce des pierres et métaux précieux comme sur l'emploi des individus de race de couleur. Il y a là tout un ensemble de dispositions, d'un intérêt tout à fait secondaire au point de vue du droit minier comparé, qui ont pour objet, d'une part, de prémunir contre les vols et d'assurer, d'autre part, la prépondérance des individus de race blanche, en écartant des transactions industrielles et commerciales, pour ne leur laisser que la possibilité d'être ouvriers (**), tous les individus de race de couleur, c'est-à-dire d'après l'article 89 les indigènes de l'Afrique, des Indes et de la Chine.

L. A.

PROTECTORAT ALLEMAND DU SUD-OUEST DE L'AFRIQUE.

Ordonnance du 25 mars 1888 sur l'exploitation de l'or et des pierres précieuses (***).

La Société coloniale allemande pour le sud-ouest africain (*Deutsche Colonialgesselschaft für Süd-west-Afrika*) a acquis, en

(*) Il doit être laissé une alimentation d'eau suffisante pour les besoins du propriétaire, de sa famille et de son bétail, et pour l'arrosage des champs et jardins existant au moment de la proclamation du périmètre minier; l'eau en excédant devra pouvoir s'écouler librement (art. 17).

(**) D'après l'article 84, tout patron de race blanche doit payer une taxe mensuelle de 1 sh. (1f,25) par ouvrier de couleur qu'il emploie.

(***) L'ordonnance a été publiée dans le *Reichsanzeiger* du 29 mars 1888.

s'établissant, le droit d'exploiter les mines dans presque toute l'étendue du protectorat; dans quelques localités seulement des tiers avaient acquis antérieurement des droits qui persistent. Les premiers pionniers venus d'Amérique pour chercher et exploiter de l'or traitèrent à cet effet par contrat particulier avec la Société pour les terrains dont elle pouvait disposer. Pour l'avenir, il a paru préférable de fixer le mode d'exploitation de l'or et des pierres précieuses par un règlement général. De là l'ordonnance rendue, le 25 mars 1888, par l'empereur d'Allemagne, en tant que protecteur du pays, après entente entre les autorités du protectorat et les représentants de la Société.

Ladite ordonnance a été rendue sous respect des droits antérieurement et régulièrement acquis par des tiers (§ 4), que nous avons ci-dessus mentionnés, mais à charge par les intéressés, dans le délai de deux ans, sous peine de la perte de leurs droits, d'avoir mis leur exploitation dans un état d'activité appropriée à l'étendue de leurs droits (§ 5); les exploitants auront d'ailleurs à payer désormais à l'administration une redevance de 6 p. 100 du produit brut, qui pourra être élevée à 10 p. 100 (§ 49).

En dehors de ces prescriptions spéciales l'ordonnance dispose tout d'abord que le droit régalien sur les mines est attribué à la Société coloniale sous la surveillance des autorités impériales (§ 1). A ce titre, la Société coloniale doit assurer le fonctionnement de l'administration minière par des agents nommés par elle, avec l'assentiment des autorités impériales par lesquelles ces agents peuvent être révoqués (§ 42); par contre, la Société profite du montant de toutes les taxes, redevances et impôts (§ 51); mais, au bout de cinq ans, l'administration impériale, en cas d'excédant des recettes sur les dépenses, pourra prélever 25 p. 100 de la différence pour les dépenses par elles encourues (§ 51).

D'autre part, pour la recherche et l'exploitation des mines, la Société ne jouit d'aucun autre privilège spécial que ceux indiqués dans les ordonnances; les lois et règlements sur les mines lui sont applicables, sauf ces exceptions, comme à tous autres (§ 2).

En dehors de ces principes généraux, l'ordonnance ne règle que la recherche et l'exploitation de l'or et des pierres précieuses; il est admis que des règlements analogues devront être faits,

---

Elle a été insérée dans la *Zeitschrift für Bergrecht* du Dr Brassert (1888, p. 424), qui a reproduit, à la suite, un résumé et des observations tirés de la *Deutsche Colonial-Zeitung;* nous les avons mis à profit pour la rédaction de la présente note.

s'il y a lieu, pour les autres substances minérales; le droit minier allemand n'est pas applicable *de plano* au protectorat.

Les dispositions spéciales à la recherche et l'exploitation de l'or et des pierres précieuses sont les suivantes :

Les recherches ne peuvent avoir lieu que dans les districts à ce déclarés ouverts (§ 7). Elles ne peuvent avoir lieu qu'en vertu d'un permis, de six mois de durée au plus, délivré discrétionnairement par l'administration, moyennant le paiement par avance, à peine de déchéance d'une somme de 10 *mark* (12f,50) par mois (§ 8). Le permis n'est cessible qu'avec une autorisation de l'administration et moyennant le paiement d'un droit de 20 *mark* (25 francs) (§ 10). Il donne le droit exclusif de faire des fouilles, en terrain libre de tous autres droits, dans un rayon déterminé par l'administration, de 500 mètres au plus, à partir d'un point choisi par l'explorateur et qui doit être matériellement et bien visiblement marqué sur le terrain (§ 11).

L'explorateur doit donner connaissance immédiate de ses découvertes à l'administration (§ 16) à peine de lourdes pénalités, 4.000 *mark* (5.000 francs) d'amende ou quatre mois de prison (§ 47, 3). Sur cet avis, que l'administration fait publier, elle ouvre pour le district un registre des demandes en attribution de champs de mines (§ 16); les inscriptions y sont faites dans l'ordre où elles sont présentées, moyennant le versement d'une somme de 20 *mark* (25 francs) par champ demandé (§ 17). Lorsque le gîte a été reconnu et déclaré exploitable, l'administration fixe et fait connaître les limites du district dans lequel les champs de mines seront concédés (§ 18), ainsi que la grandeur attribuée à un champ sans que celle-ci puisse dépasser 2 hectares pour l'or et 1 hectare pour les pierres précieuses; tout champ, sauf exceptions locales, doit être rectangulaire, le petit côté étant au moins la moitié du grand (§ 19). Avec la déclaration précitée disparaissent tous les périmètres de recherches existant dans le district ainsi délimité (§ 21). Les champs sont attribués, à la demande et au choix des intéressés, par voie de préférence dans l'ordre suivant : 1° l'inventeur; 2° le propriétaire de terrains clos; 3° la Société coloniale; 4° les inscrits dans l'ordre de leur inscription (§ 25). L'inventeur a droit à 5 champs à prendre à l'intérieur de son périmètre de recherches (§ 26); le propriétaire de terrains clos a droit à un champ par 5 hectares desdits terrains, avec un maximum de 10 champs (§ 27); la Société coloniale a droit à 10 champs (§ 28); les inscrits peuvent prétendre au nombre de champs pour lesquels ils se sont fait inscrire

(§ 29). Les champs de chaque demandeur doivent former un tout continu (§ 24); ils doivent être visiblement et matériellement abornés dès qu'ils ont été choisis. Les droits de préférence s'éteignent successivement, à défaut pour les intéressés d'en faire usage, dans des délais très brefs fixés par l'administration (§ 30).

Il est payé un droit de 5 *mark* (6f,25) pour inscription de chaque champ attribué, et un pareil droit pour sa cession (§ 33).

A peine de déchéance de la propriété, après mise en demeure et délai de trois mois (§ 39), l'attributaire doit avoir commencé à exploiter dans les deux ans (§ 37) et ne pas chômer plus de deux ans (§ 38); ces dispositions ne sont pas applicables à la Société coloniale.

Chaque champ, en dehors de ceux attribués à l'inventeur, au propriétaire de terrains clos et à la Société coloniale (§ 35), doit payer par avance une redevance mensuelle fixée par l'administration, de 60 *mark* (75 francs par mois ou 900 francs par an) au plus (§ 34).

En outre, la Société coloniale peut percevoir sur les mines exploitées une taxe de 5 p. 100 au plus du produit brut (§ 50).

L'exploitant qui, à l'intérieur de ses champs, peut entreprendre et poursuivre tous travaux, souterrains ou à ciel ouvert, de recherche ou d'exploitation, peut, en outre, occuper à la surface deux hectares au plus pour les constructions qui lui sont nécessaires et la dépaissance des animaux, moyennant paiement d'une indemnité préalable appropriée (§§ 40 et 15); il est tenu à indemniser par avance pour tous dommages aux terrains clos, aux bâtiments, et aux terrains dans un rayon de 50 mètres des bâtiments (§§ 41 et 14).

L'exploitant peut établir en dehors de ses champs de mines, même au travers de champs de mines appartenant à des tiers, les travaux de secours pour l'épuisement, l'aérage et une exploitation plus avantageuse, pourvu que les travaux des exploitants voisins n'en soient ni troublés ni menacés, le tout moyennant réparation de tous les dommages (§ 23).

