

N^o 433
(4)

ANNALES

DES MINES

5107

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.

JACQUOT, inspecteur général des mines,
président.

BOCHET, inspecteur général.

L. LUUYT, inspecteur général, directeur
de l'École supérieure des mines.

PESCHART D'AMBLY, inspecteur général.

LINDER, d°

CASTEL, d°

HATON DE LA GOUPILLIÈRE, inspecteur
général.

ROGER, inspecteur général.

ORSEL, d°

MALLARD, inspecteur général, profes-
seur à l'École supérieure des mines.

LORIEUX, inspecteur général, secrétaire
du conseil général des mines.

RÉSAL, ingénieur en chef, professeur
à l'École supérieure des mines.

MM.

KELLER, ingénieur en chef, secrétaire
de la Commission de la statistique de
l'industrie minérale et des appareils
à vapeur.

FUCHS, ingénieur en chef, professeur
à l'École supérieure des mines.

VICAIRE, d°

CARNOT, ingénieur en chef, inspecteur
de l'École supérieure des mines.

AGUILLON, ingénieur en chef, professeur
à l'École supérieure des mines.

DOUVILLÉ, d°

BERTRAND, ingénieur, professeur à
l'École supérieure des mines.

LODIN, 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.

N^o 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 XII.

PARIS

V^{VE} CH. DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES

ET DES TÉLÉGRAPHES

Quai des Augustins, n° 49

1887



N: 453
41



LISTE DES ÉCHANGES AUTORISÉS
ENTRE LES ANNALES DES MINES ET LES PUBLICATIONS
FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES.

Les *Annales des mines* ont été adressées, à titre d'échange, en 1886, aux Sociétés et publications dont les noms suivent :

1. — The Journal of the FRANKLIN INSTITUTE. *Philadelphie.*
2. — The American Journal of science and arts. *New-Haven.*
3. — AMERICAN PHILOSOPHICAL SOCIETY. *Philadelphie.*
4. — Philosophical Transactions of the ROYAL SOCIETY OF LONDON.
5. — The quarterly Journal of the GEOLOGICAL SOCIETY. *Londres.*
6. — Minutes of the Proceedings of the INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS. *Londres.*
7. — ROYAL IRISH ACADEMY. *Dublin.*
8. — Atti della SOCIETA TOSкана DI SCIENZE NATURALI. *Pise.*
9. — Bibliothèque universelle et Revue suisse ; partie scientifique : archives des sciences physiques et naturelles. *Genève.*
10. — Mémoires de la SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE.
11. — SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE. *Paris.*
12. — Journal de mathématiques pures et appliquées. *Paris.*
13. — Annales de Chimie et de Physique. *Paris.*
14. — SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE. *Paris.*
15. — Journal de Pharmacie et de Chimie. *Paris.*
16. — KAISERLICH-KÖNIGLICHE GEOLOGISCHE REICHSANSTALT. *Vienne.*
17. — ROYAL GEOLOGICAL SOCIETY OF CORNWALL. *Penzance.*
18. — GEOLOGICAL SURVEY OF GREAT-BRITAIN. *Londres.*
19. — ROYAL SOCIETY OF EDINBURGH. *Édimbourg.*
20. — SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE. *Saint-Étienne.*
21. — SMITHSONIAN INSTITUTION. *Washington.*
22. — Zeitschrift der DEUTSCHEN GEOLOG. GESELLSCHAFT. *Berlin.*
23. — Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie. *Giessen.*
24. — Zeitschrift des OESTERREICHISCHEN INGENIEUR-UND ARCHITECTEN-VEREINS. *Vienne.*
25. — Anales de la SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA. *Buenos-Ayres.*
26. — Zeitschrift des ARCHITECTEN UND INGENIEUR-VEREINS ZU HANNOVER. *Hanovre.*
27. — GEOLOGICAL SURVEY OF INDIA. *Calcutta.*
28. — Berg-und Huttenmännische Zeitung. *Leipzig.*
29. — Bulletin de la SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE.
30. — SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS.
31. — Il Politecnico. Giornale dell' Ingegnere, Architetto civile ed industriale. *Milan.*
32. — Zeitschrift des VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE. *Berlin.*

Stop
Stop

33. — SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS. *Paris.*
 34. — OBSERVATOIRE DE PARIS.
 35. — BOSTON SOCIETY OF NATURAL HISTORY. *Boston.*
 36. — SOCIÉTÉ LINNÉENNE DE NORMANDIE. *Caen.*
 37. — Moniteur des intérêts matériels. *Bruxelles.*
 38. — Iron. The Journal of science, metals and manufactures. *Londres.*
 39. — KÖNIGLICHE UNGARISCHE GEOLOGISCHE ANSTALT. *Bude-Pesth.*
 40. — The Journal of the IRON AND STEEL INSTITUTE. *Londres.*
 41. — The Engineering and Mining Journal. *New-York.*
 42. — NORTH OF ENGLAND INSTITUTE OF MINING AND MECHANICAL ENGINEERS. *Newcastle-upon-Tyne.*
 43. — LITERARY AND PHILOSOPHICAL SOCIETY OF MANCHESTER.
 44. — Berg-und Hüttenmännisches Jahrbuch der K. K. BERGAKADEMIEN ZU LEOBEN UND PRZIBRAM und der KÖN. UNGAR. BERGAKADEMIE ZU SCHEMNITZ. *Vienne.*
 45. — Oesterreichische Zeitschrift für Berg-und Hüttenwesen. *Vienne.*
 46. — Revue universelle des Mines et de la Métallurgie. *Liège.*
 47. — Transactions of the AMERICAN INSTITUTE OF MINING ENGINEERS. *Easton (Pensylvanie).*
 48. — REALE ACCADEMIA DEI LINCEI. *Rome.*
 49. — AMERICAN CHEMICAL SOCIETY. *New-York.*
 50. — ACADEMY OF NATURAL SCIENCES OF PHILADELPHIA.
 51. — COMISION DEL MAPA GEOLOGICO DE ESPANA. *Madrid.*
 52. — Mémorial de l'Artillerie de la Marine. *Paris.*
 53. — MIDLAND INSTITUTE OF MINING, CIVIL AND MECHANICAL ENGINEERS. *Barnsley (Yorkshire).*
 54. — L'Électricien, revue générale d'électricité. *Paris.*
 55. — Giornale del Genio civile. *Rome.*
 56. — Le génie civil. *Paris.*
 57. — Revista minera y metalurgica. *Madrid.*
 58. — Annales de la SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE BELGIQUE. *Liège.*
 59. — UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. *Washington.*
 60. — INSTITUT ROYAL GÉOLOGIQUE DE SUÈDE. *Stockholm.*
 61. — CANADIAN INSTITUTE. *Toronto.*
 62. — Revue de la législation des mines. *Paris.*
 63. — SECTION DES TRAVAUX GÉOLOGIQUES DU PORTUGAL. *Lisbonne.*
 64. — SECOND GEOLOGICAL SURVEY OF PENNSYLVANIA. *Philadelphie.*
 65. — Annalen des K. K. NATURHISTORISCHEN HofMUSEUMS. *Vienne.*
 66. — Journal of the COLLEGE OF SCIENCE, Imperial University, Japan. *Tokyo.*
 67. — ACADÉMIE IMPÉRIALE LÉOPOLDINO-CAROLINA DES NATURALISTES. *Halle.*

BIBLIOGRAPHIE.

DEUXIÈME SEMESTRE DE 1887.

OUVRAGES FRANÇAIS.

1° *Mathématiques pures.*

- ADAM. — Sur les systèmes triples orthogonaux (thèse). In-4°, 87 p. Paris, Gauthier-Villars. (5942)
 BERDELLÉ (C.). — L'Arithmétique des directions et des rotations. In-8°, 8 p. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (*Assoc. franç. pour l'avanc. des sciences.* Congrès de Nancy, 1886). (7821)
 BIEHLER (C.). — Notes d'algèbre : Sur la théorie des formes et la théorie des équations. In-8°, 40 p. Paris, Gauthier-Villars. 1^f, 50. (5966)
 BOUSSINESQ (J.). — Cours d'analyse infinitésimale à l'usage des personnes qui étudient cette science en vue de ses applications mécaniques et physiques. T. I. Calcul différentiel. Fascicules 1 et 2. 2 vol. In-8°. Fascicule 1 (Partie élémentaire), xx-264 p. avec fig. ; fascicule 2 (Compléments), xii-312 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars. 17 fr. (8111)
 CAUCHY (A.). — Œuvres complètes d'Augustin Cauchy. Publiées sous la direction scientifique de l'Académie des sciences et sous les auspices de M. le ministre de l'instruction publique. 2° série. T. VI. In-4°, 424 p. Paris, Gauthier-Villars. 25 fr. (5764)
 COCCOZ. — Carrés magiques impairs à enceintes successives. In-8°, 5 p. avec 4 fig. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (*Assoc. franç. pour l'avanc. des sciences.* Congrès de Nancy, 1886.) (7856)
 COLLIGNON (E.). — Problème de géométrie. In-8°, 16 p. avec fig. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (Même recueil.) (7858)
 — Rectification. In-8°, 16 p. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (Même recueil.) (8122)

- COMMINES DE MARSILLY (de). — Énumération des lignes courbes plates du troisième degré. In-8°, 20 p. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (Même recueil.) (7864)
- DARBOUX (G.). — Cours de géométrie de la Faculté des sciences. Leçons sur la théorie générale des surfaces et les applications géométriques du calcul infinitésimal. Première partie : Généralités ; Coordonnées curvilignes ; surfaces minima. In-8°, vi-515 p. Paris, Gauthier-Villars. 15 fr. (7072)
- DELANNOY. — Emploi de l'échiquier pour la solution de problèmes arithmétiques. In-8°, 6 p. avec fig. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (*Assoc. franç. pour l'avanc. des sciences*. Congrès de Nancy, 1886.) (10419)
- DUPUIS (J.). — Tables de logarithmes à cinq décimales d'après J. de Lalande, disposées à double entrée et revues par J. Dupuis. Édition stéréotype, contenant les logarithmes des nombres de 1 à 10.000, les logarithmes des sinus et des tangentes des angles calculés de minute en minute jusqu'à 90 degrés, plusieurs tables usuelles et un grand nombre de formules et de nombres utiles. In-16, iv-230 p. Paris, Hachette et C°. 2 fr. (9030)
- Le Nombre géométrique de Platon. In-8°, 6 p. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (*Assoc. franç. pour l'avanc. des sciences*. Congrès de Nancy, 1886.) (10433)
- FLAMME (J.-B.). — Recherches des expressions approchées des termes très éloignés dans les développements du mouvement elliptique des planètes (thèse). In-4°, 120 p. Paris, Gauthier-Villars. (11195)
- FROLOW (M.). — Nouvelles recherches sur les carrés magiques. In-8°, 13 p. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (*Assoc. franç. pour l'avanc. des sciences*. Congrès de Nancy, 1886.) (10451)
- HERMITE. — Cours de M. Hermite à la Faculté des sciences de Paris, rédigé en 1882 par M. Andoyer, élève de l'École normale. 3^e édition, revue par M. Hermite. In-4°, vi-270 p. avec fig. Paris, Hermann. 14 fr. (6593)
- JORDAN (C.). — Cours d'analyse de l'École polytechnique. T. III. Calcul intégral ; Équations différentielles. In-8°, xiv-615 p. Paris, Gauthier-Villars. 17 fr. (7119)
- LAGUERRE (E.). — Recherches sur la géométrie de direction, méthodes de transformation anticaustiques. In-8°, 81 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars. 2 fr. (5844)
- LEBEL. — Abrège-calculs pour la multiplication et la division, calculs faits depuis 1 jusqu'à 10.000, et moyen pratique de les étendre à l'infini. In-12, 27 p. Paris, Beau. (6868)

- LE BRUN (R.). — Méthodes approchées de quadrature. In-8°, 15 p. avec fig. Paris, bureaux du journal *le Génie civil*. (11726)
- LEMOINE (E.). — Étude des points inverses. In-8°, 15 p. Paris, Delagrave. (Extr. du *Journal de mathématiques spéciales*.) (5855)
- Questions diverses sur la géométrie du triangle. In-8°, 19 p. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (*Assoc. franç. pour l'avanc. des sciences*. Congrès de Nancy, 1886.) (8194)
- LONGCHAMPS (G. de). — Les Points d'inflexion dans les cubiques circulaires unicursales droites. In-8°, 8 p. avec fig. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (Même recueil.) (8198)
- Une conique remarquable du plan d'un triangle. In-8°, 15 p. avec fig. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (Même recueil.) (8199)
- LUCAS (E.). — Sur l'emploi des critères cubiques, biquadratiques et octiques suivant un module premier. In-8°, 3 p. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (Même recueil.) (8201)
- OCAGNE (M. D'). — Sur les courbes algébriques de degré quelconque. In-8°, 8 p. Paris, Delagrave. (Extr. du *Journ. de mathématiques spéciales*.) (7150)
- PAINLEVÉ (P.). — Sur les lignes singulières des fonctions analytiques. In-4°, 135 p. Paris, Gauthier-Villars. (5896)
- PICARD (E.). — Cours d'analyse professé à la Faculté des sciences de Paris. Rédigé par MM. L. Caron et Ch. Philippe. In-4°, 416 p. avec fig. Paris, à la Sorbonne. (6942)
- POINCARÉ (H.). — Cours de M. Poincaré, professé à la Faculté des sciences de Paris pendant l'année 1885-1886. Première partie : Cinématique pure ; Mécanismes. In-4°, 136 p. avec fig. Paris, à la Sorbonne. (12379)
- Deuxième partie : Potentiel mécanique des fluides. In-4°, 142 p. avec fig. Paris, à la Sorbonne. (6159)
- REYE (T.). — Leçons sur la géométrie de position ; par le Dr Th. Reye, professeur à l'université de Strasbourg. Traduites de l'allemand par O. Chemin, ingénieur des ponts et chaussées. Première et deuxième parties. 2 vol. in-8°. Première partie, xu-256 p. avec fig. ; deuxième partie, 319 p. avec fig. Paris, Dunod. 15 fr. (6164)
- ROBERTS (S.). — Sur le vingt-cinquième problème du cinquième livre de Diophante et la Solution par Fermat. In-8°, 7 p. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (*Assoc. franç. pour l'avanc. des sciences*. Congrès de Nancy, 1886.) (8044)
- SOUILLART. — Théorie analytique des mouvements des satellites de Jupiter. Seconde partie : Réduction des formules en nombres. In-4°, 200 p. Paris, Imp. nationale. (Extr. des *Mém. pré-*

- sentés par divers savants à l'Acad. des sciences.*) (10318)
Table des matières contenues dans les dix volumes composant la 3^e série du *Journal de mathématiques pures et appliquées* fondé par Joseph Liouville et publié depuis 1875 par M. H. Resal, de l'Institut, professeur à l'École polytechnique; suivie d'une table générale par noms d'auteurs. Années 1875 à 1884. In-4°, 15 p. Paris, Gauthier-Villars. 1^f,75. (40024)
- TANNERY (P.). — La Géométrie grecque; Comment son histoire nous est parvenue et ce que nous en savons, essai critique. Première partie: Histoire générale de la géométrie élémentaire. In-8°, VIII-188 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars. 4^f,50. (14348)
- TARRY (G.) et J. NEUBERG. — Sur les polygones et les polyèdres harmoniques. In-8°, 15 p. avec fig. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (*Assoc. franç. pour l'avanc. des sciences. Congrès de Nancy. 1886.*) (8265)
- TARRY. — Géométrie de situation; Nombre de manières distinctes de parcourir en une seule course toutes les allées d'un labyrinthe rentrant en ne passant qu'une seule fois par chacune des allées. In-8°, 4 p. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (Même recueil.) (8266)
- VAGNIER. — Le Calcul rapide, ou Procédés simples et peu connus permettant de trouver les résultats de la multiplication et de la division des nombres entiers beaucoup plus rapidement qu'avec les règles données par les cours d'arithmétique. In-8°, 15 p. Reims, imp. Matot fils. 1 fr. (7785)

2^o Physique. — Chimie. — Métallurgie.