Les journaux du Cap n'ont pas laissé de réclamer contre la législation que nous venons de faire connaître; les prospecteurs anglais, désireux d'aller travailler dans le Dameraland, se sont plaint, d'une part, du pouvoir discrétionnaire remis à l'administration pour la délivrance des permis de recherches, et, d'autre part, de l'exagération des taxes et redevances. Sur ce second point, il est certain que si une exploitation rationnelle nécessite une réunion d'un assez grand nombre de champs, l'entreprise va

se trouver grevée, dès ses débuts, de paiements élevés qui exigeront tout d'abord des avances assez lourdes et ne pourront être supportées que par des gisements d'une richesse condensée exceptionnelle. La province de Mozambique va nous montrer l'exemple, sous le gouvernement portugais, d'une réglementation très analogue mais où cependant les taxes, quoique fort élevées encore, sont inférieures à celles du Dameraland. L'idée première de ce système, assez générale dans le sud de l'Afrique, paraît être venue du Transvaal, où la richesse exceptionnelle des gîtes aurifères semble l'avoir rendu tolérable.

L. A.

COLONIE PORTUGAISE DU MOZAMBIQUE.

Décret du 6 décembre 1888 sur la recherche et l'exploitation des pierres et métaux précieux (*).

Les gîtes de pierres et métaux précieux, en filons ou en dépôts d'alluvion peuvent être exploités par concessions directes du gouvernement ou par suite de l'établissement de champs d'exploitation (*campos de lavra*) officiellement ouverts au public (art. 1cr).

En principe, le point de départ de toute recherche ou exploitation est la déclaration (*manifesto*) de découverte que tout individu est tenu de faire pour conserver les droits qu'elle confère, à la priorité des inscriptions sur des registres à ce tenus. Les gîtes sont réputés découverts ou par simples inspections de terrains ou par suite de travaux antérieurement faits, ou par simples présomptions fondées sur la connaissance des gisements voisins de même nature (art. 2).

A la suite d'une pareille déclaration l'administration peut, soit déclarer immédiatement un champ d'exploitation sous réserve des droits attribués à l'inventeur dans ledit champ, soit attendre pour statuer un délai de douze mois (art. 6 et 7), pendant lequel le déclarant a seul le droit de faire des travaux de recherche, pourvu que le terrain soit libre de droits antérieurs, dans un périmètre de 1.256 hectares déterminés par une circonférence de

(*) Ce décret a été publié dans le *Diario do Governo* du 10 décembre 1888; un exemplaire, envoyé par la légation française à Lisbonne, a été communiqué à l'Administration des travaux publics par notre ministère des affaires étrangères.

2.000 mètres de rayon décrite comme centre du point désigné dans la déclaration de découverte (art. 7 et 10).

Les travaux de recherche ne peuvent consister qu'en puits de 3 mètres de profondeur, galeries de 10 mètres d'allongement, tranchées de 2 mètres ou sondages de 15 mètres (art. 9). Après le délai de 12 mois le gouvernement peut instituer une concession en faveur de l'inventeur, ou déclarer un *champ d'exploitation*, toujours alors sous réserve des droits de l'inventeur, ou ne donner aucune suite à la déclaration; dans ce dernier cas, tous les droits de l'inventeur tombent *ipso facto* (art. 11). Cette forclusion laissée à l'appréciation discrétionnaire du gouvernement ne laisse pas, en théorie du moins, d'atténuer quelque peu la portée effective du droit de l'inventeur.

En dehors des concessions qui peuvent être ainsi faites à l'inventeur, le gouvernement peut en instituer directement, sans la *déclaration* préalable d'invention, dans les cas prévus à l'article 45, § 2 du décret du 4 septembre 1869, c'est-à-dire pour des mines déjà connues non exploitées et situées dans des terrains de l'État ou soumises à la souveraineté portugaise (art. 12).

Les concessions faites à l'inventeur ou en vertu de la disposition qui précède sont soumises aux règles du décret du 4 décembre 1869, qui fixe le régime de l'exploitation des mines dans les colonies portugaises (*).

Le gouvernement crée et délimite un *champ d'exploitation* soit d'office, soit à la suite d'une *déclaration de découverte* (art. 17 et 18). Dans un pareil *champ*, il peut être fait d'abord des travaux de recherche de la nature de ceux définis ci-dessus, au moyen de *permis de recherche* (*licenças para pesquizas*); et, à la suite, des travaux d'exploitation, au moyen de *permis d'exploitation*

(*) Les dispositions les plus intéressantes de ce décret sont les suivantes: Le gouvernement fixe les limites de la concession (art. 21), sans que l'étendue puisse dépasser 2.500 hectares (art. 21). Le concessionnaire doit payer une redevance fixe de 0f,50 par hectare et une redevance proportionnelle, arrêtée lors de l'institution, ne dépassant pas 1 1/2 pour 100 du produit brut (art. 37 et 38). Le concessionnaire doit être déclaré déchu par voie administrative, sauf recours au Conseil d'État (art. 34): 1° pour ne pas avoir commencé les travaux dans les six mois ou ne pas tenir la mine constamment en exploitation active, sauf le cas de force majeure dûment prouvé; 2° pour ne pas remédier en temps fixé aux dangers résultant d'une mauvaise conduite des travaux; 3° pour rendre impossible ou difficile l'exploitation future; 4° pour ne pas payer les redevances; 5° pour ne pas avoir fourni le plan des travaux. Une concession ne peut être cédée qu'avec l'autorisation préalable du gouvernement (art. 22, § 2).

(*licenças de exploração*), dans des *cantonnements* (*quinhões*) (*), affermés par baux renouvelables de courte durée.

Il paraît bien résulter de l'article 25 que le permis d'exploitation ne peut être obtenu que par celui qui est encore valablement titulaire d'un permis de recherche; le droit d'exploitation devrait nécessairement passer par ce premier état.

Le permis de recherche, valable pour six mois au plus, moyennant le paiement par mois de 2.250 *reis* (11f,25), donne le droit exclusif, par priorité de date, de faire des travaux de recherche, en terrain libre de tous autres droits, dans un rayon de 500 mètres à partir du point choisi par l'explorateur (art. 21); en outre, comme il a été dit, l'explorateur a le droit, pendant la durée de validité de son permis, de se faire attribuer, à la priorité, jusqu'à cinq cantonnements d'exploitation, contigus ou séparés à son choix (art. 25).

L'inventeur, sur la déclaration de découverte duquel aurait été créé le champ d'exploitation, a sur tous les autres le droit de se faire attribuer, à son choix, par voie de préférence, jusqu'à dix cantonnements; en outre, ces cantonnements d'inventeur, à la différence des autres, sont attribués à titre permanent et affranchis de la redevance normale (art. 25, § 1).

Les demandeurs, autres que l'inventeur, afferment leurs cantonnements, par baux renouvelables de cinq en cinq ans (art. 17), au prix de 2.250 *reis* (11f,25) par cantonnement et par an (art. 24), non compris 22.500 *reis* (112f,50) pour coût du contrat ou de son renouvellement (art. 25, § 2).

Tout exploitant, l'inventeur compris, doit d'ailleurs être muni d'un permis d'exploitation par cantonnement, permis pour lequel il est dû 4.500 *reis* par mois (22f,50 par mois ou 265 francs par an) (art. 25, §§ 4 et 5).

Le cantonnement est un carré de 1 hectare pour les gîtes en filons comme pour ceux d'alluvion (art. 23).

Des exploitants peuvent s'associer pour exploiter en commun jusqu'à dix cantonnements (art. 29).

Les baux de cantonnement sont transmissibles par voie d'endossement moyennant un simple avis donné à l'administration et le paiement d'un droit de transfert de 5 p. 100 du prix de la cession (art. 31).

(*) Le rapport qui précède le décret dit expressément que le *quinhão* correspond au *claim* des réglementations analogues d'Amérique, d'Australie et du Transvaal.

Le droit des exploitants est caduc soit en cas de non paiement des taxes ou redevances (art. 25, § 4), soit en cas de chômage ; il peut être autorisé des suspensions de un an au plus en faveur d'exploitants de gîtes en filons pour l'importation de machines et d'appareils (art. 34).

Tout cantonnement dont l'exploitant a été déchu (art. 32) ou dont le renouvellement du bail a été refusé (art. 37), sera mis en adjudication publique; les enchères portent sur le montant du capital à verser en outre de celui ci-dessus stipulé de 22.500 *reis* (112f,50).

L'explorateur ou l'exploitant doit indemniser à l'avance les propriétaires de terrains privés ou de communauté pour tous les dommages subis par le sol, ou consigner la somme nécessaire (art. 52).

Un *champ d'exploitation* doit être déclassé quand il s'y trouve moins de dix individus par hectare; les baux de cantonnement en cours continuent jusqu'à expiration (art. 54).

Les concessionnaires de mines peuvent, dans les concessions à eux attribuées, créer des *champs d'exploitation* soumis aux dispositions des *champs d'exploitation* officiellement déclarés (art. 55).

Le règlement portugais, dont on vient de donner les traits essentiels, paraît l'emporter sur le règlement allemand par la possibilité d'asseoir, avec des concessions, des exploitations suffisamment étendues pour qu'elles puissent être conduites rationnellement en profondeur; en outre, les taxes, encore extrêmement élevées (*), sont cependant sensiblement inférieures à celles du Dameraland; enfin le prospecteur ne se bute pas ici, dès l'origine, contre la possibilité d'un refus discrétionnaire de permis de recherche; mais il faut, d'autre part, reconnaître, en ce qui concerne le système des cantonnements, une précarité véritablement trop grande résultant du renouvellement des baux à trop courts termes. Tout résidera dans l'application qui en sera faite. De là peut-être la confiance dans cette législation manifestée par le gouvernement au cours du rapport qui précède le décret;

(*) En somme on a à payer, par cantonnement ou par hectare et par an :

Rente annuelle	11f,25
Contrat de bail $\frac{112,50}{5}$ = ...	22f,50
Permis d'exploitation.	265f,00
	298f,75

sa confiance paraît d'autant plus assurée qu'il déclare avoir emprunté tout ce système au Transvaal, où il pense qu'on lui doit les brillants succès de la recherche et de l'exploitation de l'or dans ces derniers temps. L'expérience du Transvaal paraît encore trop récente pour qu'on puisse se prononcer : les premières exploitations n'ont pas beaucoup plus de quatre à cinq ans (*); de pareils régimes ne sont applicables qu'à des gisements sans profondeur, de richesse très grande, susceptibles d'être exploités par travaux isolés, individuels; si le gîte s'approfondit, les inconvénients de semblables systèmes ne peuvent pas ne pas se faire sentir; ils conduisent à des impossibilités à la longue, à moins d'une richesse condensée absolument exceptionnelle avec gisements en colonnes verticales. On l'a bien vu aux mines de diamants du Cap. L. A.

(*) V. sur les mines d'or du Transvaal : *Annales des mines*, 6e série, t. XIV, p. 540.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME QUINZIÈME.

MÉCANIQUE. — EXPLOITATION.

Pages.

Note sur le filet de sûreté établi au puits Jules Chagot des mines de Blanzy; par M. *Lebreton* 409

Note sur un procédé de réglage, par l'emploi du courant, applicable à certaines installations de transmissions de force; par M. *de Bovet* 417

OBJETS DIVERS.

Note sur une explosion de 22 chaudières à vapeur aux hauts fourneaux de Friedenshütte (Haute-Silésie); par M. *Olry* 5

Statistique de l'industrie minérale de la France. — Tableaux comparatifs de la production des combustibles minéraux, des fontes, fers et aciers, en 1887 et en 1888. 61

Notice sur l'enseignement de l'École nationale supérieure des mines; par M. *Adolphe Carnot* 70

Programmes des cours de l'École nationale supérieure des mines. Cours spéciaux 94

Programmes des cours de l'École nationale supérieure des mines. Cours préparatoires 309

Note sur l'explosion d'une chaudière de locomobile à Ciron (Indre); par M. *Olry* 363

Pages.

Note sur l'explosion d'un tube de chaudière à petits éléments, à Paris; par M. *Olry* 372

Note sur la préparation et le montage des tubes à fumée de locomotives aux chemins de fer du Nord; par M. *E. Coste* 378

L'École des mines de Paris. — Notice historique; par M. *L. Aguillon* 433

BULLETIN.

Législation étrangère.

Pologne russe 687
République du Transvaal 690
Protectorat allemand du sud-ouest de l'Afrique 697
Colonie portugaise du Mozambique 701

EXPLICATION DES PLANCHES

DU TOME QUINZIÈME.

Pl. I. — Explosion de 22 chaudières à vapeur aux hauts fourneaux de Friedenshütte.

Pl. II, *fig.* 1, 2. — Explosion d'une chaudière de locomobile, à Ciron.

Pl. II, *fig.* 3. — Explosion d'un tube de chaudière à petits éléments, à Paris.

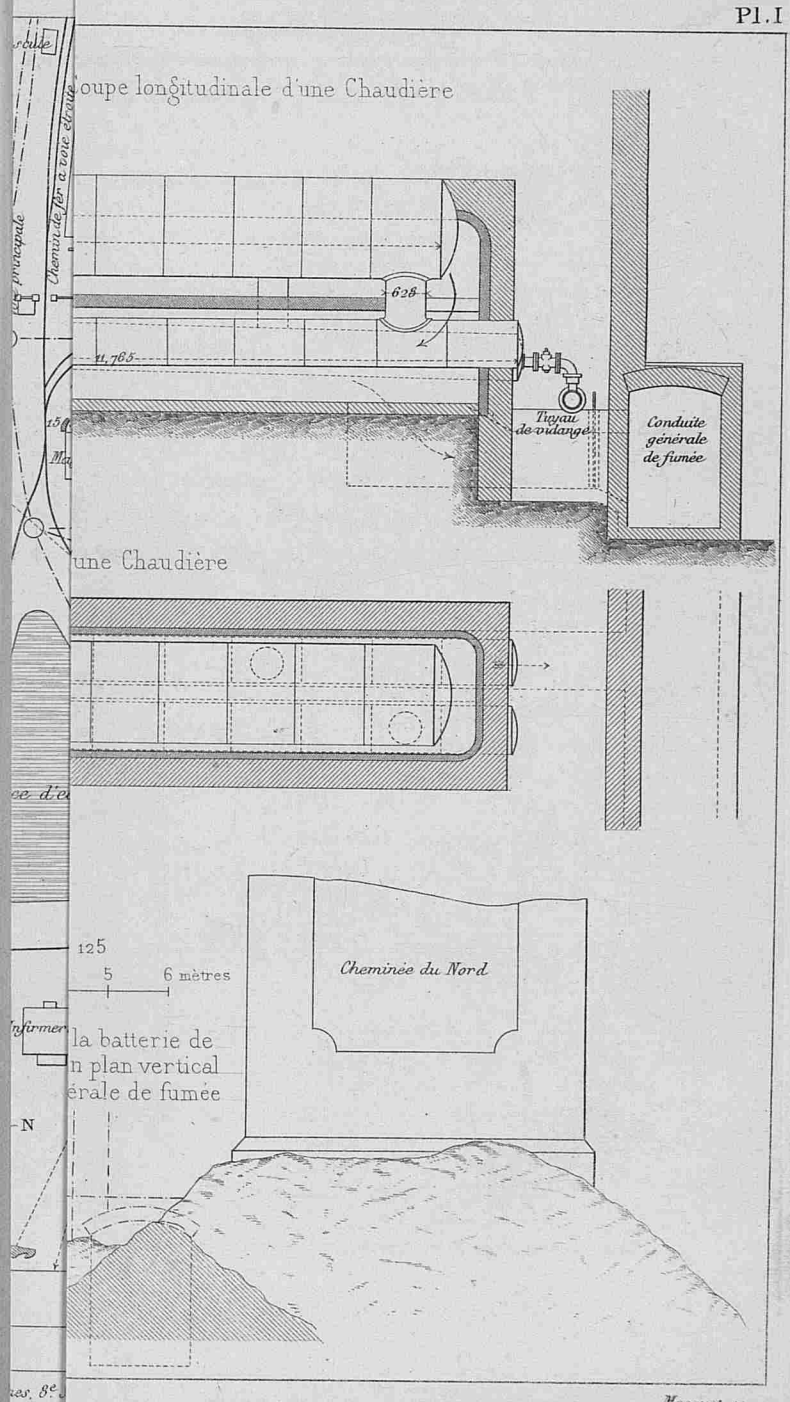
Pl. III. — Préparation et montage des tubes à fumée de locomotives aux chemins de fer du Nord.

Pl. IV, *fig.* 1 à 4. — Filet de sûreté établi au puits Jules Chagot des mines de Blanzy.

Pl. IV, *fig.* 5, 6. — Procédé de réglage, par l'emploi du courant, applicable à certaines installations de transmissions de force.

Pl. V, VI, VII. — Plans de l'École des mines de Paris.

PARIS. — IMPRIMERIE C. MARPON ET E. FLAMMARION, RUE RACINE, 26.