- BAUDOT (F.). — Histoire, conditions géologiques et principaux usages de l'étain. In-8°, 15 p. Chambéry, imp. Drivet et Ginet. (Extr. du *Bull. de la Soc. de l'industrie minière.*) (8619)
- BELHOMME. — Recherches sur la fabrication de la poudre. In-8°, 34 p. avec fig. Nancy, imp. Berger-Levrault et C^e. (8097)
- BERNOU (E.). — Purification des eaux magnésiennes et séléniteuses. In-8°, 4 p. Paris, imp. V^e Renou et Maulde. (8312)
- BERTHELOT. — Sur la force des matières explosives d'après la thermochimie. 3^e édition, revue et considérablement augmentée. 2 vol. In-8°. T. I, XXVI-405 p. avec fig.; t. II, 451 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars. 30 fr. (8098)
- BERTRAND (J.). — Thermodynamique. In-8°, XVIII-294 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars. 40 fr. (40070)
- BLAREZ (C.). — Sur la formation apparente de quelques arsénates

- au sein du calorimètre. In-8°, 12 p. Bordeaux, imp. Gounouilhou. (Extr. du *Bull. des travaux de la Soc. de pharmacie de Bordeaux.*) (7835)
- BOUANT (E.). — La Galvanoplastie, le Nickelage, la Dorure, l'Argenture et l'Électrométallurgie. In-18 Jésus, VIII-308 p. avec 34 fig. Paris, J.-B. Baillièrre et fils. 3^f,50. (7034)
- Nouveau dictionnaire de chimie, illustré de figures, 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, etc. Avec la collaboration de professeurs, d'ingénieurs et d'industriels. 1^{er} fascicule. A-Chaleur, avec 84 fig. Gr. in-8° à 2 col., 240 p. Paris, J.-B. Baillièrre et fils. (8329)
- BUISINE (A.). — Recherches sur la composition chimique du suint du mouton (thèse). In-8°, 137 p. Lille, imp. Danel. (9253)
- CAPOL (de). — Analyse chimique des terres arables. In-8°, 9 p. Angers, imp. Germain et Grassin. (8646)
- L'Acide chlorhydrique et le Noir animal. In-8°, 11 p. Angers, imp. Germain et Grassin. (8647)
- CORNUT (E.). — Études sur les pouvoirs calorifiques des houilles. In-8°, 24 p. et planches. Lille, imp. Danel. (7300)
- COUHARD (A.). — Résumé de la théorie cellulaire de l'acier. In-8°, 36 p. avec fig. Paris, Berger-Levrault. (Extr. de la *Revue d'artillerie.*) (7870)
- CROOKES (W.). — La Genèse des éléments; mémoire lu le 18 février 1887 à l'Institution royale, par William Crookes, F. R. S. V. P. C. S. Traduit, avec l'autorisation de l'auteur, par M. Gustave Richard, ingénieur civil des mines. In-18 Jésus, 57 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars. 1^f,50. (14906)
- DIDELOT (L.). — Du pouvoir amplifiant du microscope, détermination théorique et expérimentale; suivi d'une table à quatre décimales, des inverses des 4.000 premiers nombres de 0,01 à 40,00. 2^e édition. In-8°, 90 p. avec 2 planches lithographiées. Paris, Savy. (8699)
- FAYE (H.). — Sur les tempêtes: Théories et Discussions nouvelles. In-8°, 79 p. Paris, Gauthier-Villars. 2^f,50. (5801)
- FONVIELLE (W. de). — Démonstration populaire du mouvement de la terre à l'aide du pendule de Léon Foucault, conférence faite à la tour Saint-Jacques le 14 octobre 1887. In-8°, 16 p. Paris, imp. Noirot. 1 fr. (14196)
- FOURNIER (G.). — Terminologie électrique, vocabulaire français-anglais-allemand des termes employés en électricité. Suivi

- d'une bibliographie des ouvrages sur l'électricité et ses applications parus depuis 1870 jusqu'à ce jour. In-16, 64 p. Paris, Tignol. (6807)
- FRIEDEL. — Cours de chimie organique professé à la Faculté des sciences de Paris pendant le deuxième semestre 1885-1886. Deuxième partie : Série aromatique. In-4°, 126 p. Paris, à la Sorbonne. (6066)
- Cours de chimie organique professé à la Faculté des sciences de Paris pendant le deuxième semestre 1886-1887 par M. Friedel, de l'Institut. Rédigé par M. Mansard. Première partie. Série grasse. In-4°, 343 p. avec fig. Paris, à la Sorbonne. (12463)
- GODILLOT (G.-A.). — Foyer spécial pour l'utilisation des combustibles pauvres. In-8°, 7 p. et pl. chromolith. Lille, imp. Danel. (8735)
- GOUAULT (A.). — Note sur l'analyse des mortiers employés dans les constructions. In-8°, 10 p. Rouen, imp. Deshayes. (10462)
- GRIMBERT (L.). — Contribution à l'étude de la dispersion rotatoire. In-8°, 62 p. Paris, imp. Davy. (3818)
- HAMÉLIUS. — Cubilot avec combustion complète de l'oxyde de carbone dans la cuve. In-8°, 3 p. avec 2 fig. Paris, imp. Chaix. (Extr. du *Compte rendu de la Soc. des ingénieurs civils.*) (7364)
- HAMY. — Étude sur la figure des corps célestes (thèse). In-4°, 57 p. Paris, Gauthier-Villars. (6097)
- HIRN (G.-A.). — La Thermodynamique et l'Étude du travail chez les êtres vivants. In-4° à 2 col., 31 p. Paris, bureau des Deux Revues. (Extr. de la *Revue scientifique.*) (9620)
- HOUDAILLE. — Sur l'évaporation dans l'air en mouvement. In-8°, 3 p. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (*Assoc. franç. pour l'avanc. des sciences.* Congrès de Nancy, 1886.) (8464)
- JACQUEZ (E.). — Dictionnaire d'électricité et de magnétisme, étymologique, historique, théorique, technique, avec la synonymie française, allemande et anglaise. Nouvelle édition, entièrement refondue et considérablement augmentée. In-8°, II-466 p. Paris, Klincksieck. 15 fr. (10496)
- JANET (F.). — La Physique mathématique et la Physique expérimentale. (Leçon d'ouverture du cours de physique à la Faculté des sciences de Grenoble.) In-16, 21 p. Paris, bureau des Deux Revues. (Ext. de la *Revue scientifique.*) (6849)
- JANSSEN (J.). — L'Age des étoiles, conférence faite à la Sorbonne le 26 février 1887. In-8°, 10 p. Paris, imp. Chaix. (*Assoc. franç. pour l'avanc. des sciences.*) (11240)
- LANGLOIS (M.). — Composition des gaz ou vapeurs, chaleurs spé-

- cifiques, coefficients de dilatation, chaleurs latentes de vaporisation. In-8°, 12 p. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (*Assoc. franç. pour l'avanc. des sciences.* Congrès de Nancy, 1886.) (10488)
- LE CHATELIER. — Recherches expérimentales sur la constitution des ciments hydrauliques (thèse). In-8°, 89 p. et planche. Paris, imp. Marpon et Flammarion. (6327)
- 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 5^e édition, par M. Albert Bloch. T. I. In-8°, VIII-152 p. Paris, Carré. (8002)
- MOISSAN (H.). — Le Fluor. In-8°, 9 p. Paris, imp. Chaix. (*Assoc. franç. pour l'avanc. des sciences.*) (9926)
- MONDÉSIR (P. de). — Dosage rapide du carbonate de chaux actif dans les terres. In-8°, 19 p. Nancy, imp. Berger-Levrault et C^e. (Extr. des *Annales de la science agronom. française et étrangère.*) (12824)
- MÜLLER (J.-A.). — Étude sur les amines composant la méthylamine commerciale. In-8°, 112 p. avec fig. et planches. Lille, imp. Danel. (7694)
- NICKLÈS (E.). — Purification des eaux magnésiennes et séléniteuses. In-8°, 4 p. Paris, imp. Renou et Maulde. (12548)
- PEROT (A.). — Sur la mesure du volume spécifique des vapeurs saturées, et détermination de l'équivalent mécanique de la chaleur (thèse). In-4°, 47 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars. (12566)
- RICHARD (F.). — Traité économique et pratique des combustibles à l'usage domestique et industriel. (Anthracites, houilles sèches et mi-grasses, houilles à gaz, lignites, tourbes, etc.) In-8°, 16 p. et planche. Saint-Étienne, imp. Pinsard-Bongrand. (7170)
- RISLER (E.). — Dans quelles limites l'analyse chimique des terres peut-elle servir à déterminer les engrais dont elles ont besoin? In-8°, 65 p. Nancy, imp. Berger-Levrault et C^e. (Extr. des *Ann. de l'Institut nat. agronomique.*) (6411)
- SER (L.). — Traité de physique industrielle, production et utilisation de la chaleur. (Principes généraux, foyers, récepteurs de chaleur, cheminées, ventilateurs, etc., thermo-dynamique.) In-8°, VII-896 p. avec 362 fig. dans le texte. Paris, Masson. (11344)
- VAN DER MENSBRUGGHE (G.). — Réflexions sur les principales théories capillaires, annonce de la preuve théorique de l'instabilité de l'équilibre de la couche superficielle d'un liquide. In-8°,

- 5 p. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (*Assoc. franç. pour l'avanc. des sciences*. Congrès de Nancy, 1886.) (8588)
- VINCENT (F.). — Des lieux les plus exposés aux atteintes de la foudre, mémoire lu au congrès des sociétés savantes de la Sorbonne le 27 avril 1886 (section des sciences). In-8°, 24 p. Guéret, imp. Amiault. (Extr. du *Bull. de la Soc. des sciences nat. et archéol. de la Creuse*.) (8911)
- WERNER (E.). — Sur les chaleurs de neutralisation par la soude des composés de la série aromatique. In-8°, 12 p. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (*Assoc. franç. pour l'avanc. des sciences*. Congrès de Nancy, 1886.) (10619)
- WEYHER (C.-L.). — Sur les tourbillons, trombes, tempêtes et sphères tournautes, étude et expériences. In-8°, 93 p. avec fig. et planche. Paris, Gauthier-Villars. 2f,50. (11814)
- ZENGER (C.-V.). — Études spectroscopiques. In-8°, 7 p. avec 1 fig. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (*Assoc. franç. pour l'avanc. des sciences*. Congrès de Nancy, 1886.) (8290)
- Les Paratonnerres symétriques. In-8°, 4 p. avec 2 fig. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (Même recueil.) (8291)
- Les Aurores boréales et les Perturbations magnétiques de l'année 1882 comparées aux héliophotographies. In-8°, 18 p. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (Même recueil.) (12354)

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

- ACY (E. d'). — De l'emmanchement de certains silex taillés de Saint-Acheul ou de Chelles. In-8°, 46 p. Paris, imp. Hennuyer. (Extr. du *Bull. de la Soc. d'anthropologie*.) (7203)
- BISTER (L.). — Étude sur les phosphates de chaux. In-8°, 24 p. Charleville, Imp. nouvelle. (7826)
- BLEICHER (G.). — Guide du géologue en Lorraine (Meurthe-et-Moselle, Vosges, Meuse.) In-18 Jésus, x-210 p. avec figures et 2 planches. Paris, Berger-Levrault et C^e. (9245)
- BOR (A.). — Les Phosphates de Beauval. Petit in-18, 111 p. avec tableau et planches. Amiens, imp. Jeunet. (9780)
- BOURY (E. de). — Description de *Scalidæ* nouveaux des couches éocènes du bassin de Paris et revision de quelques espèces mal connues. In-8°, 56 p. Paris, J.-B. Baillièrre; Klincksieck; Comptoir géologique. (10376)
- Étude sur les sous-genres de *Scalidæ* du bassin de Paris. In-8°, 43 p. Paris, J.-B. Baillièrre; Klincksieck; Comptoir géologique. (10377)

- Carte géologique détaillée de la France, au 80.000°. Feuille n° 248 : Toulon et tour de Camarat. Paris, imp. Lemercier. (1471)
- CHAUVET (G.). — Période néolithique : les Métaux dans les dolmens et le Camp du Peu-Richard. In-8°, 12 p. Angoulême, imp. Chasseignac. (Extr. du *Bull. de la Soc. archéol. et histor. de la Charente*.) (3860)
- Boules et pierres de jet dans les dépôts quaternaires. In-8°, 15 p. et planches. Angoulême, imp. Chasseignac. (Extr. du même recueil.) (8664)
- CLAVENAD (P.). — Une mission dans le Sud oranais : Considérations sur les dunes du Sahara; Études d'un chemin de fer de Thiaret à El Maia; Aperçu géologique sur le Sersou, les hauts plateaux, le Djebel-Amour et le Sahara. Avec 54 figures, vues et coupes géologiques. In-8°, 129 p. Paris, Pitrat. (12167)
- COTTEAU (G.). — Catalogue raisonné des échinides jurassiques recueillis dans la Lorraine. In-8°, 9 p. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (*Assoc. franç. pour l'avanc. des sciences*. Congrès de Nancy, 1886.) (8374)
- CUVIER (F.). — Note sur les terrains tertiaires traversés par le tunnel de Caluire près de Lyon. In-8°, 8 p. avec fig. Lyon, imp. Pitrat aîné. (Extr. de la *Soc. d'anthropologie de Lyon*.) (6256)
- DÉPIERRES (A.). — Le terrain glaciaire dans l'est de la Haute-Saône, contribution à l'étude des anciens glaciers des Vosges. In-8°, 36 p. Vesoul, imp. Suchaux. (Extr. du *Bull. de la Soc. d'agriculture, sciences et arts de la Haute-Saône*.) (9013)
- DIEULAFAIT (L.). — Diamants et Pierres précieuses. 3^e édition. In-18 Jésus, vii-319 p. avec 130 vign. Hachette et C^e. 2f,25. (5787)
- DUFET (H.). — Étude cristallographique et optique des phosphates, arsénates et hypophosphates de soude. In-8°, 44 p. Paris, imp. Chaix. (Extr. du *Bull. de la Soc. franç. de minéralogie*.) (6044)
- DUFOURCET (E.). — Influence des phénomènes sismiques sur l'intensité des courants telluriques : Bruits téléphoniques qui précèdent et accompagnent les tremblements de terre. In-8°, 6 p. Dax, imp. Labèque (Extr. du *Bull. de la Soc. de Borda*.) (8709)
- FAUVELLE. — Limite du bassin parisien sur le territoire de la commune d'Hirson (Aisne); Spongiaires du grès vert. In-8°, 25 p. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (*Assoc. franç. pour l'avanc. des sciences*. Congrès de Nancy, 1886.) (12199)
- FICATIER (A.). — Étude paléoethnologique sur la grotte magdalénienne du trilobite à Arcy-sur-Cure (Yonne). In-8°, 23 p. et

- 3 pl. Auxerre, imp. Gallot. (Extr. de l'*Almanach historique de l'Yonne*.) (8418)
- FISCHER (P.). — Manuel de conchyliologie et de paléontologie conchyliologique, ou Histoire naturelle des mollusques vivants et fossiles; par P. Fischer. Suivi d'un appendice sur les brachiopodes par D. P. Oehlert. In-8°, xxiv-1399 p. avec 23 planches contenant 600 fig., dessinées par S. P. Woodward, et 1438 grav. dans le texte. Paris, Savy. 35 francs. (6803)
- FONTANNES (F.). — Contribution à la faune malacologique des terrains néogènes de la Roumanie. Grand in-4°, 54 p. et 2 pl. Lyon, Georg. (6369)
- FRIEDEL. — Les Progrès de la minéralogie. In-8°, 12 p. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (*Assoc. franç. pour l'avanc. des sciences. Congrès de Nancy, 1886.*) (5809)
- GAUDRY (A.). — Les Ancêtres de nos animaux dans les temps géologiques. In-16, 325 p. av. 49 fig. Paris, J.-B. Baillière. 3f,50.
- GAUTHIER (V.). — Recherches sur l'appareil apical dans quelques espèces d'échinides appartenant au genre Hemiaster. In-8°, 8 p. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (Même recueil.) (8432)
- GONNARD (F.). — Notes minéralogiques sur les environs d'Ambert (Puy-de-Dôme). In-8°, 20 p. Lyon, imp. Pitrat aîné. (7920)
- GOSSELET (J.). — Cours élémentaire de géologie, à l'usage de l'enseignement secondaire classique et de l'enseignement secondaire spécial. Ouvrage orné de 166 fig., d'une carte géologique de la France et de plusieurs coupes géologiques. 10^e édition. In-12, iv-209 p. Paris, V^e Belin et fils. (6381)
- GRAD (C.). — Les Forêts pétrifiées de l'Égypte. In-8°, 9 p. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (*Assoc. franç. pour l'avanc. des sciences. Congrès de Nancy, 1886.*) (12213)
- GRAND'EURY (G.). — Formation des couches de houille et du terrain houiller (géogénie). In-4°, viii-220 p. et 10 planches. Paris, Soc. géologique de France. (Extr. des *Mémoires de la Soc. géol. de France*.) (12478)
- GROSSOUVRE (G. de). — Note sur la constitution géologique des environs de Draguignan. In-8°, 19 p. Draguignan, imp. Latil. (Extr. du *Bull. de la Soc. d'études scient. et archéol. de la ville de Draguignan*.) (6084)
- HYADES. — Mission scientifique du cap Horn (1882-1883). T. iv. Géologie, par le docteur Hyades, médecin principal de la marine. In-4°, 257 p. avec fig., cartes et grav. en noir et en couleur. Paris, Gauthier-Villars. 30 francs. (Ministères de la marine et de l'instruction publique.) (7117)

- JEANJEAN (A.). — La géologie agricole appliquée à la culture de la vigne dans le département du Gard. In-8°, 86 p. Nîmes, Lavagne-Peyrot et Grimaud. Alais, Brugnerolle. Montpellier, Coulet. 2 francs. (10478)
- KILIAN (W.). — Note géologique sur la chaîne de Lure (Basses-Alpes). In-8°, 8 p. avec 4 fig. Rennes, imp. Oberthur. (8181)
- KROUSTCHOFF (K. de). — Notice sur une nouvelle disposition d'un appareil pour les synthèses hydrothermiques; Note sur des masses métalliques provenant de la fusion de basalte avec un gneiss dans des creusets en graphite. In-8°, 8 p. avec fig. Paris, Soc. franç. de minéralogie à la Sorbonne. (Extr. du *Bull. de la Soc. franç. de minéralogie*.) (11994)
- LASAULX (A. de). — Précis de pétrographie, introduction à l'étude des roches; par A. de Lasaulx, professeur à l'université de Bonn. Traduit de l'allemand par H. Forir, ingénieur des mines. 4^e édition. In-16, xx-378 p. Paris, Rothschild. (7953)
- LASNE (H.). — Note sur les phosphates de Beauval et d'Orville. In-8°, 7 p. Paris, Chaix. (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils*.) (12798)
- LÉY (P.). — Note sur les phosphates de la Somme. In-8°, 11 p. Paris, Chaix. (Extr. du même recueil.) (10991)
- MALLARD (E.). — Les Groupements cristallins, conférence faite à la Société chimique de Paris. In-8°, 51 p. avec fig. Paris, bureau des Deux Revues. (Extr. de la *Revue scientifique*.) (9914)
- MEUNIER (S.). — Les Causes actuelles en géologie et spécialement dans l'histoire des terrains stratifiés, cours professé au Muséum d'histoire naturelle. In-8°, xx-496 p. avec fig. Paris, Dunod, 10 francs. (6123)
- Essais de reproduction artificielle de quelques aluminates. In-8°, 8 p. Paris, imp. Chaix. (Extr. du *Bull. de la Soc. franç. de minéralogie*.) (11290)
- NICKLÈS (R.). — Sur une astérie du bajocien des environs de Nancy. In-8°, 3 p. avec figure. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (*Assoc. franç. pour l'avanc. des sciences. Congrès de Nancy, 1886.*) (12283)
- PAYOT (V.). — Note sur la marche des glaciers de la vallée de Chamonix; Découverte de cristaux avec cheveux de Vénus et bulles d'air. In-8°, 11 p. Annecy, imp. Abry. (Extr. de la *Revue savoisienne*.) (8848)
- PERON (A.). — Description du terrain tertiaire sud de l'île de Corse. In-8°, 25 pages avec figures et carte. Paris, 4, rue Antoine-Dubois.