EXPLOSION DE FRIEDENSHÜTTE

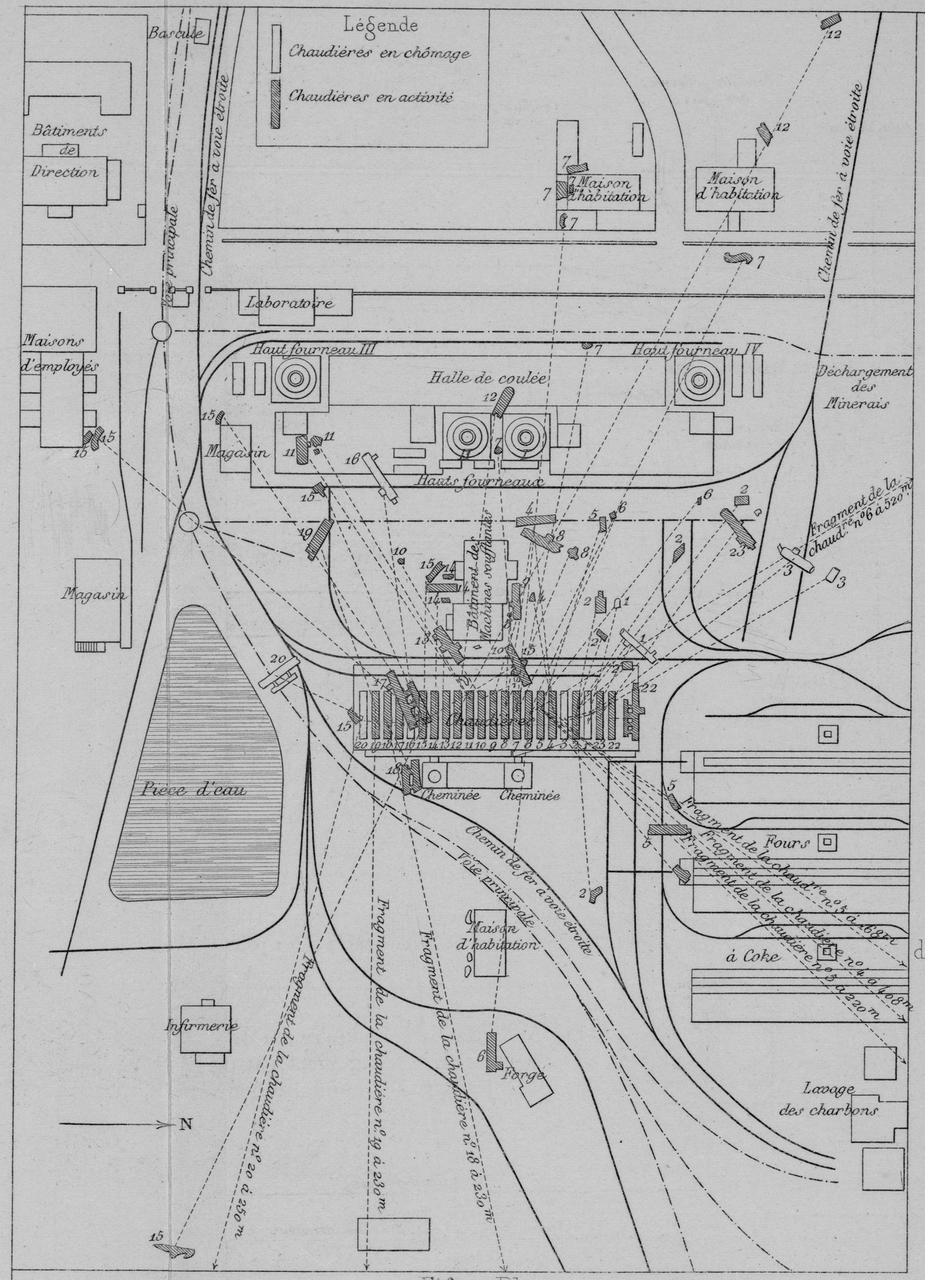


Fig. 1 Plan

Échelle de 1 pour 2000

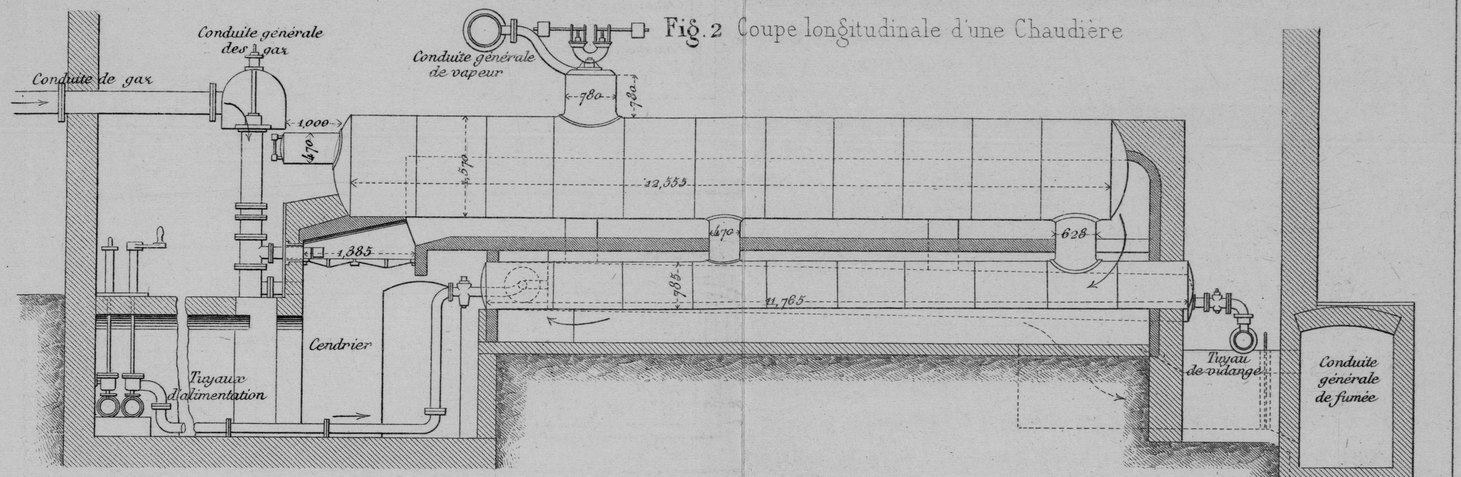


Fig. 2 Coupe longitudinale d'une Chaudière

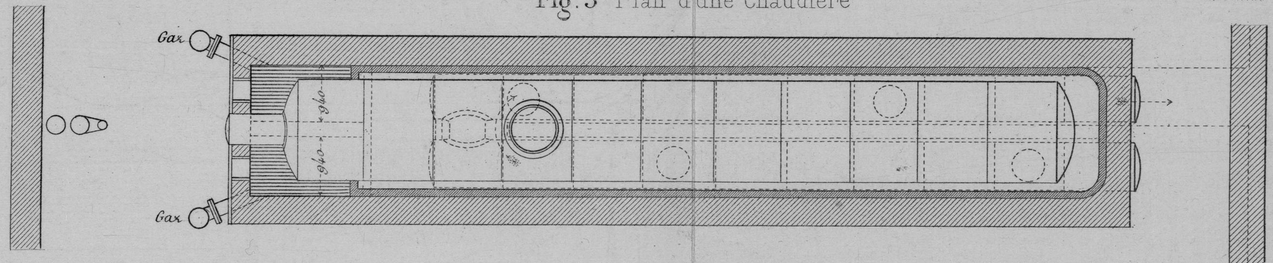


Fig. 3 Plan d'une Chaudière

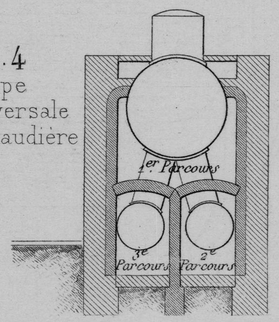


Fig. 4 Coupe transversale d'une Chaudière

Échelle des Fig 2 à 5: 1 pour 125

1 0 1 2 3 4 5 6 mètres

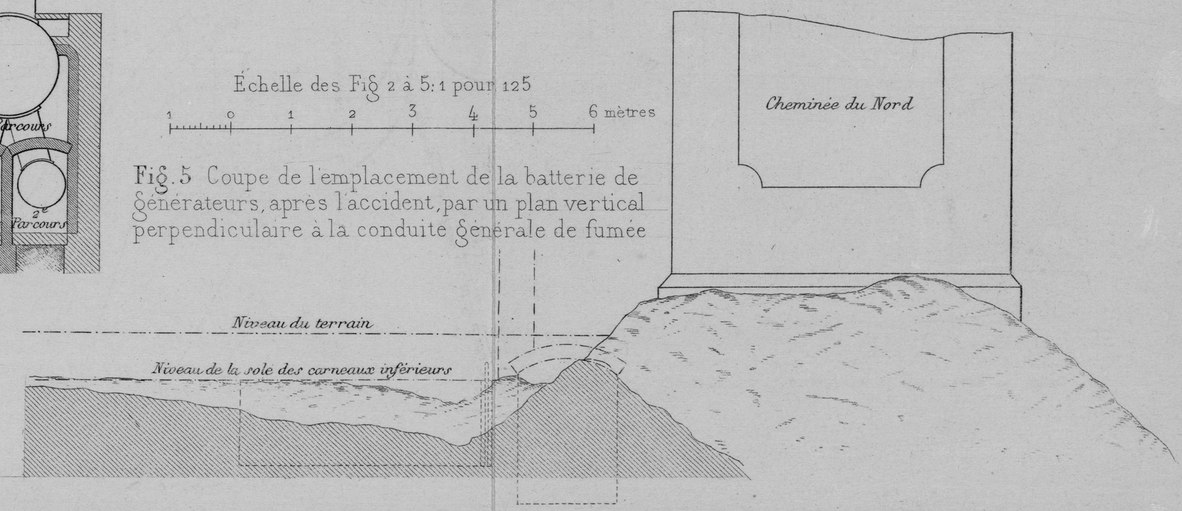
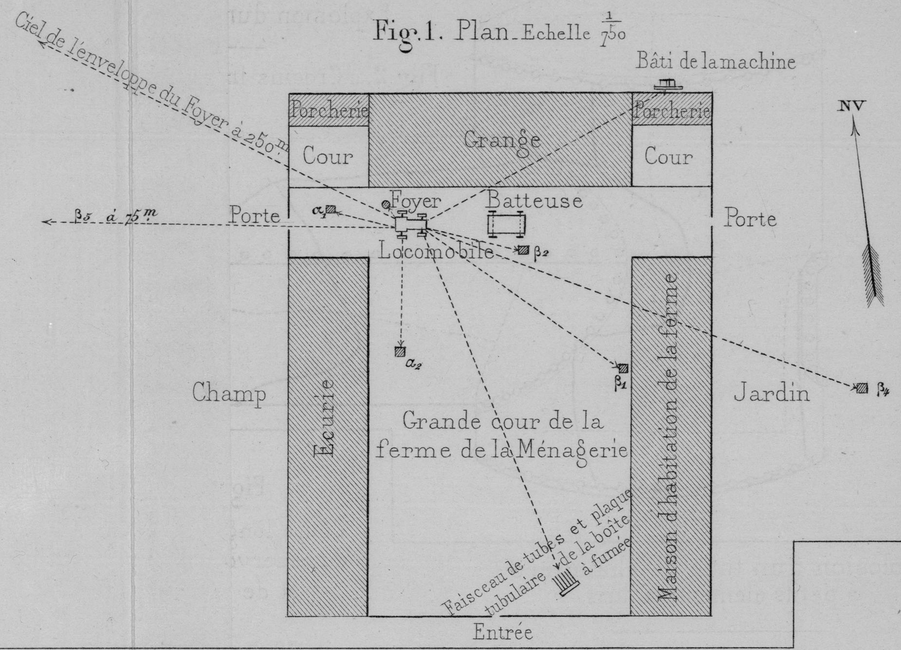


Fig. 5 Coupe de l'emplacement de la batterie de générateurs, après l'accident, par un plan vertical perpendiculaire à la conduite générale de fumée

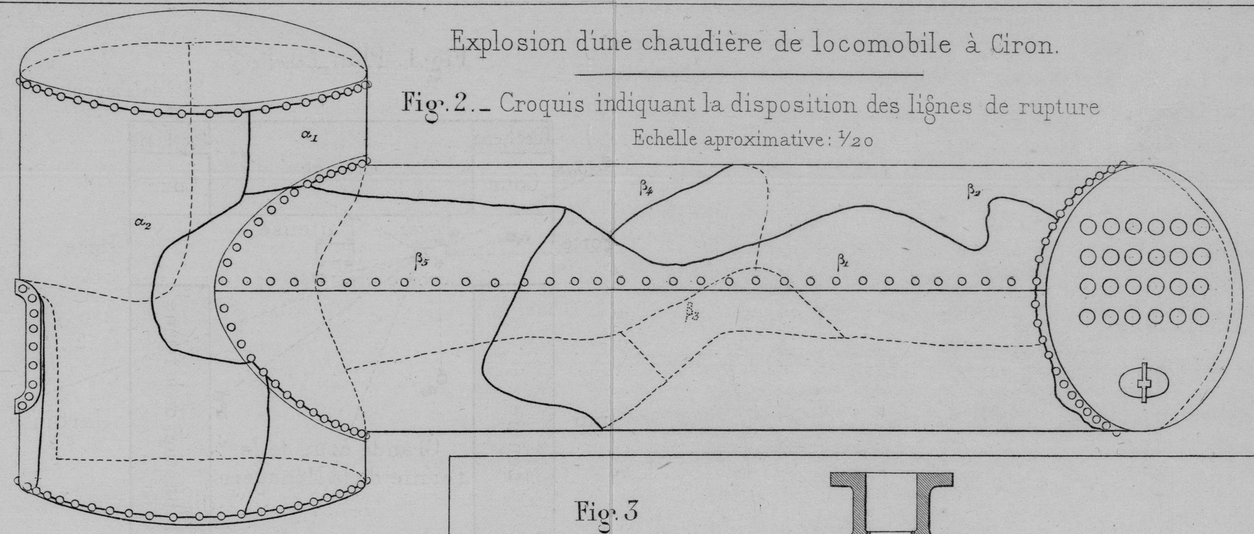
Fig. 1. Plan. Echelle $\frac{1}{100}$



Explosion d'une chaudière de locomobile à Ciron.

Fig. 2. — Croquis indiquant la disposition des lignes de rupture

Echelle aproximative: 1/20

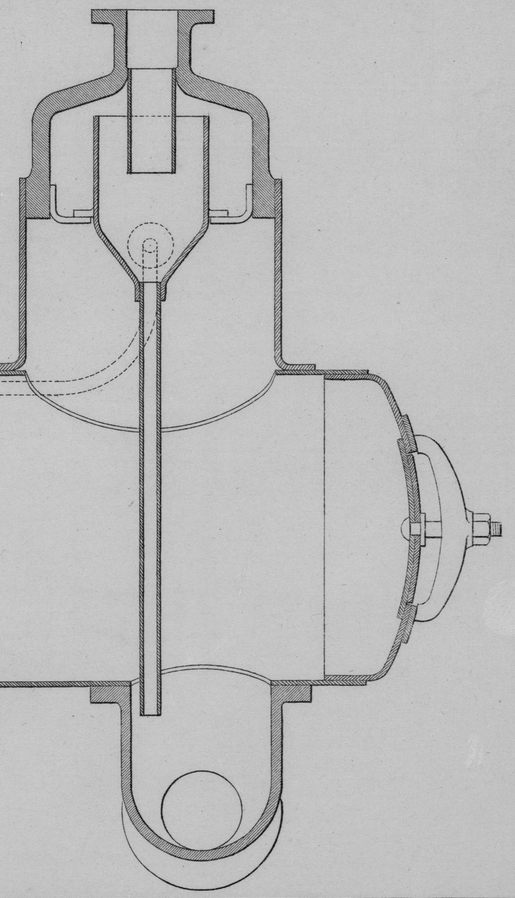


Explosion d'un tube de chaudière à petits éléments à Paris.

Fig. 3

Coupe longitudinale du réservoir d'eau et de vapeur

Echelle = 1/15



Annales des Mines, 8e Série, Tome XV, pages 363 et suiv; pages 372 et suiv.

Macquet sc.