- (*Assoc. franç. pour l'avanc. des sciences.* Congrès de Nancy, 1886.) (10549)
- PERRIER (E.). — Les Coralliaires et les Iles madréporiques. In-8°, 26 p. avec fig. Paris, imp. Chaix. (*Assoc. franç. pour l'avanc. des sciences.*) (10550)
- PETITCLERC (P.). — Terrains crétacés de la rive gauche de l'Ognon; Faune du néocomien inférieur de Devecey (Doubs). In-8°, 9 p. Vesoul, imp. Suchaux. (Extr. du *Bull. de la Soc. d'agriculture, sciences et arts de la Haute-Saône.*) (9147)
- PLAUCHUD (E.). — Le Tremblement de terre du 23 février 1887. In-8°, 48 p. Digne, imp. Chaspoul, Constans et V^e Barbaroux. (10554)
- RÉVIL (J.). — Description géologique de la montagne du Corbelet. In-8°, 23 p. Annecy, imp. Abry. (Extr. de la *Revue savoisienne.*) (8873)
- RIVIÈRE (E.). — Découverte d'un gisement quaternaire dans l'Angoumois. In-8°, 3 pages avec fig. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (*Assoc. franç. pour l'avanc. des sciences.* Congrès de Nancy, 1886.) (12319)
- De quelques bois fossiles trouvés dans les terrains quaternaires du bassin parisien. In-8°, 3 p. avec fig. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (Même recueil.) (12320)
- La grotte des Gerbai. In-8°, 5 pages. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (Même recueil.) (12321)
- ROUVILLE (P.-G. de). — Monographie géologique de la commune de Cabrières (Hérault). In-4°, 62 p. et 7 planches. Montpellier, imp. Boehm et fils. (Extr. des *Mém. de l'Acad. de Montpellier.*) (7742)
- SOLER DE MARTINEZ (F.). — Lecciones de geologia y mineralogia. In-12, 141 p. avec fig. Paris, Garnier frères. (10317)
- VALLOT (J.). — Études pyrénéennes. Deuxième étude : Mécanisme de la destruction des pics granitiques. In-8°, 31 p. avec 6 photographures. Paris, Lechevalier. (5932)
- 3^e et 4^e études. 2 vol. In-8°. 3^e étude (Oscillations des glaciers des Pyrénées), 16 p. et 3 pl.; 4^e étude (Comblement des lacs pyrénéens), 12 p. et 2 pl. Paris, Lechevalier. (6691)
- VÉLAIN (C.). — Les Tremblements de terre, leurs effets et leurs causes. In-8°, 65 pages avec fig. Paris, bureau des Deux Revues. (Extr. de la *Revue scientifique.*) (6694)
- WALTER (H.). — I, Sur la présence du pétrole dans la Crimée (près de Kertsch); II, Levé géologique des terrains. In-8°, 12 p. avec fig. Paris, imp. Noyer. (10048)

- WILSON (T.). — Les Silex de Bréonio. In-8°, 7 p. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (*Assoc. franç. pour l'avanc. des sciences.* Congrès de Nancy, 1886.) (12352)
- WYROUBOFF (G.). — Sur la forme cristalline des chlorures doubles du cuivre et des métaux alcalins. In-8°, 7 p. et pl. Paris, imp. Chaix. (Extr. du *Bull. de la Soc. franç. de minéralogie.*) (5938)
- 4^e Mécanique. — Exploitation des mines. — Droit des mines.
- AGUILLON (L.). — Législation des mines française et étrangère. 3 vol. In-8°. T. I, première partie : Législation française, xvi-450 p.; t. II, première partie : Législation française, 464 p. T. III, deuxième partie : Législation étrangère, 522 p. Paris, Baudry et C^e. (12642)
- ALLEST (J. d'). — Le Chauffage des torpilleurs au moyen des hydrocarbures liquides. In-8°, 23 p. et 3 pl. Paris, bureaux du journal *le Génie civil.* (11822)
- AUGIER. — Description d'un outillage complet pour mines forées. In-8°, 29 pages et planche. Paris, Berger-Levrault. (Extr. de la *Revue du génie militaire.*) (12118)
- AUGUSTE (A.) et ROUART. — Grande scierie à lame sans fin pour débiter les pierres, les marbres et les granits. Suivi de : Machine à essence de pétrole appliquée à la navigation (système de M. Lenoir), par MM. Rouart frères et C^e. Livraison 6. In-8°, iv p. et p. 241 à 288 avec figures. Paris, Lib. technologique. (Extr. de la *Publication industrielle des machines, outils et appareils*, par Armengaud aîné.) (11851)
- De la sécurité dans l'emploi des chaudières à vapeur, notamment pour éclairage électrique, chauffage et ventilation des maisons d'habitation et des établissements et édifices publics. In-8°, 46 p. Paris, Chaix. (12182)
- DENY (E.). — Traité théorique et pratique des machines soufflantes. In-8°, 313 p. avec fig. et album in-4° de 14 pl. Paris, Bernard et C^e. 20 francs. (7079)
- DERAZEY. — Note sur les graisseurs de cylindres de machines à vapeur. In-8°, 4 p. avec fig. Nancy, imp. Berger-Levrault et C^e. (8134)
- DUMONT (L.). — Bellegarde : Force motrice et éclairage par l'électricité. In-8°, 15 p. Nantua, imp. Arène. (8401)
- ELIE (B.). — Des constantes d'élasticité dans les milieux anisotropes. In-8°, 83 p. Bordeaux, imp. Gounouilhou. (Extr. des *Mém. de la Soc. des sciences naturelles de Bordeaux.*) (6796)

- FÉRAUD-GIRAUD. — De la compétence pour le règlement des difficultés naissant à raison de la détermination des limites des concessions de mines. In-8°, 14 p. Lille, imp. Danel. (Extr. de la *Revue de législation des mines.*) (10153)
- FONTÈS. — Sur une cause d'erreur dans le calcul des débits par la formule des déversoirs. In-8°, 7 p. Paris, bureaux du journal le *Génie civil.* (41699)
- GARCEAU. — Note sur la machine à travailler la terre (système Paul Faure). In-8°, 8 p. et planches. Limoges, V° Ducourtioux. (Extr. du *Gay-Lussac.*) (6280)
- GRENIER (O.). — Le Gaz d'eau comprimé pour force motrice : Chauffage, Éclairage et Traction mécanique. In-8°, 52 p. Vienne, Savigné. (9607)
- GRUNER (E.). — Les Associations et Syndicats miniers en Allemagne et principalement en Westphalie. In-4°, 81 p. avec 4 pl. et carte. Paris, Chaix. (7108)
- La Réforme de la législation des mines, coup d'œil sur les projets et les critiques. In-8°, 47 p. Lille, imp. Lefebvre-Ducrocq. (Extr. du *Bull. de l'Assoc. amicale des élèves de l'École sup. des mines.*) (8447)
- HERSCHER (C.). — Étude théorique sur le siphon automatique de chasse d'eau du système Geneste, Herscher et Carette, applicable au lavage des égouts et conduites d'eaux-vannes. In-8°, 9 p. avec 2 fig. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (*Ass. franç. pour l'avanc. des sciences.* Congrès de Nancy, 1886.) (8173)
- HIRN (G.-A.). — Théorie et application du pendule à deux branches. In-4°, 14 pages. Paris, Gauthier-Villars. 0^f,75. (8461)
- LAMBINET (E.). — Indicateur de mouvement, contrôleur de marche des machines marines. In-8°, 6 p. et 5 pl. Marseille, imp. Barlatier-Feissat. (Extr. du *Bull. de la Soc. scient. industrielle de Marseille.*) (12794)
- LANGLOIS (M.). — Introduction à la philosophie atomistique : le Mouvement des infiniment petits au point de vue de la connaissance absolue. In-18 Jésus, 31 p. Beauvais, imp. de la société l'Indépendant. 2 francs. (8480)
- LA RUELLE (J.). — Exploitation et législation des carrières. In-16, vi-189 p. Paris, Berger-Levrault et C°. (12513)
- LEVESQUE (A.). — Ascenseur hélicoïdal et funiculaire, système Backman; Application dans la tour de 300 mètres, note. In-8°, 12 p. avec fig. Paris, imp. Chaix. (8492)
- LIPPMANN. — Cours de thermodynamique professé à la faculté des sciences de Paris, pendant le premier semestre 1885-1886

- In-4°, 158 p. avec fig. Paris, à la Sorbonne. (6112)
- LOBSTEIN (E.). — Les mines de diamant du Cap. In-8°, 18 p. Paris, bureau du journal le *Génie civil.* (10499)
- MADAMET (A.). — Considérations géométriques relatives aux systèmes de distribution Marshall, Joy et autres analogues; Détermination de l'excentrique fictif du tiroir. In-8°, 20 p. et 2 pl. Paris, Bernard et C°. (8203)
- Moteurs à vapeur et pompes de l'usine du Béquet pour l'alimentation de la ville de Bordeaux par la Société des établissements de Quillac d'Anzin. (Hydraulique.) In-8°, 15 p. avec fig. Paris, Libr. technologique. (Extr. de la *Publication industrielle des machines, outils et appareils*, par Armengaud aîné.) (12030)
- PÉRISSE (S.). — Enseignement professionnel : la Machine à vapeur. (Conférence du 10 février 1887.) In-18, 39 p. Paris, Baudry et C°. 0^f,50. (8854)
- PIARRON DE MONDÉSIR. — Aérodynamique, ou Mécanique des gaz. In-8°, 63 p. avec fig. Paris, imp. Capiomont et C°. (9393)
- Procédé pour enlever directement le grisou dans les mines de houille; par J. C. A. Saint-Étienne, imp. Théolier et C°. 0^f,15. (11033)
- Question (la) des délégués mineurs (novembre 1887). In-8°, 50 p. Paris, Chaix. (12307)
- ROUART. — Moteurs à air dilaté. Machine à essence de pétrole appliquée à la navigation. In-8°, 12 p. Paris, Libr. technologique. (Extr. de la *Publication industrielle des machines, outils et appareils*, par Armengaud aîné.) (11049)
- SEGUIN. — Mémoire sur un nouveau système de moteur fonctionnant toujours avec la même vapeur, etc. In-8°, 25 p. Lyon, imp. Pitrat aîné. (7756)
- Considérations sur les causes de la cohésion envisagée comme une des conséquences de l'attraction newtonienne et résultats qui s'en déduisent pour expliquer les phénomènes de la nature; par M. Seguin aîné. In-8°, viii-74 pages et planches. Lyon, imp. Pitrat aîné. (Réimpr. de l'édition de 1855.) (8373)
- VIER (L.). — Observations du comité des houillères de la Loire relatives au projet de loi sur les mines présenté par le gouvernement le 23 mai 1886; par L. Vier, secrétaire dudit comité. In-4°, 19 p. Saint-Étienne, imp. Théolier et C°. (11625)
- WICKERSHEIMER. — Discours prononcé à la séance de la Chambre des députés du 17 juin 1887, dans la première délibération sur la proposition de loi relative aux délégués mineurs. In-8°, 19 p. Paris, imp. des journaux officiels. (Extr. du *Journ. officiel.*) (6201)

3° *Constructions. — Chemins de fer.*

- AMELINE et GRANJUX. — Train sanitaire permanent n° 1 de la compagnie des chemins de fer de l'Ouest. In-8°, 36 p. et 5 pl. Paris, Chaix. (Extr. des *Mémoires de la Soc. des ingénieurs civils.*) (10851)
- BARBAUD (R.). — Voies et moyens de communications en France, en Algérie et en Tunisie (routes, voies navigables, chemins de fer, bureaux ambulants, paquebots, lignes télégraphiques.) 2° édition. In-32. T. I, 128 p.; t. II, 128 p. Paris, Ch. Lavauzelle. (10062)
- BONNEFON. — Fondations au moyen de la dynamite. In-8°, 10 p. et planches. Paris, Berger-Levrault et C°. (Extr. de la *Revue du génie militaire.*) (8634)
- BOULANGIER. — Chemin de fer transcaspien; rapport de mission adressé à M. le ministre des travaux publics en février 1887, par M. Boulangier, ingénieur des ponts et chaussées. In-8°, 67 pages avec figures et cartes. Paris, Berger-Levrault. (Extr. du même recueil.) (12139)
- BUSQUET (L.). — Le Chemin de fer à navires de Pauillac à la Méditerranée. In-8°, 4 p. Bordeaux, imp. Gounouilhou. (10383)
- CAILLÉ. — Note sur un système d'éclisse dite éclisse passe-joint. In-8°, 26 p. avec fig. Paris, Chaix. (10384)
- Carte des chemins de fer à faible trafic en France. Pl. n° 1. (Groupes de la compagnie du Nord et chemins de fer d'intérêt local de la région.) Gravée par Erhard. Paris, imp. Erhard. (1988)
- Carte kilométrique des chemins de fer français et des voies navigables; formant barème perpétuel des distances pour l'application des tarifs, le choix du plus court trajet, le calcul des délais, etc., par J. Maupin. Échelle de 1/1.600.000. (5° édition commerciale, 1887.) (Édition principale avec distances directes de Paris.) Paris, imp. Monrocq. (1939)
- Chemins (les) de fer d'intérêt local en Seine-et-Marne; par Un ingénieur. In-18, 31 pages et carte. Paris, Chaix. (11415)
- CHEVALIER (H.). — Tableaux graphiques pour le calcul des ressorts à lames employés dans le matériel des chemins de fer. In-8°, 7 p. avec fig. Paris, Chaix. (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils.*) (10111)
- DEGRAND (E.) et J. RÉSAL. — Ponts en maçonnerie; par E. Degrand et J. Résal. Avec une introduction par M. C. Lechalas. T. I. Stabilité des voûtes; Résistance des maçonneries; Théorie des

- voûtes droites en berceau; Applications de la théorie des voûtes; Piles, Culées, Voûtes biaises et Voûtes diverses; Renseignements pratiques et Formules usuelles; par J. Résal, ingénieur des ponts et chaussées. In-8°, 392 p. Paris, Baudry et C°. (6540)
- Discussion, à la Société des ingénieurs civils, sur le chemin de fer métropolitain de Paris. In-8°, 125 pages et planche. Paris, Chaix. (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils.*) (6550)
- DUJOUR (A.). — Note sur les rotondes de 90 mètres des dépôts des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée. In-8°, 43 p. et 3 pl. Paris, Chaix. (Extr. du *Bull. technol. de la Soc. des anciens élèves des écoles nat. d'arts et métiers.*) (6047)
- DUPUIS. — De la crise économique et de l'influence des tarifs de chemins de fer sur le régime douanier en France, note lue à la séance de la chambre de commerce de Bourges du 15 février 1887. In-8°, 39 p. Bourges, imp. Siré. (8713)
- EIFFEL et CONTAMIN. — Exposition universelle de 1889. Communication de M. Eiffel à la Société des ingénieurs civils sur les travaux de fondation de la tour de 300 mètres; Communication de M. Contamin sur l'état d'avancement des travaux à exécuter au Champ de Mars. In-8°, 8 p. et 3 pl. Paris, Chaix. (5793)
- GENTILINI (R.). — La traversée des Alpes par le chemin de fer du Simplon. In-8°, 40 p. avec fig. et pl. Paris, imp. Chaix. (6319)
- GOMEL (C.). — La Crise des transports et les Économies des compagnies de chemins de fer. In-8°, 21 p. Paris, Guillaumin et C°. (Extr. de l'*Économiste français.*) (7352)
- GUÉGAN (P.) et F. CAMBUZAT. — Étude sommaire de la législation usuelle des octrois relative aux chemins de fer, aux établissements de la guerre et de la marine militaire ou marchande, de l'industrie privée et aux manufactures de l'État: commentaire théorique et pratique du décret du 12 janvier 1870. In-8°, 68 p. Paris, Noblet et fils. (Extr. de la *Revue pratique de droit français.*) (7109)
- HAULT (A.). — Simples observations sur le projet de métropolitain adopté par la commission de la Chambre des députés. In-8°, 12 p. Paris, imp. Chaix. (Extr. de la séance de la Soc. des ingénieurs civils du 20 mai 1887.) (5823)
- IVANOFF KROHN. — Le Métropolitain de Paris. In-4°, 26 p. avec le plan de Paris. Paris, Chaix. 0^t,50. (8470)
- LAFFARGUE (J.). — Études théoriques et pratiques sur la poussée des terres et la stabilité des murs de soutènement et de revêtement, suivie d'une théorie sur les murs de réservoirs et les

- bâtardeaux. In-8°, 95 p. et 19 planches. Toulouse, imp. Saint-Cyprien. (9328)
- LAPLAICHE (A.). — Notions sur les chemins de fer à l'usage des officiers et sous-officiers de toutes armes (armée active, réserve, armée territoriale). In-18 Jésus, VIII-559 p. avec figures. Paris, Berger-Levrault et C°. (10739)
- Manuel du candidat à l'emploi d'inspecteur particulier de l'exploitation commerciale des chemins de fer. Ouvrage rédigé conformément aux programmes officiels, avec 63 figures dans le texte. In-18 Jésus, XXXII-887 p. Paris, Berger-Levrault et C°. (12511)
- LECOCQ (E.). — Mesures de sécurité appliquées par les grandes compagnies de chemins de fer français. In-8°, 32 p. et planche. Paris, Bernard et C°. (Extr. du *Bull. technol. de la Soc. des anciens élèves des écoles nat. d'arts et métiers.*) (6328)
- LÉVY (M.). — La Statique graphique et ses applications aux constructions. 2^e édition. Quatrième partie. Ouvrages en maçonnerie; Systèmes réticulaires à lignes surabondantes; Index alphabétique des quatre parties. In-8°, x-350 p. et atlas de 4 planches. Paris, Gauthier-Villars. 15 fr. (12522)
- MALÉZIEUX (A.). — Notes relatives à la résistance des maçonneries. In-8°, 16 p. et planche. Saint-Quentin, imp. Poette. (Extr. du *Bull. de la Soc. des architectes de l'Aisne.*) (8206)
- MAUPIN (J.). — Manuel des distances par chemins de fer, par rivières ou canaux et par mer, formant le complément de la carte kilométrique des chemins de fer et des voies navigables. In-8°, 42 pages. Paris, Chaix; Baudoïn. (12266)
- NORDLING (W. de). — Étude sur le chemin de fer métropolitain de Paris. In-4°, 20 p. avec fig. et 2 pl. Paris, Rothschild. (6634)
- PALAA (J. G.). — Dictionnaire législatif et réglementaire des chemins de fer : Résumé des documents officiels en vigueur et des principaux renseignements pratiques sur l'établissement, l'entretien, la police et l'exploitation des voies ferrées; Personnel, exploitation technique, matériel, voie, service commercial. 3^e édition, entièrement remaniée et comprenant un grand nombre de nouvelles indications et notamment les conventions de 1883. 2 vol. In-8°. T. I, VII-824 p.; t. II, 889 p. Paris, Marchal et Billard. Les 2 volumes, 35 fr. (8843)
- PICARD (A.). — Traité des chemins de fer : économie politique, commerce, finances, administration, droit, études comparées sur les chemins de fer étrangers. T. I (Aperçu historique : Résultats généraux de l'ouverture des chemins de fer; Con-