Fig. 1

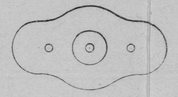


Fig. 2

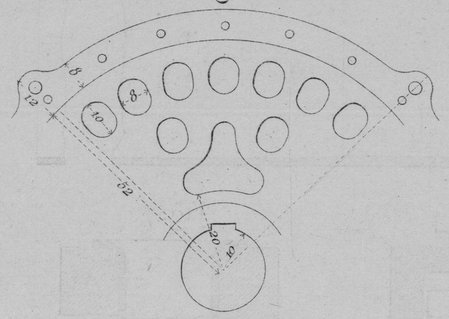
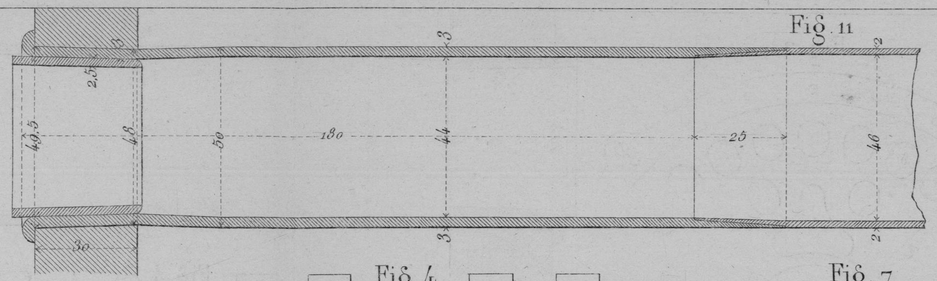


Fig. 11



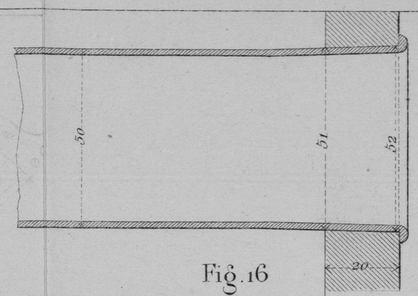


Fig. 15

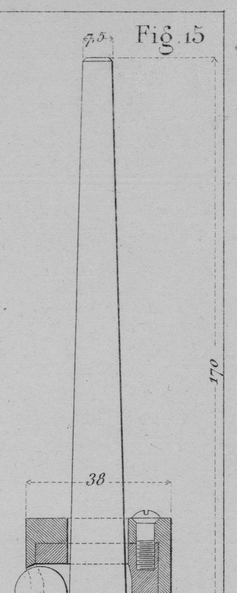


Fig. 2 (Coupe)

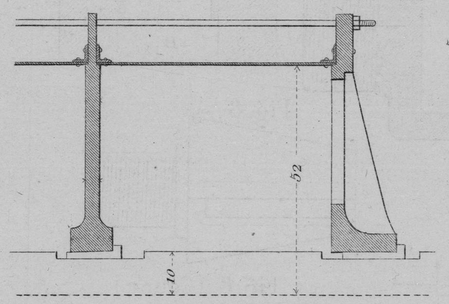


Fig. 3

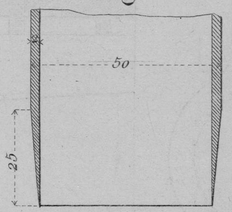
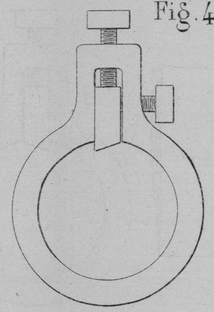


Fig. 4



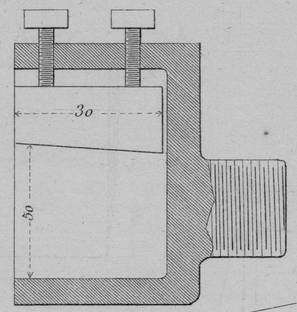


Fig. 7

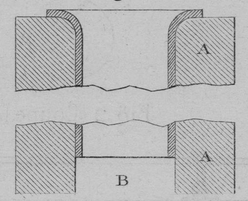


Fig. 16

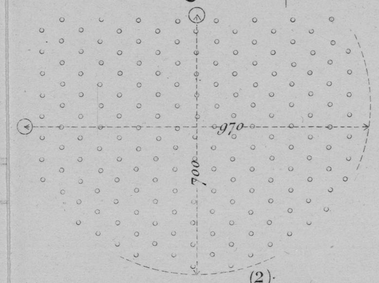


Fig. 8

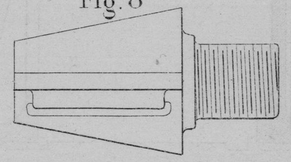


Fig. 8 (Coupe)

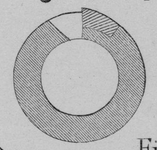


Fig. 9

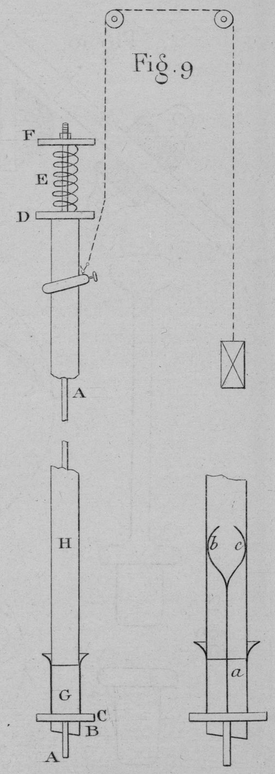


Fig. 10

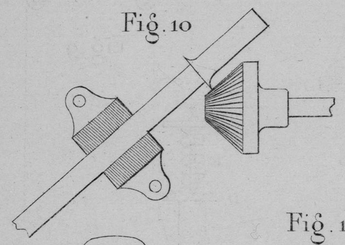


Fig. 12

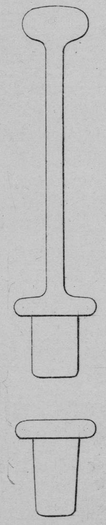


Fig. 14

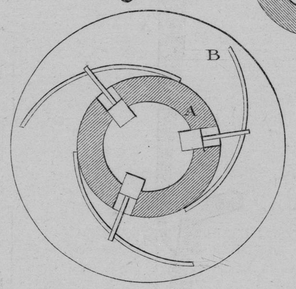


Fig. 13



Fig. 19

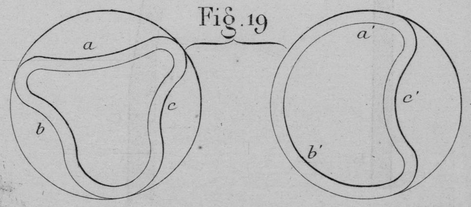


Fig. 5

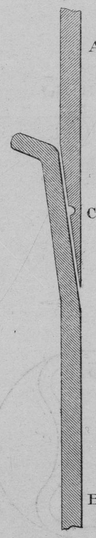


Fig. 6

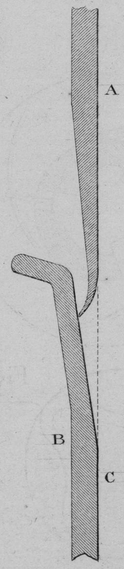


Fig. 18

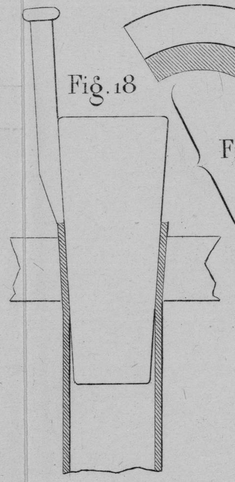


Fig. 17

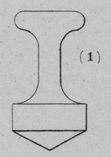


Fig. 18

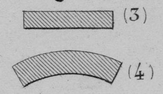
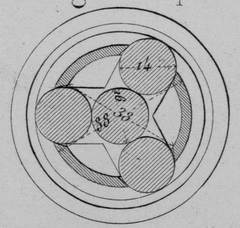


Fig. 15 (Coupe)