- currence des voies ferrées entre elles et avec la navigation; Construction et exploitation par l'État ou par les compagnies), 724 p. T. II (Classement; Déclaration d'utilité publique; Concession; Concours financier de l'État et des localités; Comptes; Impôts; Construction; Régime des propriétés riveraines, etc.), XXVIII-1002 p. Paris, Rothschild. (7446)
- T. III (Organisation intérieure et personnel des compagnies ou administrations de chemins de fer; Organisation du contrôle de l'exploitation, etc.). In-8°, XLIV-714 p. Paris, Rothschild. (8028)
- T. IV (Exploitation commerciale; Transport des voyageurs et des marchandises; Régime des embranchements, etc.). In-8°, XLII-1075 pages avec figures. (L'ouvrage complet comprend 4 volumes.) Paris, Rothschild. (9699)
- Index général des quatre volumes. In-8°, 98 pages. Paris, Rothschild. (9971)
- Recueil des conventions passées de 1883 à 1886 entre l'État et les compagnies de chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée, Orléans, Nord, Midi, Est, Ouest, Grande-Ceinture et Ceinture (R. D.). In-8°, 223 pages. Paris, Imp. nationale. (Ministère des travaux publics.) (7459)
- SAMPITÉ (A.). — Les Chemins de fer à faible trafic en France. Lignes secondaires, chemins de fer d'intérêt local et tramways à vapeur. In-8°, 467 p. avec un atlas. 18^f, 75. Paris. (6179)
- SEGUIN. — De l'influence des chemins de fer et de l'art de les tracer et de les conduire. In-8°, XIII-349 p. et 6 planches. Lyon, imp. Pitrat aîné. (Réimpression de l'édition de 1839.) (6179)
- SERGET (E.). — Résistance des bois à la flexion et à la compression. In-4°, 32 pages. Mâcon, imp. Protat frères. 5 fr. (8575)
- SOULERIN (L.). — Freins continus pour chemins de fer, étude sur un nouveau système de freins continus. In-8°, II-121 p. et 3 pl. Paris, imp. V^e Ethiou-Pérou et fils. (11062)
- Tramway (le) sur la route de Lille à Tourcoing. Impossibilité de la traction mécanique. In-8°, 14 p. Lille, imp. Danel. (10326)
- Transports par chemin de fer. Prix de faveur accordés par la compagnie du Nord à certains ports de son réseau. 1887. (Chambre de commerce de Boulogne-sur-Mer.) In-8°, 32 pages. Boulogne-sur-Mer, Soc. typographique et lithographique. (12079)
- VIAN (G.). — Les Trains-tramways, leur organisation, leurs avantages, leur application aux lignes de chemins de fer du département de Seine-et-Oise; rapport à M. le préfet de Seine-et-Oise. In-8°, 16 p. Versailles, imp. Cerf et fils. (9447)
- VILLAIN (P.). — Le Cent-septième Projet du chemin de fer métro-

politain. In-8°, 24 p. et 2 planches. Paris, imp. Cusset. (Extr. des *Annales industrielles*.) (12346)

6° *Objets divers.*

- BAYON (A.). — Note sur le prix de revient de l'éclairage électrique dans quelques établissements industriels. In-8°, 40 p. Nancy, Berger-Levrault et C°. (Extr. du *Bull. de la Soc. industrielle de l'Est*.) (12124)
- BUSQUET (L.). — Le Canal des Deux-Mers et le port de Bordeaux. In-8°, 7 p. Bordeaux, imp. Gounouilhou. (8343)
- CHEYSSON (E.). — La Monographie d'atelier et les Sociétés d'économie sociale. In-8°, 40 p. Paris, imp. Levé. (Extr. de la *Réforme sociale*.) (5768)
- La Statistique géométrique, méthode pour la solution des problèmes commerciaux et industriels, conférence faite au congrès de l'enseignement technique, industriel et commercial à Bordeaux, le 24 septembre 1886. In-8°, 38 p. avec fig. Paris, imp. Chaix. (8668)
- La monographie d'atelier, communication faite devant l'Institut international de statistique à Rome, le 10 avril 1887, par M. E. Cheysson, ingénieur en chef des ponts et chaussées. In-8°, 10 p. Paris, imp. Chaix. (Extr. du *Génie civil*.) (12166)
- Comité international des poids et mesures. Deuxième rapport aux gouvernements signataires de la convention du mètre sur l'exercice de 1886. In-4°, 118 p. Paris, Gauthier-Villars. (5772)
- DUMONT. — Étude comparative de l'éclairage électrique et au gaz. In-8°, 35 p. Nantua, imp. Arène. (6262)
- Exposition maritime du Havre en 1887. Notice sur les modèles, cartes et dessins relatifs au service des ponts et chaussées réunis par les soins du ministère des travaux publics. In-8°, 227 p. et 5 pl. Le Havre, imp. Lemale et C°. (8410)
- FERRAND (E.). — Vidanges et égouts : le Tout à l'égout ; les Fosses et l'Aspiration pneumatique. In-8°, 23 p. Lyon, imp. Plan. (5802)
- GUETIER (A.). — Technologie professionnelle des arts et métiers. Le Forgeron mécanicien. In-8°, XLVI-243 p. et atlas in-8° de 40 pl. Paris, Bernard et C°. (7110)
- HUGUENIN (P.). — Aide-mémoire de l'ingénieur : Mathématiques, Mécanique, Physique et Chimie, Résistance des matériaux, Statique des constructions, Éléments des machines, Machines motrices, etc. Édition française du Manuel de la société La

- Hütte, par Philippe Huguenin. In-18 jésus, XXXII-1188 p. Paris, Baudry et C°. (6846)
- JOLY (E.). — La Photographie pratique : Manuel à l'usage des officiers, des explorateurs et des touristes. In-18 jésus, 63 pages. Paris, Gauthier-Villars. 1^f, 75. (5838)
- LIMOUSIN (C. M.). — Ce que coûtent aux contribuables les transports par voies de terre et par voies d'eau. In-8°, 12 p. Paris, Guillaumin et C°. (Extr. du *Journal de la Soc. de statistique de Paris*.) (5858)
- MERCADIER (E.). — Traité élémentaire de télégraphie, leçons faites à l'administration centrale des télégraphes, à l'usage des auxiliaires, surnuméraires, commis des postes et télégraphes, des écoles de télégraphie militaire, et de toutes les personnes qui désirent acquérir des notions de télégraphie. 2^e édition, Première partie. Télégraphie électrique, appareils simples et systèmes de communication usuels. In-18 jésus, 283 p. avec 158 gravures. Paris, Masson. (8802)
- NELSON (W.). — Aperçu de quelques difficultés à vaincre dans la construction du canal de Panama. In-8°, 71 p. Paris, imp. Symonds. 1 fr. (7695)
- NOURRISSON (P.). — L'Ouvrier et les accidents. In-18, 100 p. Paris, Larose et Forcel. (8836)
- PERCY C. GILCHRIST. — Agronomie : Emploi des scories basiques en agriculture ; par M. Percy C. Gilchrist, de Londres. Traduction par Léon Durassier, ingénieur civil des mines. In-8°, 41 p. Paris, imp. Chaix. (Extr. du *Génie civil*.) (8533)
- POTHIER (F.). — Histoire de l'École centrale des arts et manufactures d'après des documents authentiques et en partie inédits, avec une médaille et cinq portraits reproduits en héliogravure. Grand in-8°, 559 p. Paris, Delamotte fils et C°. 48 fr. (9974)
- RÉMAURY (H.). — Études économiques (deuxième partie) : les Habitations ouvrières et les Petits Logements à bon marché. In-8°, 34 p. Paris, bureaux du journal le *Génie civil*. (5908)
- SEILLAN (J.). — Le Canal des Deux-Mers, mémoire. In-8°, 19 p. Auch, imp. Foix. (8574)
- VILLARD (G.). — L'eau dans les villes, ses fonctions diverses ; Alimentation ; Hygiène ; Industrie ; Distribution des forces motrices à domicile. In-8°, 39 p. Lyon, imp. Waltener et C°. (7796)

OUVRAGES ANGLAIS.

1° *Mathématiques pures.*

- BOTTOMLEY (J. T.). — Four-Figure Mathematical Tables. Comprising Logarithmic and Trigonometrical Tables, and Tables of Squares, Square Roots and Reciprocals. In-8°, 50 p. Macmillan. 3^f,15.
- PROCTOR (R. A.). — Easy Lessons in the Differential Calculus. Indicating from the Outset the Utility of the Processes called Differentiation and Integration. In-12, 120 p. Longmans. 3^f,15.
- First Steps in Geometry : A Series of Hints for the Solution of Geometrical Problems. With Notes on Euclid, useful Working Propositions, and many Examples. In-12, 186 p. Longmans. 4^f,40.
- ROBERTS (R. A.). — A Treatise on Integral Calculus. Part I, containing an Elementary Account of Elliptic Integrals and Applications to Plane Curves, with numerous Examples. In-8°, 368 p. Dublin, Hodges. Longmans. 3^f,15.

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

- AVELING (F. W.). — An Elementary Treatise on Light and Heat. Illust. with Diagrams. In-8°, 158 p. Relfe Bros. 4^f,40.
- COHEN (J. B.). — The Owens College Course of Practical Organic Chemistry. In-18, 212 p. Macmillan. 3^f,15.
- BITTMAR (W.). — Exercises in Quantitative Chemical Analysis, with a Short Treatise on Gas Analysis. In-8°, 306 p. Williams and Norgate. 13^f,15.
- DURRANT (R. G.). — Laws and Definitions connected with Chemistry and Heat. With Notes on Physical and Theoretical Chemistry; also Special Tests and Examples for Practical Analysis. In-8°, 112 p. Rivingtons. 3^f,75.
- ESSON (W. B.). — Magneto- and Dynamo-Electric Machines, with a Description of Electric Accumulators : A Practical Handbook, with Use of the German of Glaser de Cew. 2nd ed., enlarged, with a New Preface and an Additional Chapter on the latest Types of Machines. In-8°, xi-312 p., avec 99 fig. Whittaker and Co. 9^f,40.
- GORE (G.). — Theory and Practice of Electro-Deposition, inclu-

- ding every known Mode of Depositing Metals, Preparing Metals for Immersion, Taking Moulds, and Rendering them Conducting. New ed. In-12, 130 p. Charles. 2^f,50.
- HARTLEY (W. N.). — A Course of Quantitative Analysis for Students. In-8°, 230 p. Macmillan. 6^f,25.
- KEMPE (H. R.). — A Handbook of Electrical Testing. 4th ed. Adopted by the Postal Telegraph Department. In-8°, 550 p. Spon. 20 fr.
- KENNEDY (R.). — Electrical Distribution by Alternating Currents and Transformers. In-8°, 60 p. Alabaster, Gatehouse and Co. 2^f,50.
- LUNGE (G.). — Coal Tar and Ammonia : Being the Second and Enlarged Edition of a Treatise on the Distillation of Coal Tar and Ammoniacal Liquor. In-8°, 756 p. Gurney and Jackson. 39^f,40.
- MUTER (J.). — A Short Manual of Analytical Chemistry. 3rd ed. In-8°, 210 p. W. Baxter. 8^f,15.
- REYNOLDS (J. E.). — Experimental Chemistry for Junior Students. Part 4. Chemistry of Carbon Compounds of Organic Chemistry. With an Appendix on Ultimate Organic Analysis. In-18, 360 p. Longmans. 5 fr.
- ROSCOE (H. E.) and SCHORLEMMER (C.). — The Chemistry of the Hydrocarbons and their Derivatives; or, Organic Chemistry. Vol. 3. Part 4. In-8°, 530 p. Macmillan. 26^f,25.
- STUTZER (A.). — Nitrate of Soda : Its Importance and Use as Manure : Prize Essay. Rewritten and Edited by Paul Wagner; according to the Views of the Committee of Judges, partly considering the Second Prize Essay. By Prof. A. Damseaux Gembloux. In-8°, vii-98 p. Whittaker and Co. 3^f,15.
- TIDY (C. M.). — Handbook of Modern Chemistry, Inorganic and Organic, for the use of Students. 2nd ed., revised and enlarged. In-8°, 890 p. Smith and Elder. 22^f,50.

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

- GEIKIE (A.). — The Scenery of Scotland, viewed in connection with its Physical Geology. 2nd ed., with 2 Geological Maps and numerous Illust. In-8°, 492 p. Macmillan. 15^f,65.
- GEOLOGICAL SURVEY. — Halesworth and Harleston, The Geology of the Country Around, etc. 1^f,25.
- Memoirs to Accompany Sheet 25 of the Maps of the Geological Survey of Ireland. 1^f,25.

- GEOLOGICAL SURVEY. — Otterburn and Elsdon : The Geology of the Country Around. 3^f,15.
- HOWORTH (H. H.). — The Mammoth and the Flood : An Attempt to Confront the Theory of Uniformity with the Facts of Recent Geology. In-8°, 496 p. Low. 22^f,50.
- HULL (E.). — A Sketch of Geological History : Being the Natural History of the Earth and of its Pre-Human Inhabitants, With an Illustrative Diagram drawn by the Author. In-8°, 194 p. Deacon. 4^f,40.

4° Mécanique. — Exploitation des mines.

- ARMOUR (J.). — Power in Motion : Horse Power, Wheel Gearing, Driving Bands and Angular Forces. (Weale's Series.) 3rd ed. In-12, 190 p. Crosby Lockwood. 2^f,50.
- BALL (M. P.). — A Handbook for Steam Users : Being Rules for Engine Drivers and Boiler Attendants; with Notes on Steam Engine and Boiler Management, and Steam Boiler Explosions. In-8°, 102 p. Longmans. 3^f,15.
- CRYER (T.) and JORDAN (H. G.). — Machine Construction and Mechanical Drawing, including Spur and Bevil Gearing, for the use of Students in Science and Technical Schools. In-4°. Heywood. 3^f,15.
- HUNT (R.). — British Mining. New ed., revised. In-8°, 960 p. avec plus de 230 fig. Crosby Lockwood. 52^f,50.
- LOCKWOOD'S Dictionary of Terms used in the Practice of Mechanical Engineering. Embracing those Current in the Drawing Office, Pattern Shop, Foundry, Fitting, Turning, Smith's and Boilers' Shops, etc. Comprising upwards of Six Thousand Definitions. Edit. by a Foreman Pattern Maker. In-8°, 420 p. Crosby Lockwood. 9^f,40.
- MACGREGOR (J. G.). — An Elementary Treatise on Kinematics and Dynamics. In-8°, 526 p. Macmillan. 13^f,15.
- MERIVALE (J. H.). — Notes and Formulæ for Mining Students. 2nd ed., revised. In-12, 458 p. Crosby Lockwood. 3^f,15.
- MUNRO (R. D.). — Steam Boilers : Their Defects, Management and Construction. In-8°, 106 p., avec nombreuses fig. et tableaux. Griffin. 4^f,40.
- Oxford and Cambridge Mechanics. In-8°. Gill. Vol. I, Statics. 1^f,25. — Vol. II, Hydrostatics, Pneumatics, and Dynamics. 1^f,25.
- Parliamentary. — Explosion at Udston Colliery. Plan to accompany Report. 0^f,65.

- Parliamentary. — Mines and Minerals. Statistics for 1886. 4^f,50. — Mines, Reports of Inspectors for 1886. 11^f,25.
- RANKINE (W. J. M.). — A Manual of Machinery and Millwork. 6th ed., thoroughly revised by W. J. Millar. In-8°, 610 p. Griffin. 15^f,65.
- SKINNER (W.). — Mining Manual for 1887. In-8°. Skinner. 6^f,25.
- TODHUNTER (I.). — A Treatise on Analytical Statics. With numerous Examples. 5th ed., edited by J. D. Everett. In-8°, 364 p. Macmillan. 13^f,15.

5° Constructions. — Chemins de fer.

- All about our Railways. Edit. by A. Montefiore. In-8°, 140 p. Carr and Co. 1^f,25.
- All About our Railways. In-12, 184 p. Tit Bits Office. 1^f,25.
- CAPSTAFF (J. S.). — Tabulated Weights of Angles, Tees and Plates in Iron and Steel, for the Use of Shipbuilders, Manufacturers, etc. In-32, 70 p. W. Scott. 3^f,15.
- LINTERN (W.). — The Mineral Surveyor and Valuer's Complete Guide. 2nd ed. With an Appendix on Magnetic and Angular Surveying. In-12, 240 p. Crosby Lockwood. 4^f,40.
- MOOS (N. A.). — An Elementary Treatise on the Strength of Materials and Strains in Structures. For the Use of the Senior Students of the College of Science, Poona. In-8°, VIII-84 p. Griffith, Farran and Co. 4^f,40.
- Parliamentary. — Railway Accidents. Returns, January-June. 1^f,25. — Railways. Continuous Brakes. January-June Return. 1^f,35.
- WILSON (R.). — Boiler and Factory Chimneys. 2nd ed. In-8°, 64 p. Crosby Lockwood. 4^f,40.

6° Sujets divers.

- BURNS (W.). — Illuminating and Heating Gas : A Manual of the Manufacture of Gas from Tar Oil and other Liquid Hydrocarbons, and Extracting Oil from Sewage Sludge. In-8°, 68 p. Spons. 6^f,25.
- DYE (F.). — Hot Water Supply : A Practical Treatise upon the Fitting of Hot Water Apparatus for Domestic and General Purposes. In-8°, 90 p. Spons. 3^f,75.
- GAS WORKS STATISTICS, 1887. Compiled from Special Returns Received from Engineers and Secretaries throughout the United

- Kingdom. Edit. by Charles W. Hastings. Ninth issue. Demi in-8°, 97 p. Scientific Publishing Co. Lim. 4^f,40.
- MOLESWORTH (G. L.). — Pocket-Book of Useful Formulæ and Memoranda for Civil and Mechanical Engineers. 22nd ed., revised and enlarged. In-32. Spons. 7^f,50.
- RANKINE (W. J. M.). — A Manual of Civil Engineering. With numerous Diagrams. 16th ed., thoroughly revised by W. J. Millar, C. E. In-8°, 828 p. C. Griffin and Co. 20 fr.
- SALOMON (D.). — Management of Accumulators and Private Electric Light Installations. 3rd ed., revised and enlarged. In-8°, 144 p. Whittaker. 3^f,75.

OUVRAGES AMÉRICAINS.