FILET DE SURETÉ DU PUITS JULES CHAGOT, DE BLANZY

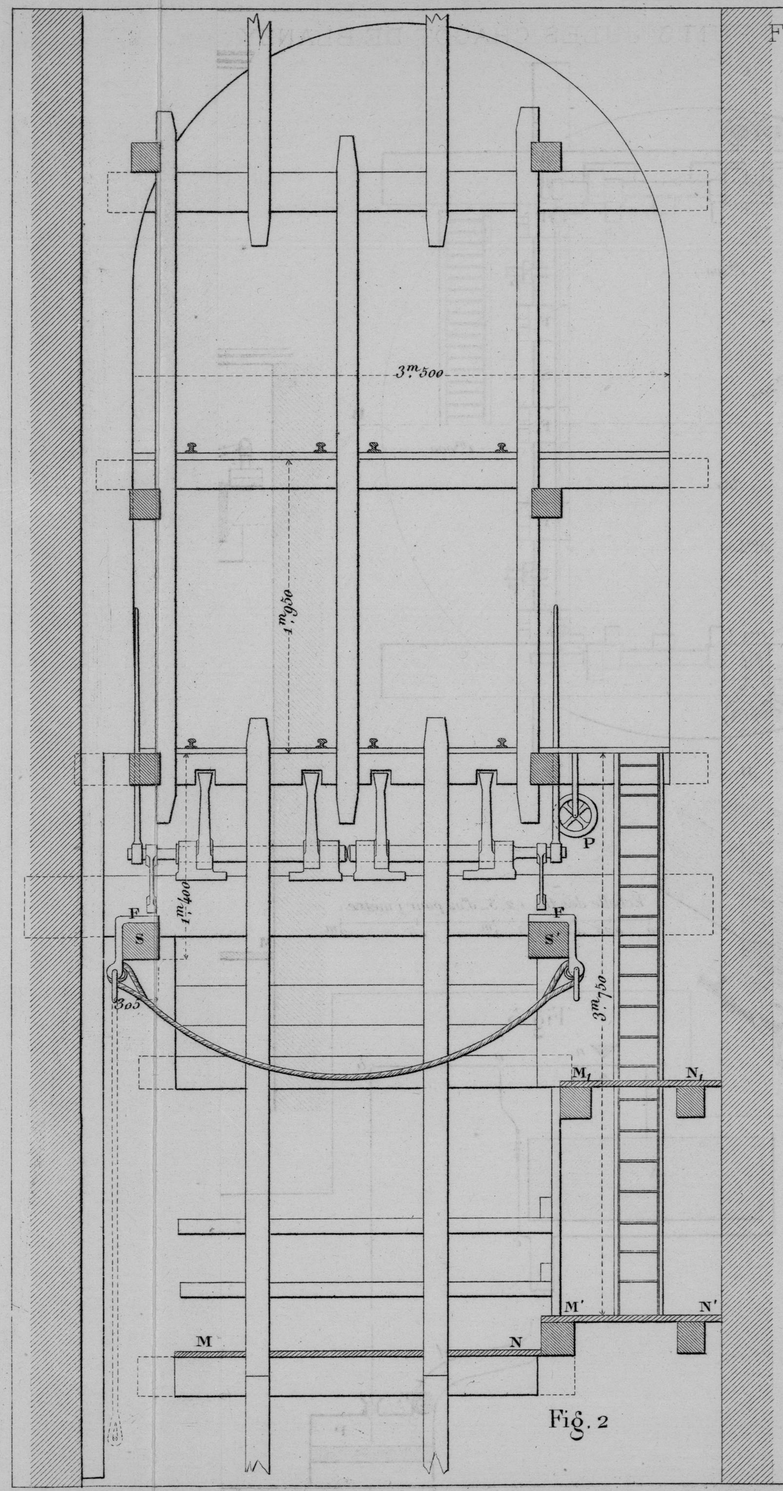


Fig. 2

Fig. 1

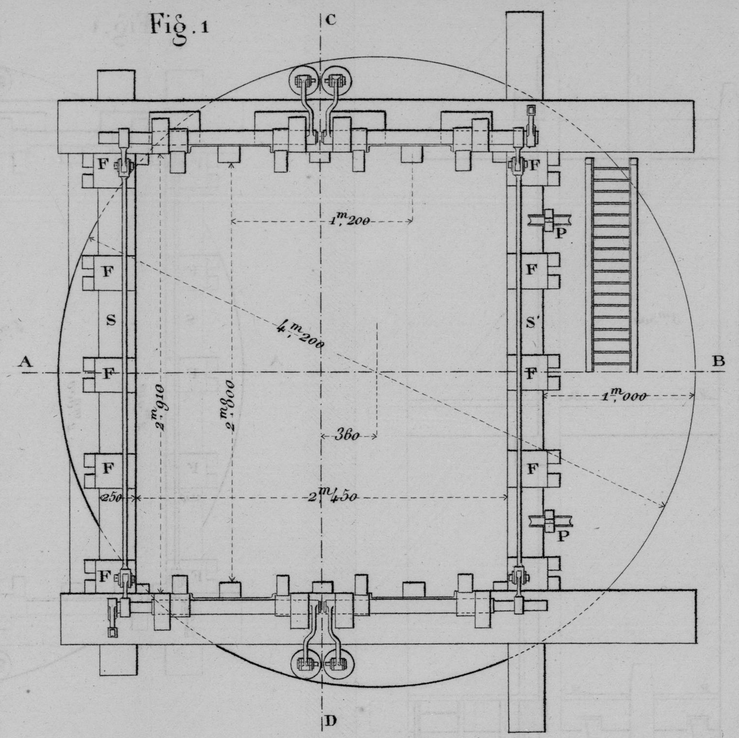
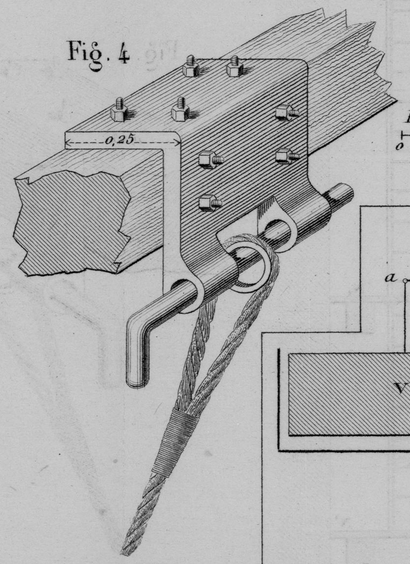