- BUTTS (E.). — The Civil Engineer's Field-Book. In-12. New-York. 15^f,65.
- Geological Survey of the United States.* Bulletin No. 34 : On the Relation of the Laramie Molluscan Fauna to that of the succeeding Fresh-Water Eocene and other Groups. By Dr. Charles A. White. In-8°, 54 p. et 5 pl. Washington. 0^f,50.
- Bulletin No. 35 : The Physical Properties of the Iron Carburets. By Carl Barus and Vincent Strouhaf. In-8°, 62 p. Washington. 0^f,50.
- Bulletin N° 36 : Subsidence of Fine Solid Particles in Liquids. By Carl Barus. In-8°, 58 p. Washington. 0^f,50.
- Bulletin No. 37 : Types of the Laramie Flora. By Lester F. Ward. In-8°, 354 p. et 57 pl. Washington. 2^f,50.
- Bulletin No. 38 : Peridotite of Elliott County, Kentucky. By Joseph S. Diller. In-8°, 31 p. et 1 pl. Washington. 0^f,50.
- Bulletin No. 39 : The Upper Beaches and Deltas of the Glacial Lake Agassiz. By Warren Upham. In-8°, 84 p. et 1 pl. Washington. 0^f,50.
- HEILPRIN (A.). — Explorations on the West Coast of Florida and in the Okeechobee Wilderness. With Special Reference to the Geology and Zoology of the Floridian Peninsula. A Narrative of Researches undertaken under the Auspices of the Wagner Free Institute of Science of Philadelphia. In-8°, VII-134 p., avec 23 pl. Philadelphie. 15^f,65.

- NEWCOMB (S.). — Elements of the Differential and Integral Calculus. In-12, 307 p. New-York. 11^f,25.
- PETERS (E. D.). — Modern American Methods of copper smelting. In-8°, 342 p. avec fig. New-York.
- WELLINGTON (A. M.). — The Economic Theory of the Location of Railways : An analysis of the Conditions Controlling the Laying-out of Railways to Effect the most Judicious Expenditure of Capital. Revised and Enlarged ed. In-8°, xx-980 p. New-York. 31^f,25.

OUVRAGES ALLEMANDS.

1° Mathématiques pures.

- BLATER (J.). — Tafel der Viertel-Quadrate aller ganzen Zahlen von 1—200.000, welche die Ausführung von Multiplikationen, Quadrirungen und das Ausziehen der Quadratwurzel bedeutend erleichtert und durch vorzügliche Correctheit fehlerlose Resultate verbürgt. Vienne, Hölder. In-4°, XVI-205 p. 15 fr. (2885)
- BOBEK (K.). — Ueber Curven 4. Ordnung vom Geschlechte 2, ihre Systeme berührender Kegelschnitte und Doppeltangenten. (Extr. des *Denkschr. d. k. Akad. der Wissenschaften.*) Vienne, Gerold's Sohn. In-4°, 38 p. 2^f,25. (3256)
- BOLTZMANN (L.). — Ueber die zum theoretischen Beweise des Avogadro'schen Gesetzes erforderlichen Voraussetzungen. (Extr. des *Sitzungsber. d. k. Akad. der Wissenschaften.*) Vienne, Gerold's Sohn. In-8°, 31 p. av. 3 fig. 0^f,75. (3259)
- GORDAN (P.). — Vorlesungen über Invariantentheorie. Herausgegeben von G. Kerschensteiner. II. Bd. : Binäre Formen. Leipzig, Teubner. In-8°, XII-360 p. 14^f,50. (2895)
- HARNACK (A.). — Die Grundlagen der Theorie des logarithmischen Potentials und der eindeutigen Potentialfunktion in der Ebene. Leipzig, Teubner. In-8°, IV-158 p. 5^f,25. (3618)
- HOFMANN (F.). — Methodik der stetigen Deformation von zweiblättrigen Riemann'schen Flächen. Ein Uebungsbuch für den geometrischen Teil der Funktionentheorie. Halle, Nebert. In-8°, VI-50 p. av. nombreuses figures. 2^f,50. (3620)
- IGEL (B.). — Zur Theorie der Combinanten und der Theorie der Jerrard'schen Transformation. (Extr. des *Denkschr. d. k. Akad. der Wissenschaften.*) Vienne, Gerold's Sohn. In-4°, 32 p. 2 fr. (3285)

- JOCHNICK (W.). — Les Formes principales des lignes du troisième degré. Stockholm. In-4°, 13 p. av. 58 pl. 9^f,40. (3985)
- KERZ (F.). — Plaudereien über die Kant-Laplace'sche Nebularhypothese. Iéna, Mauke. In-8°, VIII-103 p. 3^f,75. (2546)
- KLEYER (A.). — Lehrbuch der ebenen Trigonometrie. Eine Sammlung von 1049 gelösten oder mit Andeutungen versehenen, trigonometrischen Aufgaben aus der angewandten Mathematik mit 797 Erklärungen, 563 in den Text gedruckten Figuren und 65 Anmerkungen, nebst einem ausführlichen Formelnverzeichnis von über 500 Formeln. Stuttgart, Maier. In-8°, XXII-960 p. 22^f,50. (3624)
- KOCH (W.). — Die conforme Abbildung des hyperbolischen Paraboloids auf einer Ebene. Greifswald; Berlin, Mayer et Muller. In-8°, 43 p. 1^f,50. (2907)
- KÜPPER (C. J.). — Hyperelliptische C^{3a}. Hiezu ein Anhang von C. Bobek. (Extr. des *Abhandl. d. k. böhm. Gesellschaft der Wissenschaften*). Prague, Calve. In-4°, 47 p. 1^f,80. (2911)
- LOLLING (W. F.). — Die Quadratur des Zirkels. Dargestellt in 3 Zeichnungen und erläutert. Hambourg, Kramer. In-8°, 15 p. 1^f,25. (2548)
- NEUMANN (C.). — Ueber die Methode des arithmetischen Mittels. I. Abhandlung. (Extr. des *Abhandl. d. k. sächs. Gesellschaft der Wissenschaften*.) Leipzig, Hirzel. In-8°, 116 p., av. 11 fig. 4 fr. (2232)
- NEUMANN (F.). — Vorlesungen über die Theorie des Potentials und der Kugelfunctionen. Herausgegeben von C. Neumann. Leipzig, Teubner. In-8°, XVI-364 p. av. fig. 15 fr. (3992)
- OLBRICHT (R.). — Studien über die Kugel und Cylinderfunctionen. (Extr. des *Nova Acta der k. Leopoldinisch-Carolinischen deutschen Acad. der Naturforscher*.) Halle; Leipzig, Engelmann. In-4°, 48 p. av. fig. et 2 pl. 5 fr. (3633)
- PELZ (C.). — Zum Normalenproblem der Ellipse. (Extr. des *Sitzungsber. d. k. Akad. der Wissenschaften*.) Vienne, Gerold's Sohn. In-8°, 11 p. 0^f,90. (3302)
- RAUSENBERGER (O.). — Die Elementargeometrie des Punktes, der Geraden und der Ebene. Systematisch und kritisch behandelt, Leipzig, Teubner. In-8°, v-236 p. 6^f,25. (3638)
- REICHARDT (W.). — Ueber die Darstellung der Kummer'schen Fläche durch hyperelliptische Functionen. (Extr. des *Nova Acta d. k. Leopoldinisch-Carolinischen deutschen Acad. der Naturforscher*.) Halle; Leipzig, Engelmann. In-4°, 111 p. 6^f,25. (2551)
- SAMUDA (F.). — Die Quadratur der Hyperbel, nach einer neuen Methode berechnet. Graz (Styrie). In-8°, 16 p. 2^f,50. (3643)

- SCHLESINGER (L.). — Ueber lineare homogene Differentialgleichungen. 4. Ordnung, zwischen deren Integralen homogene Relationen höheren als 1. Grades bestehen. Berlin, Mayer und Müller. In-4°, 43 p. 3 fr. (2554)
- WIENER (C.). — Lehrbuch der darstellenden Geometrie. II. Bd. Krumme Linien (II. Th.) und krumme Flächen. Beleuchtungslehre, Perspektive. Leipzig, B. G. Teubner. In-8°, xxx-649 p. av. fig. 22^f,50. (2932)

2° Physique. — Chimie. — Métallurgie.

- ALTHANS (E.). — Physikalische Untersuchungen an einem Gasometer der städtischen Gasanstalten zu Breslau. (Extr. des *Anlagen zum Haupt-Berichte der preuss. Schlagwetter-Commission*.) Berlin, Ernst und Korn. In-8°, 63 p. av. 2 pl. 6^f,25. (2417)
- ANSCHÜTZ (R.). — Die Destillation unter vermindertem Druck im Laboratorium. Bonn, Behrendt. In-8°, 32 p., av. 1 pl. 1^f,25. (2210)
- BENNECKE (F.). — Untersuchung der stationären elektrischen Strömung in einer unendlichen Ebene für den Fall, dass die Zuleitung der beiden verschiedenen Electricitäten in zwei parallelen geradlinigen Strecken erfolgt. (Extr. des *Nova Acta d. k. Leopoldinisch-Carolinischen Acad. der Naturforscher*.) Halle; Leipzig, Engelmann. In-4°, 48 p. avec 5 pl. 5^f,50. (2529)
- BOLL (F.). — Ueber den Einfluss der Temperatur auf Leitungswiderstand und die Polarisation thierischer Theile. Königsberg, Koch und Reimer. In-8°, 32 p., av. 1 pl. 1^f,25. (3257)
- BOLTZMANN (L.). — Zur Theorie der von Hall entdeckten elektromagnetischen Phänomene. (Extr. des *Sitzungsber. d. k. Akad. der Wissenschaften*.) Vienne, Gerold's Sohn. In-8°, 26 p. 0^f,75. (3258)
- CLEBSCH (A.). — Prinzipien der mathematischen Optik. Herausgegeben von A. Kurz. (Extr. des *Blätter für das bayerische Real-schulwesen*.) Augsburg, Rieger. In-8°, II-54 p. 1^f,25. (3261)
- ERLENMEYER (E.). — Lehrbuch der organischen Chemie. II. Thl. Die aromatischen Verbindungen. Begonnen von R. Meyer, fortgesetzt von H. Goldschmidt. Tome I, 6^e livraison. Leipzig, C. F. Winter. In-8°, p. 801-960. 3^f,75. (2213)
- V. ETTINGSHAUSEN (A.). — Die Widerstandsveränderungen von Wismuth, Antimon und Tellur im magnetischen Felde. (Extr. des *Sitzungsber. d. k. Akad. der Wissenschaften*.) Vienne, Gerold's Sohn. In-8°, 45 p. av. 2 pl. 2 fr. (3266)

- EXNER (F.). — Ueber die Abhängigkeit der atmosphärischen Electricität vom Wassergehalte der Luft. (Extr. du même recueil.) Vienne, Gerold's Sohn. In-8°, 57 p. av. 5 fig. 1^f, 25. (3977)
- FEHRMANN (A.). — Das Ammoniakwasser und seine Verarbeitung. Auf Grund selbstständiger Erfahrungen und mit Berücksichtigung der neuesten Verbesserungen bearbeitet. Brunswick, Vieweg und Sohn. In-8°, VIII-147 p. av. 36 fig. 7^f, 50. (2215)
- FEIN (W. E.). — Elektrische Apparate, Maschinen und Einrichtungen. Stuttgart, J. Hoffmann. In-8°, XII-392 p. av. 297 fig. 10 fr. (3853)
- GERLACH (G. T.). — Ueber Siedetemperaturen der Salzlösungen und Vergleichen der Erhöhungen der Siedetemperaturen mit den übrigen Eigenschaften der Salzlösungen. (Extr. de la *Zeitschrift für analytische Chemie*.) Wiesbaden, Kreidel. In-8°, 118 p. av. 7 pl. 6^f, 25. (2538)
- GRAETZ (L.). — Compendium der Physik. Vienne, Toeplitz und Deuticke. In-8°, XX-326 p. av. 231 fig. 8^f, 75. (3981)
- GRAVÉ (H.). — Hydrologische Studien. 1. Heft. Vienne, Hölder. In-8°, 62 p. av. 4 pl. 1^f, 75. (4197)
- Handbuch der chemischen Technologie. In Verbindung mit mehreren Gelehrten und Technikern bearbeitet und herausgegeben von A. Bolley. Nach dem Tode des Herausgebers fortgesetzt von K. Birnbaum. T. II, groupe 1; 2^e partie. Brunswick, Vieweg und Sohn. In-8°, XVI-514 p. av. 1 carte, 2 pl. et 127 fig. 20 fr. (3504)
- 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 Baumaun, Bunsen, Fittig, etc. bearbeitet und redigirt von Hm. v. Fehling. Nach dem Tode des Herausgebers fortgesetzt von C. Hell. 56^e livraison. Brunswick, Vieweg und Sohn. In-8°. T. V, p. 223-320, av. fig. 3 fr. (2219)
- Handwörterbuch der Chemie. Herausgegeben von Ladenburg unter Mitwirkung von Berend, Biedermann, Drechsel, etc. Tomes IV et V. Breslau, Trewendt. In-8°, 609 et 642 p. av. fig. Chaque volume, 20 fr. (2898)
- HANKEL (W. G.). — Electricische Untersuchungen. 18. Abhandlung. Fortsetzung der Versuche über das elektrische Verhalten der Quarz- und der Boracitkrystalle. (Extr. des *Abhandl. d. k. sächs. Gesellschaft der Wissenschaften*.) Leipzig, Hirzel. In-8°, 70 p. av. 3 pl. 2^f, 50. (3983)
- HARNACK (E.). — Die Hauptthatsachen der Chemie. Für das Be-

- dürfnis des Mediziners, sowie als Leitfaden für den Unterricht zusammengestellt. Hambourg, Voss. In-8°, X-106 p. 2^f, 50. (3619)
- HELLMANN (H.). — Die Quecksilberluftpumpe in ihren wichtigsten Formen. Riga, Kymmell. In-8°, IV-34 p. av. 3 pl. 1^f, 25. (3280)
- HIECKE (R.). — Ueber die Deformation elektrischer Oscillationen durch die Nähe geschlossener Leiter. (Extr. des *Sitzungsber. d. k. Acad. der Wissenschaften*.) Vienne, Gerold's Sohn. In-8°, 33 p. av. 2 pl. et 2 fig. 1^f, 90. (3984)
- HJELT (E.). — Grundzüge der allgemeinen organischen Chemie. Berlin, Oppenheim. In-8°, VIII-240 p. 4^f, 40. (2543)
- JACOBSON (B.). — Beiträge zur Frage nach dem Betrage der Residualluft, nebst Ueberblick über die bisherigen Bestimmungsmethoden. Königsberg, Koch und Reimer. In-8°, 24 p. 1 fr. (3286)
- JOLLES (A. F.). — Beiträge zur Kenntniss der Manganate und Manganite. Breslau, Köhler. In-8°, 70 p. 1^f, 25. (2903)
- KATZENELSOHN (N.). — Ueber den Einfluss der Temperatur auf die Elasticität der Metalle. Berlin. In-8°, 71 p., avec 1 pl. 2^f, 25. (3287)
- KEKULÉ (A.). — Lehrbuch der organischen Chemie oder der Chemie der Kohlenstoffverbindungen. Fortgesetzt unter Mitwirkung von R. Anschütz, G. Schultz und W. La Coste. T. IV. A. u. d. T.: Chemie der Benzolderivate oder der aromatischen Substanzen. T. III, 1^{re} livraison. Stuttgart, Enke. In-8°, II-240 p. 8^f, 75. (2906)
- V. KONKOLY (N.). — Beobachtungen, angestellt am astrophysikalischen Observatorium in Ogyalla (Ungarn). T. VIII. 2^e partie. Halle, Schmidt. In-4°, V-41 p. 5 fr. (2908)
- KNOBLAUCH (H.). — Ueber die elliptische Polarisation der Wärmestrahlen bei der Reflexion von Metallen. Festschrift zur Erinnerung an das 200jähr. Bestehen der Leopoldinisch-Carolinischen Akademie als kaiserl. deutscher Reichs-Akademie. Halle; Leipzig, Engelmann. In-4°, 60 p. av. 29 pl. 15 fr. (3288)
- MARCKWALD (W.). — Die Beziehungen zwischen dem Siedepunkte und der Zusammensetzung chemischer Verbindungen, welche bisher erkannt worden sind. Berlin, Friedländer und Sohn. In-8°, 55 p. 2^f, 50. (3988)
- MEY (O.). — Lehrbuch der Kontaktelectricität (Galvanismus). Stuttgart, Maier. In-8°, IX-440 p. av. 238 fig. 10 fr. (2426)
- Lehrbuch der Elektrodynamik. 1^{re} partie. Zum Gebrauch an Schulen, sowie zum Selbststudium. (Extr. de la *Kleyer's Encyclopädie der Natur-Wissenschaften*.) Stuttgart, Maier. In-8°, VIII-88 p. avec 105 fig. 3^f, 75. (3990)
- MUCK (F.). — Einfachere gerichtsanalytische Uebungsaufgaben in Tome XII. 1887.

- besonderer Anordnung nebst Einleitung als Vorwort : Einiges über Unterricht in chemischen Laboratorien. Breslau, Trewendt. In-8°, 72 p. av. 17 fig. 3 fr. (3629)
- OCHSENIUS (C.). — Die Bildung des Natronsalpeters aus Mutterlaugensalzen. Stuttgart, Schweizerbart. In-8°, iv-176 p. av. 1 carte et 4 profils de la côte sud-américaine. 6^f,25. (3299)
- OHM (G. S.). — Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet. Neudruck mit einem Vorwort von J. Moser. Vienne, Toeplitz und Deuticke. In-8°, ix-135 p. 3^f,75. (3300)
- ROSENBERGER (F.). — Die Geschichte der Physik in Grundzügen mit synchronistischen Tabellen der Mathematik, der Chemie und beschreibenden Naturwissenschaften, sowie der allgemeinen Geschichte. 3^e partie. Geschichte der Physik in den letzten hundert Jahren. 1^{re} section. Brunswick, Vieweg und Sohn. In-8°, 318 p. 8^f,15. (3304)
- SCHERING (C.). — Carl Friedrich Gauss und die Erforschung des Erdmagnetismus. (Extr. des *Abhandl. d. k. Gesellsch. der Wissenschaften zu Göttingen.*) Göttingen, Dietrich. In-4°, 79 p. 5 fr. (3305)
- SCHRAM (R.). — Tafeln sur Berechnung der näheren Umstände der Sonnenfinsternisse. (Extr. des *Denkschr. d. k. Akad. der Wissenschaften.*) Vienne, Gerold's Sohn. In-4°, 192 p. av. une carte. 12^f,50. (3306)
- SCHÜCK (A.). — Beobachtungen der Missweisung, Inklination und Schwingungszeit der Magnetnadel auf der Elbe und der Nordsee zwischen Hamburg und Rouen 1884 und 1885, London und Hamburg 1886. (Extr. des *Abhandl. aus dem Gebiete der Naturwissenschaften.*) Hambourg, Friederichsen und C°. In-4°, 40 p., av. 4 pl. et 3 cartes. 9 fr. (2924)
- SEMMLER (F. W.). — Chemische Untersuchungen über das ätherische Oel in *Allium ursinum* L. Breslau, Köhler. In-8°, 84 p. 1^f,25. (2926)
- WALDER (F.). — Zur Kenntnis der Benzyllderivate des Hydroxylamins. Göttingen, Vandenhoeck und Ruprecht. In-8°, 42 p. 1^f,25. (4005)
- WEHMER (C.). — Die Bildung der Lävulinsäure, ein Kennzeichen der Glycosen und ein Beweis für die Gegenwart eines « echten » Kohlenhydrats. Hanovre; Göttingen, Vandenhoeck und Ruprecht. In-8°, 54 p. 1^f,25. (2930)
- ZIEGLER (G. A.). — Die Analyse des Wassers. Nach eigenen Erfahrungen bearbeitet. Stuttgart, Enke. In-8°, viii-117 p., avec 32 fig. 3^f,75. (3649)

3^o *Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.*

- v. EBNER (V.). — Ueber den feineren Bau der Skelettheile der Kalkschwämme, nebst Bemerkungen über Kalkskelete überhaupt. (Extr. des *Sitzungsber. d. k. Akad. der Wissenschaften.*) Vienne, Gerold's Sohn. In-8°, 95 p., avec 4 pl. 4 fr. (3263)
- v. ETTINGSHAUSEN (C.). — Beiträge zur Kenntniss der fossilen Flora Neuseelands. (Extr. des *Denkschr. d. k. Akad. der Wissenschaften.*) Vienne, Gerold's Sohn. In-4°, 52 p., avec 9 pl. 7^f,50. (3264)
- Beiträge zur Kenntniss der Tertiärflora Australiens. 2^e série. (Extr. du même recueil.) Vienne, Gerold's Sohn. In-4°, 62 p., avec 8 pl. 8 fr. (3265)
- FELIX (J.). — Beiträge zur Kenntniss der fossilen Hölzer Ungarns. Paläophytologische Studien. (Extr. des *Mittheil. aus dem Jahrb. d. k. ung. geol. Anstalt.*) Budapest, Kilian. In-8°, 20 p., avec 2 pl. photolith. 1^f,25. (3267)
- FRITSCH (A.) und J. KAFKA. — Die Crustaceen der böhmischen Kreideformation. Prague, Rivnac. In-fol., iv-53 p., avec 10 pl. en couleur et 72 fig. 37^f,50. (2537)
- GEINITZ (F. E.). — Beitrag zur Geologie Mecklenburgs. IX. Neue Aufschlüsse der Flötzformationen Mecklenburgs. (Extr. des *Archiv. des Vereins der Freunde der Naturgesch. in Mecklenburg.*) Güstrow, Opitz und Co. In-8°, avec 3 pl. 2^f,50. (3273)
- v. GÜMBEL (K. W.). — Geologie von Bayern. 1^{re} partie: Grundzüge der Geologie. Kassel, Fischer. In-8°, 4^e livraison, p. 721-960, avec nombreuses fig. 6^f,25. (2540)
- — — 5^e livraison, p. 961-1087. 6^f,25. (3614)
- GÜRICH (G.). — Beiträge zur Geologie von West-Afrika. Breslau, Köhler. In-8°, 43 p. 1^f,25. (2897)
- HALAVATS (J.). — Paläontologische Daten zur Kenntniss der Fauna der südungarischen Neogen-Ablagerungen. 1. u. 2. Folge. (Extr. des *Mittheil. aus dem Jahrb. d. k. ung. geol. Anstalt.*) Budapest, Kilian. In-8°. Chaque livraison, 1^f,25. (2217)
- KITTL (E.). — Die Miocenablagerungen des Ostrau-Karwiner Steinkohlenreviers und deren Faunen. (Extr. des *Annalen des k. k. naturhist. Hofmuseums.*) Vienne, Hölder. In-8°, 66 p., avec 3 pl. 8^f,75. (3622)
- v. KOENEN (A.). — Beitrag zur Kenntniss der Crinoiden des Muschelkalks. (Extr. des *Abhandl. d. k. Gesellsch. der Wissenschaften zu Göttingen.*) Göttingen, Dieterich. In-4°, 44 p., avec 1 pl. 2^f,50. (2547)

- KRAUS (G.). — Beiträge zur Kenntniss fossiler Hölzer. III u. IV. (Extr. des *Abhandl. d. naturforsch. Gesellsch. zu Halle.*) Halle, Niemeyer. In-4°. (III. Die Göppertsche Protopytis Bucheana, avec 2 pl. — IV. Kritik fossiler Taxaceen-Hölzer, p. 35-46, avec 1 pl.) 2^f, 50. (3626)
- LANG (A.). — Mittel und Wege phylogenetischer Erkenntniss. Iéna, Fischer. In-8°, 63 p. 1^f, 90. (3987)
- LENK (H.). — Zur geologischen Kenntniss der südlichen Rhön. (Extr. des *Verhandl. d. physikal. medicin. Gesellsch. zu Würzburg.*) Würzburg, Stahel. In-8°, 112 p. 3^f, 75. (3291)
- LOOCK (L.). — Ueber die jurassischen Diluvialgeschiebe Mecklenburgs. (Extr. des *Archiv d. Vereins d. Freunde der Naturgeschichte in Mecklenburg.*) Güstrow, Opitz und Co. In-8°, 54 p. avec 1 pl. photogr. 1^f, 60. (3292)
- 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 342-347. Nuremberg, Bauer und Raspe. In-4°, 152 p., avec 33 pl. color. Chaque livraison, 11^f, 25. (2228)
- 113° section. Nuremberg, Bauer und Raspe. In-4°, 60 p., avec 18 pl. color. 33^f, 75. (2229)
- NOETLING (F.). — Der Jura am Hermon. Eine geognostische Monographie. Stuttgart, Schweizerbart. In-4°, VII-47 p., avec 7 pl. 37^f, 50. (3298)
- PANTOCSEK (J.). — Beiträge zur Kenntniss der fossilen Bacillarien Ungarns. I. Thl. : Marine Bacillarien. Bearbeitet (nach dem ungarischen Manuscript) durch J. P. Nagy-Tapolcsany; Berlin, Friedländer und Sohn. In-8°, 75 p., avec 30 pl. phototyp. 112^f, 50. (2550)
- Paläontologische Abhandlungen. Herausgegeben von W. Dames und E. Kayser. Berlin, G. Reimer. In-4°.
- T. III, fasc. 5 : Die Dinosaurier, Crocodiliden und Sauropterygier der norddeutschen Wealden, von E. Koken. x-112 p., avec 9 pl. et 30 fig. 33^f, 75. (2208)
- T. IV, fasc. 1 : Die Bryozoen der weissen Schreibkreide der Insel Rügen, von Th. Marsson. 112 p., avec 10 pl. 31^f, 25. (3966)
- PECHER (F.). — Beiträge zur Kenntniss der Wasser aus den geschichteten Gesteinen Unterfrankens. (Extr. des *Verhandl. d. physikal. medicin. Gesellsch. zu Würzburg.*) Würzburg, Stahel. In-8°, 76 p. 3 fr. (3994)
- PHILIPPI (R. A.). — Die tertiären und quartären Versteinerungen

- Chiles. Leipzig, Brockhaus. In-4°, 266 p., av. 58 pl. 87^f, 50. (3996)
- POCTA (P.). — Ueber einige Spongien aus dem Dogger des Fünfkirchner-Gebirges. (Extr. des *Mittheil. aus dem Jahrb. d. k. ung. geol. Anstalt.*) Budapest, Kilian. In-8°, 15 p., avec 2 pl. phototyp. 1^f, 25. (2917)
- ROTH (J.). — Allgemeine und chemische Geologie. T. II. Petrographie. Bildung, Zusammensetzung und Veränderung der Gesteine. 3° partie : Krystallinische Schiefer u. Sedimentgesteine. Berlin, Hertz. In-8°, x p. et p. 285-695. 11^f, 25. (3641)
- SAALSCHÜTZ (L.). — Kosmogonische Betrachtungen. (Extr. des *Schriften der physik.-ökonom. Gesellsch. zu Königsberg.*) Königsberg. Berlin, Friedländer und Sohn. In-4°, 42 p., avec 1 pl. 1^f, 90. (3642)
- SCHLOSSER (M.). — Die Affen, Lemuren, Chiropteren, Insectivoren, Marsupialier, Creodonten und Carnivoren des europäischen Tertiärs und deren Beziehungen zu ihren lebenden und fossilen aussereuropäischen Verwandten. Partie I. (Extr. des *Beiträge zur Paläontologie Oesterreich-Ungarns und des Orients.*) Vienne, Hölder. In-4°, 226 p., avec 5 pl. 25 fr. (3997)
- SCHULZE (F. E.). — Zur Stammesgeschichte der Hexactinelliden. (Extr. des *Abhandl. d. k. preuss. Akad. der Wissenschaften zu Berlin.*) Berlin, G. Reimer. In-4°, 35 p., avec 4 fig. 1^f, 90. (3307)
- SOLMS-LAUBACH (H.). — Einleitung in die Paläophytologie vom botanischen Standpunkt aus. Leipzig, Felix. In-8°, VIII-416 p., avec 49 fig. 21^f, 25. (3310)
- STAUB (M.). — Die aquitanische Flora des Zsilthales im Comitatus Hunyad. (Extr. des *Mittheil. aus d. Jahrb. d. k. ung. geol. Anstalt.*) Budapest, Kilian. In-8°, 197 p., avec trois tableaux. 10 fr. (3311)
- STUR (D.). — Die Carbon-Flora der Schatzlärer Schichten. Partie II: Die Calamarien. (Beiträge zur Kenntniss der Flora der Vorwelt. T. II, 2° partie.) (Extr. des *Abhandl. d. k. k. geol. Reichsanstalt.*) Vienne, Hölder. In-4°, 240 p., avec 43 fig. et 26 pl. 125 fr. (3645)
- TSCHERNYSCHEW (T.). — Die Fauna des mittleren und oberen Devon am West-Abhange des Urals. (Mémoires du Comité géologique). (En russe et en allemand.) Saint-Petersbourg, Eggers und Co. In-4°, 208 p., avec 14 pl. 22^f, 50. (4002)
- VOGEL (J. H.). — Ueber die chemische Zusammensetzung des Vesuvians. Göttingen, Vandenhoeck und Ruprecht. In-8°, 58 p. 1^f, 75. (4004)
- VOIGT (W.). — Theoretische Studien über die Elasticitätsverhält-

- nisse der Krystalle. (Extr. des *Abhandl. d. k. Gesellsch. der Wissenschaften zu Göttingen.*) Göttingen, Dieterich. In-4°, 100 p., 6^f, 25. (3647)
- ZITTEL (K. A.). — Handbuch der Palaeontologie. Unter Mitwirkung von A. Schenk herausgegeben. Section II : Palaeophytologie. 5° livraison. Munich, Oldenbourg. In-8°, p. 397-492, avec 35 fig. 3^f, 75. (2935)
- 4° *Mécanique. — Exploitation des mines.*
- BRUNO WALTER. — Beitrag zur Kenntniss der Erzlagerstätten Bosniens. Sarajevo. In-8°, viii-222 p., avec 1 carte géol. (3647)
- BURMESTER (L.). — Lehrbuch der Kinematik. Für Studierende der Maschinentechnik, Mathematik und Physik geometrisch dargestellt. T. I. Die ebene Bewegung. 3° livraison. Leipzig, Felix. In-8°, xx p. et p. 561-944, avec un atlas de 21 pl. in-fol. 28^f, 75. (3974)
- HAYN (P.). — Der Ursprung der Grubenwasser. Die wichtigste Frage des Steinkohlen-Bergbaues. Freiberg, Craz und Gerlach. In-8°, 110 p. 5 fr. (4199)
- HERRMANN (G.). — Die graphische Theorie der Turbinen und Kreiselpumpen. Berlin, Simion. In-8°, vii-213 p., avec 58 fig. et 7 pl. 12^f, 50. (3505)
- HÜNERMANN (J. B.). — Ein mechanisches Problem. Hechingen ; Tübingen, Fues. In-4°, 30 p. 1^f, 90. (3624)
- v. IHERING (A.). — Katechismus der mechanischen Technologie. Leipzig, Weber. In-8°, xii-252 p., avec 163 fig. 5 fr. (3506)
- KLIMPERT (R.). — Lehrbuch der Statik fester Körper (Geostatik), mit 291 Erklärungen, 380 in den Text gedruckten Figuren und einem ausführlichen Formenverzeichnis, nebst einer Sammlung von 359 gelösten und ungelösten analogen Aufgaben. (Extr. de la *Kleyer's Encyklopädie der Natur-Wissenschaften.*) Stuttgart, Maier. In-8°, xii-460 p. 11^f, 25. (3986)
- KÖHLER (O.). — Theorie der Gasmotoren. Leipzig, Baumgärtner. In-8°, xiv-50 p., avec 13 fig. 2^f, 50. (2425)
- LAZAR (L. P.). — Anleitung zur Behandlung der Lokomobilen. Berlin, Parey. In-8°, vii-210 p., avec 133 fig. 3^f, 15. (3862)
- PREISSIG (E.). — Die Presskohlen-Industrie. Ein Handbuch der Steinkohlen und Braunkohlen-Briquetfirung, mit einem Anhang über die sonstigen Brennstoffe in künstlich veränderter Form. Freiberg, Craz und Gerlach. In-8°, xv-303 p. 10 fr. (3511)
- SCHWARTZE (T.). — Die Gamaschine, nach ihrer geschichtlichen

- Entwicklung, Theorie und Praxis vom neuesten Standpunkte der Erfahrung dargestellt. Leipzig, Quandt und Händel. In-8°, vi-299 p., avec 85 fig. 8^f, 75. (3516)
- SIMMERSBACH (F.). — Die Koksfabrication im Oberbergamtsbezirke Dortmund mit Berücksichtigung des fremden Wettbewerbs. Im Auftrage des Verwaltungsrathes der « Vereinigung der Koks-Anstalten und Fettkohlen-Zechen des Oberbergamtsbezirks Dortmund » bearbeitet. (Extr. de la *Zeitschrift für Berg, Hütten und Salinenwesen.*) Berlin, Ernst und Korn. In-4°, 64 p., avec 2 pl. 10 fr. (3866)
- TECKLEBURG (T.). — Handbuch der Tiefbohrkunde. T. I et II. Leipzig, Baumgärtner. In-8° illustr. 22^f, 50. (4209)
- Voss (A.). — Elementare Darstellung der mechanischen Wärmetheorie für Gase. Berlin, Gaertner. In-4°, 20 p., avec fig. 1^f, 25. (2562)
- WALTHER (T.). — Die Kohlenstaubfrage bei Schlagwetter-Explosionen. Berlin, Walther und Apolant. In-8°, 30 p. 1^f, 25. (2805)
- 5° *Constructions. — Chemins de fer.*
- Handbuch der Baukunde. Eine systematische und vollständige Zusammenstellung der Resultate der Bauwissenschaften mit den zugehörigen Hilfswissenschaften. Veranstatet von den Herausgebern der Deutschen Bauzeitung und des Deutschen Baukalenders. Section I : Hilfswissenschaften. T. II, fasc. 1. (Eisen und Eisenkonstruktionen in geschichtlicher, hütten-technischer und technologischer Beziehung; bearbeitet von G. *Mehrtens.*) Berlin, Toeche. In-8°, xx-398 p., avec environ 650 fig. dans le texte. 11^f, 25. (4198)
- HEINZERLING (F.). — Die Brücken der Gegenwart. Systematisch geordnete Sammlung der geläufigsten neueren Brücken-Konstruktionen zum Gebrauche bei Vorlesungen und Privatstudien über Brückenbau, sowie bei dem Berechnen, Entwerfen und Veranschlagen von Brücken zusammengestellt und mit Text begleitet. Partie I : Eiserne Brücken. 6° fasc. : Eiserne Viaducte. Leipzig, Baumgärtner. In-f°, ix-120 p., avec 279 fig. et 8 pl. 27^f, 50. (2793)
- OLDENBURGER (G.). — Geometrische Konstruktionen für Kesselschmiede und andere Blecharbeiter. Eine Anleitung zum Abwickeln der Mäntel der gewöhnlichen Arten Dampfkessel und anderer Blechgefäße. Weimar, B. F. Voigt. In-f°, 14 pl., avec 6 p. de texte in-4°. 5 fr. (2804)

- SCHMIDT (O.). — Praktische Baukonstruktionslehre. Als Lehrbuch für höhere und niedere bautechnische Anstalten und zum praktischen Lehrbuch für Baumeister, Architekten, Maurer und Zimmermeister bearbeitet. T. II: Die Elemente der Maurer- und Zimmerkonstruktionen. 2^e partie. Iéna, Costenoble. In-4°, vi-35 p., avec fig. et 18 pl. in-f°. 7^f,50. (2802)
- STRUB (E.). — Die Drahtseilbahn Territet-Montreux-Glion. Aarau, Sauerländer. In-8°, 57 p., avec 6 pl. 3^f,80. (3518)