Fig. 4



Echelle des fig. 1, 2, 3 = 0m,02 pour 1 mètre

0 0,25 0,50 0,75 1m 1,5 2m

Fig. 5

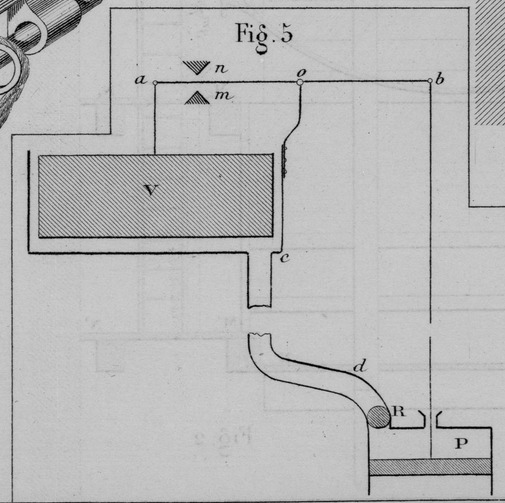


Fig. 3

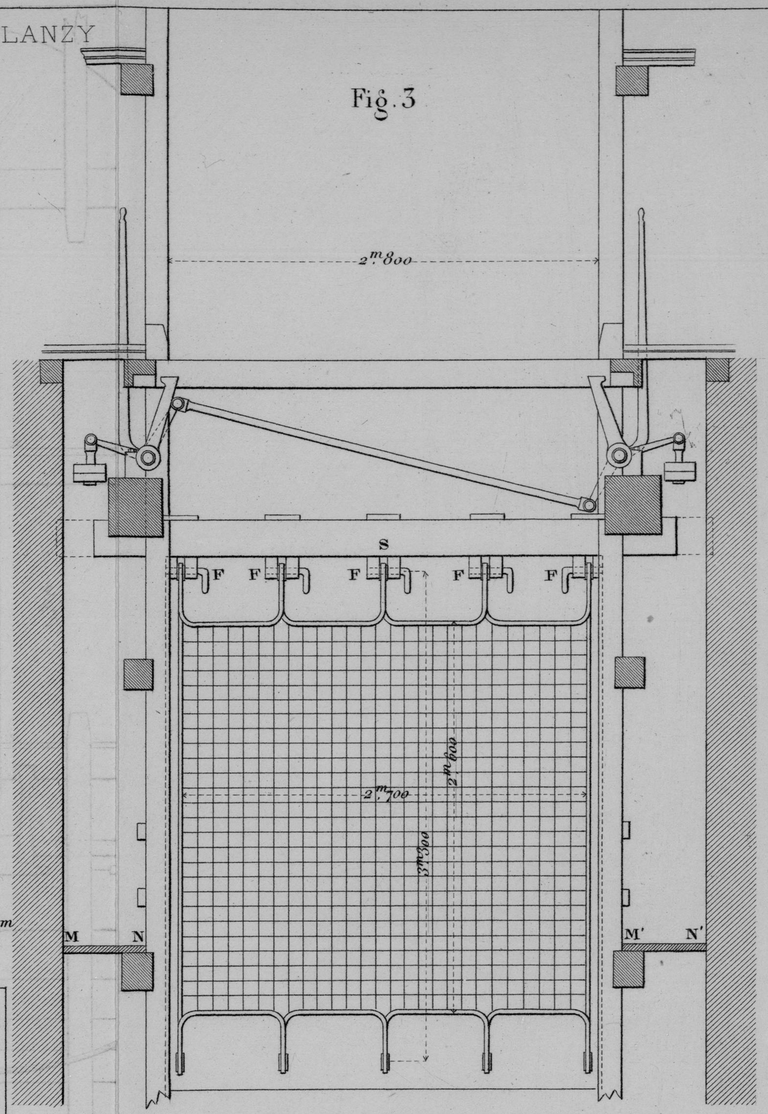
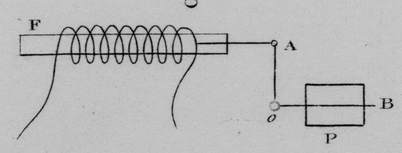
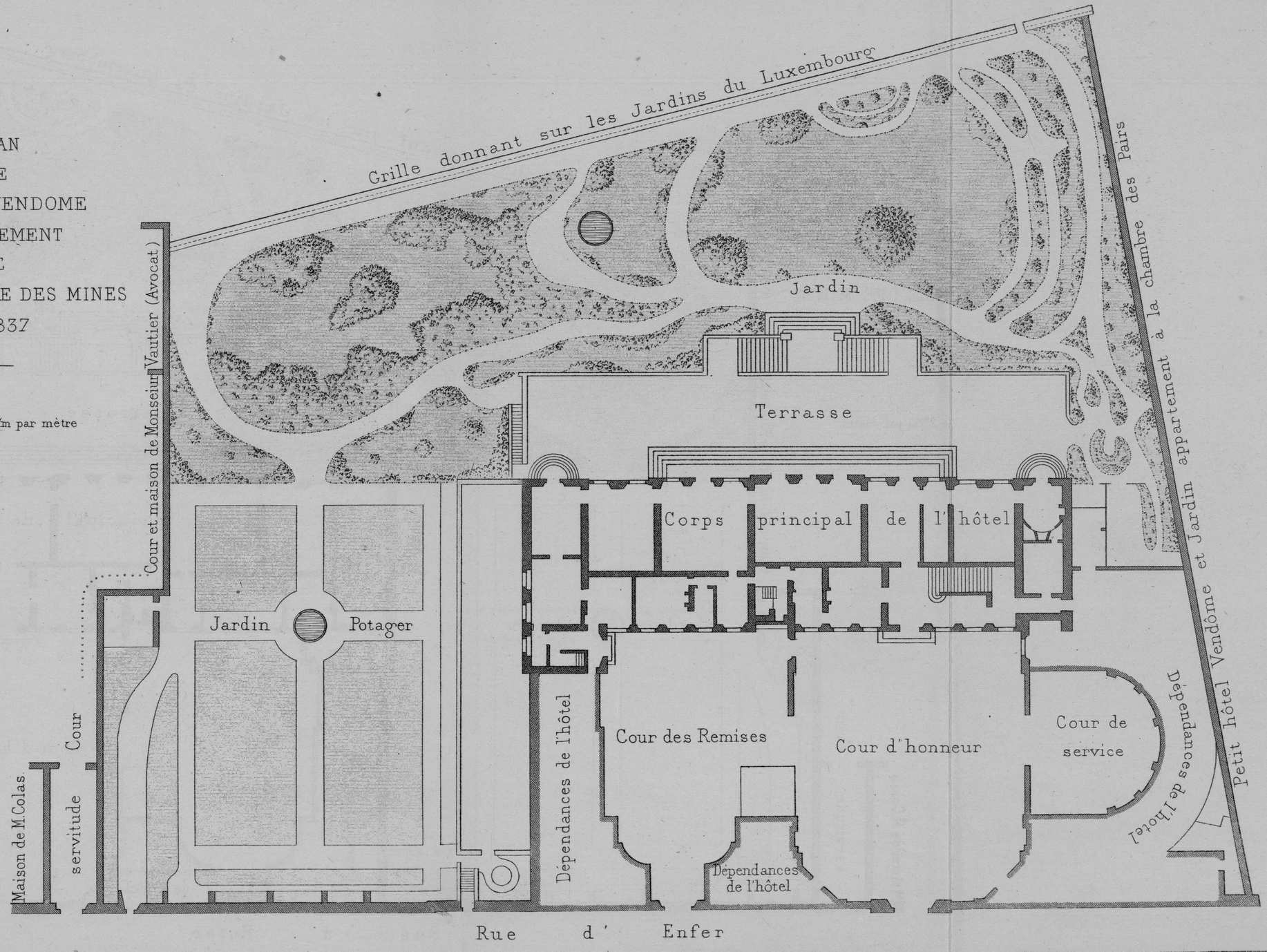


Fig. 6



PLAN DE L'HÔTEL VENDOME EMPLACEMENT DE L'ECOLE ROYALE DES MINES EN 1837

Echelle de 2m/m par mètre



Annales des Mines, 8e Série Tome XV. pages 433 et suiv.

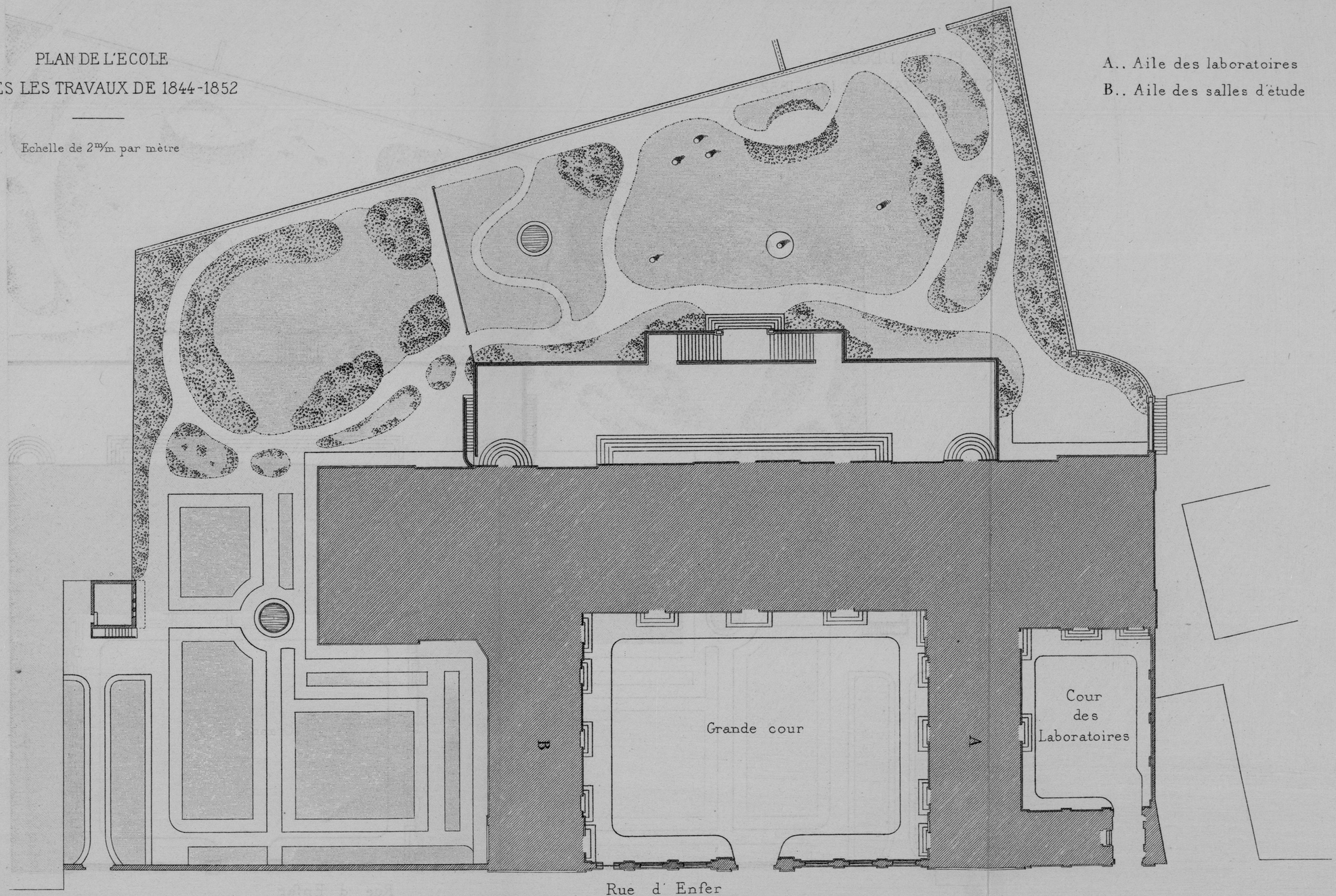
Macquet sc.

ECOLE DES MINES DE PARIS

PLAN DE L'ECOLE
APRÈS LES TRAVAUX DE 1844-1852

Echelle de $2^{m}/_{m}$ par mètre

A.. Aile des laboratoires
B.. Aile des salles d'étude



Annales des Mines, 8e Série Tome XV. pages 433 et suiv.

Macquet sc.

PLAN ACTUEL DE L'ECOLE

Echelle de 2m/m par mètre

A Ancienne aile des laboratoires
B id des salles d'etude