6° *Sujets divers.*

- ABRAHAM (F.). — Die Diamant-Gesellschaften Südafrikas. Ihre Geschichte und Entwicklung, vom finanziellen Standpunkt aus. Berlin, Steinitz. In-8°, 115 p., avec 1 tabl. 2^f,50. (3851)
- CREMER (F.). — Die Fabrikation der Silber- und Quecksilber-Spiegel oder das Belegen der Spiegel auf chemischem und mechanischem Wege. Vienne, Hartleben. In-8°, vii-166 p., avec 37 fig. 3^f,75. (4196)
- FRAHM (J.). — Ueber den Transport und das Verladen der Steinkohlen. (Extr. de la *Zeitschrift für Bauwesen.*) Berlin, Ernst und Kern. In-4°, 48 p., avec fig. et 3 pl. 5 fr. (3854)
- GRAWINKEL (C.) und K. STRECKER. — Hilfsbuch für die Elektrotechnik. Unter Mitwirkung von H. Görz, F. Goppelsroeder, G. Loebbecke, E. Pirani, M. Seyffert bearbeitet und herausgegeben. Berlin, Springer. In-8°, xx-544 p., avec nombreuses fig. 15 fr. (3856)
- GRÜNWALD (F.). — Der Bau, Betrieb und die Reparaturen der elektrischen Beleuchtungsanlagen. Ein Leitfaden für Monteure, Werkmeister, Elektrotechniker, etc. Halle, Knapp. In-12°, vi-174 p., avec 175 fig. et 1 tabl. 3^f,75. (2791)
- Handbuch der Ingenieurwissenschaften in 4 Bdn. T. IV: Die Baumaschinen. Unter Mitwirkung von L. Franzius herausgegeben von F. Lincke. Partie III, 2^e livraison. Leipzig, Engelmann. In-8°, vi-95 p., avec 37 fig. et 4 pl. 5 fr. (2792)
- Handbuch, internationales, für die Eisen-Industrie und verwandte Gewerbszweige. Herausgegeben von der Redaction der *Eisen-Zeitung*, W. Kirchner. 5 Abthgn. Berlin, Mitscher und Röstel. In-8°. 50 fr. (3857)
- MÜLLER (P. E.). — Studien über die natürlichen Humusformen und deren Einwirkung auf Vegetation und Boden. Mit analytischen Belegen von C. F. A. Tuxen. Berlin, Springer. In-8°, viii-324 p., avec fig. et 7 pl. 10 fr. (2799)

- RAMDOHR (L.). — Das Leuchtgas als Heizstoff in Küche und Haus. Nach eigenen Beobachtungen und Erfahrungen bearbeitet. Halle, Knapp. In-8°, v-62 p., avec 47 fig. 2^f,50. (3512)
- SCHAEGLER (C.). — Die Technologie der Fette und Oele der Fossilien (Mineralöle), sowie der Harzöle und Schmiermittel. Leipzig, Baumgärtner. In-8°. Livraisons 5-6, p. 769-912, avec nombr. fig. et plusieurs pl. Chaque livraison, 5 fr. (2430)
- Livraison 7: xii p. et p. 913-1052, avec nombreuses fig. et plusieurs pl. (Fin). 5 fr. (3515)
- SCHRÖTER (M.). — Untersuchungen an Kältemaschinen verschiedener Systeme. I. Bericht an den Ausschuss des polytechnischen Vereins zu München. Munich, Oldenbourg. In-8°, 171 p., avec fig. 5^f,65. (3171)
- ZINCKEN (C.). — Das Naturgas Amerikas, nach Williams, C. Zincken, C. A. Ashburner, etc. (Extr. de l'*Oesterr. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen.*) Leipzig, Montanistischer Verlag. In-8°, 13 p. 1^f,60. (2432)

OUVRAGES ITALIENS.

1° *Mathématiques pures.*

- ANTONELLI (G. B.). — Sui sistemi articolati. Pise, tip. del Folchetto. In-8°, 22 p. av. 2 pl. (10907)
- BRAMBILLA (A.). — Un teorema nella teoria delle polari: nota. Turin, E. Loescher. In-8°, 6 p. (Extr. des *Atti della accad. d. scienze di Torino.*) (6666)
- Cenni sulla geometria non euclidea, raccolti per cura di *Quintiliano Colozza*. Turin, tip. G. Sperani e figli. In-8°, 29 p. (8149)
- DUPUIS (J.). — Note sur un passage géométrique de la République de Platon. Rome, imp. des Sciences mathématiques et physiques. In-4°, 4 p. (Extr. du *Bullettino di bibliografia e di storia delle scienze matematiche e fisiche.*) (10419)
- Note sur un passage géométrique du Ménon de Platon. Rome, imp. des Sciences mathématiques et physiques. In-4°, 4 p. (Extr. du même recueil.) (10420)
- EMERY (G.). — Sulla condizione di scambievolzza e sui casi d'identità fra curve rappresentanti distribuzione continua di forze parallele e curve funicolari corrispondenti, con parti-

- colare disquisizione sulle clinoidi. Turin, E. Loescher. In-8°, 25 p. (Extr. des *Atti della r. accad. d. scienze di Torino.*) (8153)
- GARBIERI (G.). — Teoria delle equazioni algebriche: riassunto di lezioni date all' università di Padova. Disp. 1-7. Padoue, stab. tip. lit. Tachigrafico. In-8°, autogr. 112 p. (7125)
- GATTONI (V.). — Teorema fondamentale per la teoria del prismsquadri: nota. Casale Monferrato, tip. eredi Maffei. In-8°, 13 p. av. planche. (8398)
- LORIA (G.). — Il passato e il presente delle principali teorie geometriche: monografia storica. Turin, E. Loescher. In-4°, 52 p. (Extr. des *Memorie della r. accad. delle scienze di Torino.*) (40915)
- NOVARESE (E.). — Sopra una trasformazione delle equazioni d'equilibrio delle curve funicolari: nota. Turin, E. Loescher. In-8°, 9 p. (Extr. des *Atti della r. accad. delle scienze di Torino.*) (8167)
- OVIDIO (E. D'). — Sopra due punti della *Theorie der binären algebraischen Formen* del Clebsch. Turin, E. Loescher. In-8°, 13 p. (Extr. du même recueil.) (8169)
- PEANO (G.). — Integrazione per serie delle equazioni differenziali lineari: nota. Turin, E. Loescher. In-8°, 12 p. (Extr. du même recueil.) (8174)
- PESCI (G.). — Sulle sfere circoscritte ai tetraedri formati da n piani: nota. Livourne, tip. G. Meucci. In-8°, 4 p. (7131)
- Sul moto geometrico di una superficie che ruzzola sopra un' altra: nota. Livourne, tip. G. Meucci. In-4°, 7 p. (7132)
- Sul torcimento di una striscia infinitesima die superficie: nota. Livourne, tip. G. Meucci. In-8°, 8 p. (7133)
- Trasversali nel triangolo: nota. Livourne, tip. G. Meucci. In-8°, 11 p. (Extr. du *Periodico di matematica per l'insegnamento secondario.*) (7134)
- PINCHERLE (S.). — Della trasformazione di Laplace e di alcune sue applicazioni: memoria. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 23 p. (Extr. des *Memorie della r. accad. d. scienze dell' istit. di Bologna.*) (6673)
- RAIMONDI (R.). — Sull' equazione vettoriale della circonferenza. Messine, tip. del Foro. In-8°, 8 p. (8179)
- RE (A. DEL). — Omografie che mutano in sè stessa una certa curva gobba del 4° ordine et 2° specie e correlazioni che la mutano nello sviluppabile dei suoi piani osculatori. Turin, E. Loescher. In-8°, 24 p. (Extr. des *Atti della r. accad. d. scienze di Torino.*) (9039)

- SACCANI (F.). — Quadrati e cubi magici, torre magica, ossia una nuovissima creazione coi numeri in progressione aritmetica, geometrica, armonica: loro leggi fondamentali et loro utilità. Reggio-Emilia, stab. tip. lit. degli Artigianelli. In-8°, 170 p. (10923)
- SALMOIRAGHI (A.). — Istrumenti et metodi moderni di geometria applicata. Parte I (Teoria degli istrumenti misuratori, descrizione e norme pratiche per l'uso). Volume I. Milan, tip. lit. degli Ingegneri. In-4°, xxiv-841 p., av. fig. et 15 pl. (14382)
- SEGRE CORRADO. — Sulla varietà cubica con dieci punti doppi dello spazio a quattro dimensioni: nota. Turin, E. Loescher. In-8°, 13 p. (Extr. des *Atti della r. accad. d. scienze di Torino.*) (6674)
- Nuovi risultati sulle rigate algebriche di genesi qualunque. Turin, E. Loescher. In-8°, 4 p. (Extr. du même recueil.) (8182)
- SIACCI (F.). — Sul potenziale della resistenza: nota. Rome, tip. del Comitato di artiglieria e genio. In-8°, 19 p. (Extr. de la *Rivista d'artiglieria e genio.*) (6676)
- TUMBARELLO (A.). — Calcolo dei numeri complessi col metodo delle parti aliquote, frazioni ordinarie e frazioni decimali, considerando le antiche misure della provincia di Trapani e loro conversione nel nuovo sistema metrico decimale. Marsala, tip. Luigi Giliberti. In-16, 86 p. 1 fr. (6138)
- ZANOTTI (B. O.). — Alcuni teoremi sui coefficienti di Legendre: nota. Turin, E. Loescher. In-8°, 17 p. (Extr. des *Atti della r. accad. d. scienze di Torino.*) (8186)

2° Physique. — Chimie. — Métallurgie.

- ALESSANDRI (P. E.). — Alodrometria: nuovo processo analitico per valutare i sali alcalino-terrosi nelle acque potabili e in quelle per uso industriale. Rome, tip. Prasca alle Terme Diocleziane. In-8°, 12 p. (Extr. du *Bollettino farmaceutico.*) (9027)
- ARNAUD (A.). — La folgore e la grandine: studio. Cuneo, tip. Galimberti. In-8°, 25 p. (Extr. du *Coltivatore Cuneese.*) (10908)
- BANDINELLI (B.). — Brevi cenni storici sulle terme di Montalceto: analisi chimica delle loro acque e osservazioni storiche. Siene, tip. C. Nava. In-8°, 32 p. (9517)
- BASSO (G.). — Sulla legge ottica di Malus, detta del coseno quadrato: nota. Turin, E. Loescher. In-8°, 10 p. (Extr. des *Atti della r. accad. d. scienze di Torino.*) (8145)
- BATTELLI (A.). — Sull' effetto Thomson: studio sperimentale. Turin, E. Loescher. In-8°, 24 p. (Extr. du même recueil.) (8146)

- BATTELLI (A.). — Sul fenomeno Thomson : nota seconda. Turin, E. Loescher. In-8°, 20 p. (Extr. du même recueil.) (8147)
- BELTRAMI (E.). — Intorno ad alcuni problemi di propagazione del calore : memoria. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 38 p. (Extr. des *Memorie della r. accad. d. scienze dell' istit. di Bologna.*) (9538)
- CANESTRINI (E.). — Esperienze sopra alcuni effetti, prodotti dalle scintille d'induzione : nota. Padoue, tip. Prosperini. In-8°, 16 p. (Extr. des *Atti della soc. veneto-trentina di scienze naturali.*) (9542)
- CAVAZZI (A.). — Intorno ai metodi di preparazione dell' idrogene arsenicale: nota. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 7 p. (Extr. des *Memorie della r. accad. d. scienze dell' istit. di Bologna.*) (7711)
- COSSA (A.). — Ricerche sopra le proprietà di alcuni composti ammoniacali del platino. Turin, E. Loescher. In-8°, 13 p. (Extr. des *Atti della r. accad. d. scienze di Torino.*) (8151)
- CASORIA (E.). — Composizione chimica e mineralizzazione delle acque potabili vesuviane, studi e ricerche chimiche : memoria. Florence, tip. Cooperativa. In-8°, 11 p. (Extr. de l'*Idrologia e climatologia medica.*) (7124)
- DACCOMO (G.) e A. RAMATI. — Sugli acidi glicolici dell' ossisolfobenzide : nota. Turin, E. Loescher. In-8°, 14 p. (Extr. des *Atti della r. accad. d. scienze di Torino.*) (8152)
- DONATI (L.). — Di una batteria per correnti di grande intensità con immersione simultanea degli elementi : nota. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 5 p. av. planche. (Extr. des *Memorie della r. accad. d. scienze dell' istit. di Bologna.*) (9545)
- Di un nuovo modello di elettrometro a quadranti e dell' applicazione delle correnti di Foucault allo smozzamento delle oscillazioni degli elettrometri. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 31 p. av. pl. (Extr. du même recueil.) (9546)
- ERRERA (G.). — Azione dell' acido nitrico e del calore sugli eteri. Turin, E. Loescher. In-8°, 20 p. (Extr. des *Atti della r. accad. d. scienze di Torino.*) (8154)
- Sul parabromobenzoato di etile e sull' acido parabromobenzoico. Turin, E. Loescher. In-8°, 7 p. (Extr. du même recueil.) (8155)
- FROVA (A.). — Analisi dell' acqua termale jodo-ferro-magnesiaca di Craveggia in Valle Vigizzo, Ossola Superiore, con descrizione della Valle Vigizzo. Opera stampata per cura del dott. G. M. Gubetta. Domodossola, tip. Porta. In-8°, 88 p. (9548)

- GABBA (L.). — L'industria della soda in Germania : relazione (Ministero di agricoltura, industria e commercio ; divisione industrie, commerci e credito.) Rome, tip. eredi Botta. In-8°, 28 p. 0^f, 20. (Extr. des *Annali dell' industria e del commercio.*) (8678)
- GOVI (G.). — Scomposizione dell' acqua colla macchina elettrica : nota. Naples, tip. della r. Accad. d. scienze fisiche e matematiche. In-4°, 4 p. (Extr. du *Rendiconto della r. accad. d. scienze fis. et matem. di Napoli.*) (10013)
- Se l'elettricità contribuisca al congelamento dell' acqua che divien grandine : nota. Naples, tip. della r. Accad. d. scienze e matematiche. In-4°, 7 p. av. fig. (Extr. du même recueil.) (10014)
- GUARESCHI (I.). — Sulla legge dei numeri pari nella chimica : memoria. Turin, E. Loescher. In-8°, 13 p. (Extr. des *Atti della r. accad. d. scienze di Torino.*) (8159)
- GUARESCHI (I.) e P. BIGINELLI. — Sulle clorobromonafaline : memoria. Turin, E. Loescher. In-8°, 16 p. (Extr. du même recueil.) (8160)
- GUGLIELMO (G.). — Del disperdimento dell' elettricità nell' aria umida : nota. Turin, E. Loescher. In-8°, 22 p. (Extr. du même recueil.) (6669)
- JADANZA (N.). — Una questione di ottica ed un nuovo apparecchio per raddrizzare le immagini nei cannocchiali terrestri : nota. Turin, E. Loescher. In-8°, 8 p. (Extr. du même recueil.) (8162)
- MAGGI (L.). — Intorno all' esame microscopico dell' acque potabili : nota. Pavie, tip. succ. Bizzoni. In-8°, 4 p. (Extr. du *Bollettino scientifico.*) (7128)
- MATTEUCCI (A.). — Analisi chimica delle acque delle sorgenti e delle pubbliche fontane della città di Fabriano : relazione al municipio di Fabriano. Città di Castello, tip. S. Lapi. In-8°, 30 p. (7714)
- MAZZARA (G.) e G. DISCALZO. — Bromoderivati del timol, del timochinone, e dell' ossitimidol : nota. Turin, E. Loescher. In-8°, 5 p. (Extr. des *Atti della r. accad. d. scienze di Torino.*) (8165)
- MOCENIGO ALVISE. — La periodicità del massimo e delle macchie solarie ed una supposta marea alla superficie del sole. Vicenza, tip. Paroni. In-16, 20 p. 0^f, 50. (9035)
- Note sullo stabilimento elettro-metallurgico di Casarza (Sestri Levante), di A. V. Rome, tip. del Comitato d'artiglieria e genio. In-8°, 13 p. (Extr. de la *Rivista d'artiglieria e genio.*) (9553)
- OSS (D.). — L'avvenire dell' elettricità. Milan, P. Carrara. In-8°,

- 16 p. (Extr. de la *Rivista generale dell' insegnamento secondario*.) (8168)
- PAGLIANI (S.) e ODDONE (E.). — Sull' attrito interno nei liquidi : nota. Turin, E. Loescher. In-8°, 11 p. (Extr. des *Atti della r. accad. d. scienze di Torino*.) (8171)
- PIAZZOLI (E.). — Potenziale elettrico, unità e misure elettriche. Milan, edit. dell' *Elettricità*. In-16, 226 p. av. fig. 2 fr. (10920)
- PICCINI (A.). — Ancora sulle combinazioni corrispondenti all' acido pertitanico. Florence, tip. dei succ. Le Monnier. In-8°, 7 p. (9557)
- Su di un nuovo grado di ossidazione del tallio : nota preliminare. Florence, tip. del succ. Monnier. In-8°, 3 p. (9558)
- PIZZARELLO (A.). — Di alcune esperienze con l' apparato di Mariotte, modificato dal Ròiti e dall' Eccher, e ridotto in eudiometro. Macerata, stab. Mancini. In-16, 118 p. (7135)
- PROVENZALI (F. S.). — Sui criteri per distinguere i prodotti delle azioni molecolari da quelli delle forze atomiche : nota. Rome, tip. delle Scienze matematiche e fisiche. In-4°, 11 p. (Extr. des *Atti della accad. pontif. dei nuovi Lincei*.) (7717)
- RIGILLO (E.). — Sulla sofisticazione dell' ioduro di potassio col bromuro alla stessa base : note e memoria. Rionero, tip. E. Ercolani. In-16, 46 p. (10019)
- SERRA-CARPI (G.). — Sui caratteri fisici degli oli : studi. Rome, tip. Inn. Artero. In-8°, 32 p. av. planche. (6675)
- STEFANINI (A.). — Di alcune esperienze sulla misura dell' intensità del suono. Lucca, tip. Giusti. In-8°, 28 p. av. fig. et une planche. (Extr. des *Atti della r. accad. lucchese di scienze, lettere ed arti*.) (8608)
- TEYXEIRA (G.). — Metodo di preparazione del cloruro mercurioso, mediante l'azione dell' anidride solforosa sul cloruro mercurico. Pérouse, tip. G. Guerra e C. In-16, 3 p. (10022)
- TIVOLI (D.). — Azione dell' idrogene arseniato sull' anidride arseniosa, sciolta in acido cloridrico o in acido solforico : nota. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 7 p. (Extr. des *Memorie della r. accad. d. scienze dell' istit. di Bologna*.) (8609)
- VESCOVI (P. DE). — Sul modo d'indicare e calcolare razionalmente l'ingrandimento degli oggetti microscopici nelle immagini proiettate. Rome, tip. Prasca alle Terme Diocleziane. In-8°, 5 p. (Extr. du *Spallanzani*.) (7137)
- VICENTINI (G.) e D. OMODEI. — Sulla variazione di volume di alcuni metalli nell' atto della fusione, e sulla dilatazione termica degli stessi allo stato liquido : studio sperimentale.

Turin, E. Loescher. In-8°, 17 p. (Extr. des *Atti della r. accad. d. scienze di Torino*.) (8185)

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

- BALDACCI (L.). — Descrizione geologica dell' isola di Sicilia, pubblicata a cura del r. ufficio geologico. Con un quadro d'unione, una carta geologica, dieci tavole in zincografia ed incisioni intercalate nel testo. Rome, tip. Nazionale, xxxj-403 p. (Memorie descrittive della carta geologica d'Italia.) (7704)
- BELLARDI (L.). — I molluschi dei terreni terziari del Piemonte e della Liguria. Parte V (Mitridae : continuazione). Turin, E. Loescher. In-4°, 70 p. av. planche. (Extr. des *Memorie della r. accad. d. scienze di Torino*.) (7705)
- BERTELLI (T.). — Sopra una memoria dei professori T. Taramelli e G. Mercalli « I terremoti andalusi, cominciati il 25 dicembre 1884 ». Rome, tip. delle Scienze matematiche e fisiche. In-4°, 17 p. (Extr. des *Atti dell' accad. pontif. dei nuovi Lincei*.) (7706)
- BOMBICCI (L.). — Sulla costituzione fisica del globo terrestre, sull' igiene della sua crosta litoide, sulle cause dei moti sismici che più frequentemente vi avvengono : memoria. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 31 p. av. planche. (Extr. des *Memorie della r. accad. d. scienze dell' istit. di Bologna*.) (10909)
- Sulla ipotesi dell' azione e selezione magnetica del globo terrestre sulle materie cosmiche interplanetarie contenenti ferro, nuove considerazioni coordinate allo studio della più probabile costituzione fisica del globo terrestre : nota. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 8 p. (Extr. du même recueil.) (10910)
- CAVARA (F.). — Sulla flora fossile di Mongardino, studi stratigrafici e paleontologici : memoria. (Suite et fin). Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 15 p. av. 3 pl. (Extr. du même recueil.) (6667)
- CLERICI (E.). — Il travertino di Fiano Romano : nota. Rome, tip. Nazionale. In-8°, 27 p. (Extr. du *Bollettino del r. comitato geologico*.) (10417)
- COMES (O.). — Le lave, il terreno vesuviano e la loro vegetazione. Naples, tip. Giannini e figli. In-4°, 19 p. (Extr. du *Spettatore del Vesuvio e dei Campi Flegrei*.) (9543)
- COSSA (A.). — Sulla composizione della colombite di Craveggia

- in Val Vigizzo : nota (Laboratorio chimico della scuola degli ingegneri in Torino.) Domodossola, tip. Porta. In-8°, 14 p. (9544)
- FELETTI (R.). — Sull' acqua solforosa di Riolo, detta della Breta : nota. Bologne, soc. tip. già Compositori. In-8°, 5 p. (8596)
- FERRETTI (A.). — La miocenità delle argille scagliose e la formazione di Montegibbio a Gastrochena, ecc. Reggio-Emilia, tip. degli Artigianelli. In-4°, 43 p. (7124)
- GOIRAN (A.). — Appendice e note al catalogo dei terremoti veronesi : memoria. Vérone, tip Franchini. In-8°, 27 p. (Extr. du vol. LXIII de l'Accad. d'agricoltura, arti e commercio di Verona.) (9033)
- GRATTAROLA (G.). — Sulla determinazione della cerussite di Val Fontana. Pise, tip. T. Nistri e C. In-8°, 2 p. (Extr. des Proc. verb. della soc. toscana di scienze naturali.) (10015)
- JERVIS (G.). — Delle cause dei movimenti tellurici e dei possibili ripari, con riguardo speciale al terremoto alpino dell' inverno dell' anno 1887 : conferenza tenuta alla società filotecnica. Turin, tip. G. Derossi. In-8°, 45 p. (10016)
- LUVINI (G.). — Perturbazione elettrica, foriera del terremoto. Florence, tip. dell' Arte della Stampa. In-8°, 7 p. (Extr. de la Rivista scientifico-industriale.) (7127)
- MALAGOLI (M.). — Foraminiferi delle arenarie di Lama Mocogno : osservazioni microlitologiche. Modène, tip. Vincenzi, In-8°, 5 p. av. planche. (Extr. des Atti della Soc. dei naturalisti di Modena.) (9550)
- NEGRI (G. B.). — Celestina di Montecchio Maggiore ; e ftalofenilidrazina, per R. Panebianco. Padoue, tip. frat. Salmin. In-8°, 6 p. (Extr. de la Rivista di mineralogia e cristallografia.) (7715)
- PANEBIANCO (R.). — Trattato di mineralogia. Volume I (Cristallografia morfologica), con coadiuvazione di L. Meschinelli. Fasc. 4-6 (dernier). Padoue, stab. di P. Prosperini. In-8°, 49-93 p. av. 5 pl. (9554)
- PANTANELLI (D.) e G. MAZZETTI. — Cenno monografico intorno alla fauna fossile di Montese. Parte II. Modène, tip. Vincenzi e nipoti. In-8°, 38 p. av. planche. (Extr. des Atti della soc. dei naturalisti di Modena.) (9555)
- PIACENTINI (G.). — Il goniometrografo e la sua applicazione. Rionero, tip. T. Ercolani. In-8°, 40 p. (10018)
- RUZZENENTI (I.). — Una ipotesi (sulla causa fisica del diluvio universale). Brescia, tip. Apollonio. In-8°, 8 p. (Extr. des Commentari dell' ateneo di Brescia.) (11361)
- SACCO (F.). — Studio geologico dei dintorni di Voltaggio. Turin,

- E. Loescher. In-8°, 18 p. av. planche. (Extr. des Atti della r. accad. d. scienze di Torino.) (8180)
- Sulla costituzione geologica degli altipiani isolati di Fossano, Salmour e Banale : studio. Turin, tip. Camilla e Bertolero. In-8°, 42 av. planche. (Extr. des Annali della r. accad. d'agricoltura in Torino.) (8181)
- Spettatore (Lo) del Vesuvio e dei Campi Flegrei : nuova serie pubblicata a cura e spese della sezione napoletana del club alpino italiano. Naples, F. Furchheim. In-4°, 103 p. av. 13 pl. (10020)
- SPEZIA (G.). — Sulla fusibilità dei minerali ; note. Turin, E. Loescher. (Extr. des Atti della r. accad. d. scienze di Torino.) (8183)
- TOMMASI (A.). — Alcuni brachiopodi della zona Raibelliana di Dogna nel Canal del Ferro : nota paleontologica. Udine, tip. G. Seitz. In-8°, 12 p. (Extr. des Annali del. r. istit. tecnico di Udine.) (9044)

4° Mécanique. — Exploitation des mines.

- BERNARDI (H.). — Notices sur la motrice Pia à benzine (Società veneta per imprese e costruzioni pubbliche). Padoue, imp. fr. Salmin. In-4°, 11 p. (6206)
- Instructions pour l'usage et pour l'application de la motrice Pia à benzine (Società veneta per imprese e costruzioni pubbliche.) Padoue, imp. Salmin fr. In-4°, 23 p. av. 2 pl. (7800)
- BONAMICO (D.). — Indicatore del movimento reale e relativo. Spezia, tip. C. Sighero. In-4°, 40 p. autog. av. fig. (9544)
- CARUSO (G.). — Frantoio a vapore perfezionato del marchese Nomis a Terricciola. Florence, tip. M. Ricci. In-8°, 14 p. (Extr. de l'Agricoltura italiana.) (9641)
- MALAGOLI (R.). — Sul moto di uno e di due gravi. Modène, tip. G. T. Vincenzi e nipoti. In-8°, 11 p. (10017)
- PAOLI (G. DE). — Il periodo di compressione nelle macchine a vapore. Turin, E. Loescher. In-8°, 23 p. av. planche. 1^f, 50. (9556)
- PESCI (G.). — Sulla deviazione meridionale dei gravi. Livourne, tip. G. Meucci. In-8°, 13 p. (7130)
- TRAVAGLIA (R.). — La crisi solfifera in Sicilia. Caltanissetta, tip. Castaldi. In-8°, 15 p. (9153)
- TONIETTI (G.). — Memoria al consiglio di amministrazione delle miniere dell' Elba in Livorno. Livourne, tip. R. Giusti. In-8°, 119 p. (7288)

5° *Constructions. — Chemins de fer.*

- BELLUOMINI (G.). — Prontuario del peso dei metalli, ferri quadrati, rettangolari, cilindrici, a squadra, a U, a Y, a Z, a T, ed a doppio T e delle lamiere e tubi di tutti i metalli: opera utilissima pei negozianti di metalli, proprietari di officine meccaniche, costruttori navali, costruttori di materiale ferroviario, intraprenditori di lavori, calderai, fabbri, ecc. Milan, U. Hoepli. In-16, xxij-247 p. (8242)
- DURANTI (D.). — Tramways a forza meccanica per Greve in Chianti e per S. Casciano in Val di Pesa. Florence, tip. M. Ricci. In-8°, 11 p. (9603)
- FIGARI (L.). — Esperienze eseguite col micrometro moltiplicatore del Castigliano nelle prove di stabilità del ponte metallico sul torrente Segno presso Vado. Rome, tip. del Comitato d'artiglieria e genio. In-8°, 12 p. avec 2 pl. (Extr. de la *Rivista d'artiglieria e genio.*) (8636)
- GASCA (C. L.). — Il codice ferroviario. Volume I (Diritto pubblico). Milan, U. Hoepli. In-8°, xij-856 p. 14 fr. (8513)
- GUIDI (C.). — Sul calcolo di certe travi composte: nota. Turin, E. Loescher. In-8°, 9 p. (Extr. des *Atti della r. accad. d. scienze di Torino.*) (8164)
- LUGHINI (O.). — La legislazione italiana sopra le strade ferrate di IV categoria: note. Rome, tip. G. Civelli. In-16°, 61 p. (Extr. du *Giornale dei lavori pubblici e delle strade ferrate.*) (10833)
- MARZOCCHI (C.). — Opere a consolidamento delle costruzioni in terreni scorrevoli. Roma, tip. del Comitato di artiglieria e genio. In-8°, 24 p. av. 3 pl. (Extr. de la *Rivista d'artiglieria e genio.*) (8638)
- PALESTRINO (P.). — Sulla questione dell'apertura di un nuovo valico internazionale intermedio fra il Fréjus ed il Gottardo, in rapporto con gli attuali bisogni ferroviari del Piemonte: considerazioni e proposte (Camera di commercio ed arti di Torino). Turin, stamp. dell'Unione tipografico-editrice. In-8°, 17 p. (9138)
- Protocollo finale della seconda conferenza internazionale di Berna per l'unità tecnica dell strade ferrate e la chiusura dei carri vincolati a dogana (R. ispettorato generale delle strade ferrate). Rome, tip. eredi Botta. In-8°, 23 p. (6171)
- SAVORGAN DI BRAZZA (G.). — Le antiche cave romane di Travertino

(dette del Barco) presso Tivoli, e risoluzione del problema della fornitura della pietra da taglio per le grandi costruzioni. Rome, tip. fr. Pallotta. In-8°, 14 p. (11022)

5° *Sujets divers.*

- CELORIA (G.). — Operazioni eseguite nell'anno 1881 per determinare la differenza delle longitudini fra gli osservatori del Dépôt général de la guerre à Montsouris, presso Parigi, del Mont Gros, presso Nizza, di Brera in Milano dai signori colonnello F. Perrier, direttore S. Perrotin, prof. G. Celoria: resoconto delle operazioni fatte da Giovanni Celoria. Milan, U. Hoepli. In-4°, 96 p. (7712)
- CASSOLA (C.). — Aeronautica: note varie. Rome, tip. del Comitato d'artiglieria e genio. In-8°, 13 p. av. planche (Extr. de la *Rivista d'artiglieria e genio.*) (10464)
- CREMA (P. C.). — Il planigrafo. Roma, tip. del Comitato d'artiglieria e genio. In-8°, 13 p. av. planche (Extr. du même recueil.) (9080)
- Elementi geodetici dei punti contenuti nel foglio 68 della carta d'Italia compresso fra 44°40' e 45°00' di latitudine e —4°30' e —5°00' di longitudine di Roma (M^{te} Mario), con le posizioni geografiche ed altezze sul mare corrispondenti al centro dell'abitato dei comuni compresi nel foglio stesso (Istituto geografico militare). Florence, tip. G. Barbèra. In-4°, 99 p. av. planche. (11380)
- GRIBODO (G.). — Sugli strumenti per le letture d'angoli. Novare, tip. Novarese. In-8°, 29 p. (9082)
- GRIMALDI (A.). — L'esposizione industriale e scientifica di Parma nel 1887. Reggio-Emilia, tip. degli Artigianelli, In-16°, 45 p. (11009)
- Industrie estrattive e chimiche (Esposizione delle provincie dell'Emilia, Bologna 1888: divisione III). Bologne, soc. tip. Azzoguidi. In-8°, 9 p. (8265)
- Industrie meccaniche (Esposizione delle provincie dell'Emilia, Bologna 1888: divisione IV). Bologne, soc. tip. Azzoguidi. In-8°, 8 p. (7815)
- Notizie sulle condizioni industriali della provincia di Bologna (Ministero di agricoltura, industria e commercio: direzione generale della statistica). Rome, tip. eredi Botta. In-8°, 52 p. av. 2 pl. 1^f, 50. (Extr. des *Annali di statistica.*) (6223)

- PAGNI (G.). — Il telegrafo universale del prof. Giovanni Caselli. Florence-Rome, tip. fr. Bencini. In-16°, 78 p. 4 fr. (7716)
- PASSERONI (A.). — Navigazione aerea e illustrazioni al principio sui cui si basa l'invenzione dell' areoscafo : (relazione). Sassari, tip. G. Chiarella. In-8°, 15 p. (8173)
- POZZI (F.). — L'idrometrografo elettrico, del canale industriale della Ceronda, collocato nell' ufficio tecnico della città di Torino. Turin, tip. Camilla e Bertolero. In-8°, 15 p. av. planche. (Extr. de l'*Ingegneria civile e le arti industriali.*) (10964)
- Tables of reduction of the weights measures and moneys of the chief commercial nations in the world. 5th edition. Rome, L. Bartlett-Amati. In-8°, 96 p. (10499)

No 433
(4)

ANNALES DES MINES

NOTES

SUR LE

SERVICE DU MATÉRIEL ET DE LA TRACTION

DE

QUELQUES CHEMINS DE FER AMÉRICAINS.

Par M. CH. BAUDRY, ingénieur en chef adjoint
du matériel et de la traction des chemins de fer P.-L.-M.

Origine de ces notes. — Les notes qui suivent ont été recueillies pendant une excursion faite en Amérique, au mois de juin 1886, avec plusieurs ingénieurs des chemins de fer français (*).

Arrivés à New-York le 31 mai par le paquebot *La Champagne*, de la Compagnie générale Transatlantique, nous nous sommes embarqués pour le retour, dans la même ville, le 19 juin, sur le paquebot *Le Saint-Laurent*. Nous avons donc passé un peu moins de trois semaines

(*) Deux d'entre eux, MM. de Fonbonne et Sauvage, du chemin de fer du Nord, ont publié dans la *Revue générale des chemins de fer* (février à août 1887) des notes de voyage, où j'ai été heureux de rencontrer des appréciations concordant avec les miennes sur la plupart des points.

en Amérique. Dans ce court espace de temps, nous ne pouvions avoir la prétention de faire une enquête approfondie sur les chemins de fer d'un pays qui est immense. Nous avons dû nous contenter de visiter quelques chemins de fer, dans une région limitée, et d'y étudier un petit nombre de points que nous avons particulièrement à cœur d'élucider.

Matières traitées. — Je dirai d'abord quel itinéraire nous avons suivi et quels chemins de fer nous avons visités. Après avoir donné quelques renseignements généraux sur ces chemins de fer, je traiterai, l'un après l'autre, les points suivants qui ont fait l'objet particulier de mes observations et de mes notes.

Le premier, et celui sur lequel je m'arrêterai le plus longtemps, est l'organisation du service des mécaniciens et chauffeurs. Je dirai notamment dans quelles conditions fonctionne, sur certains chemins de fer américains, le système de conduite des machines par deux ou plusieurs équipes; et j'essaierai de préciser dans quelle mesure ce système pourrait être appliqué sur le réseau Paris-Lyon-Méditerranée et quels résultats on devrait en attendre.

Passant ensuite au matériel de traction, je dirai ce qui caractérise les locomotives américaines, et je les comparerai aux locomotives P.-L.-M. sous le rapport des dimensions principales, des conditions de fonctionnement, de la puissance, des charges remorquées et du charbon consommé.

Après avoir ainsi passé en revue les principaux éléments de l'organisation du service de la traction, je donnerai quelques chiffres relatifs aux résultats obtenus, soit comme parcours de machines, soit comme dépenses de l'ensemble du service.

Enfin, dans une dernière partie, je résumerai les notes

que j'ai recueillies sur divers détails de construction des locomotives, et je donnerai les renseignements que j'ai pu obtenir sur une question à l'ordre du jour en Amérique, celle de l'application des freins continus aux trains de marchandises.

I. — ITINÉRAIRE.

Notre itinéraire a été le suivant (voir planche II, *fig. 3*) :

Du lundi 31 mai au jeudi 3 juin, séjour à New-York; visite du chemin de fer métropolitain, Manhattan Elevated Railroad, et de ses ateliers; visite à la gare des voyageurs du New-York Central and Hudson River Railroad et dans les bureaux de M. Buchanan, ingénieur en chef du matériel et de la traction de ce chemin de fer;

Vendredi 4 juin, aller à Albany et retour, avec M. Buchanan et sur sa locomotive spéciale; visite des ateliers de machines et de wagons et du dépôt du New-York Central and Hudson River Railroad, à Albany;

Samedi 5 juin, départ de New-York par le New-York Central; train spécial jusqu'à Albany; train rapide dit « Chicago limited » d'Albany à Buffalo; train spécial de Buffalo à Niagara-Falls;

Dimanche 6 juin, visite aux chutes du Niagara; excursion par train spécial du Michigan Central Railroad jusqu'au village de Niagara, sur le lac Ontario;

Lundi 7 juin, trajet de Niagara-Falls à Chicago par train spécial du Michigan Central;

Mardi 8 juin, excursion de Chicago à Aurora (Illinois) par train spécial du Chicago, Burlington and Quincy Railroad; visite des ateliers de ce chemin de fer à Aurora;

Mercredi 9 juin, visite des ateliers de wagons de la Compagnie Pullmann, à Pullmann-City, près de Chicago;

Jeudi 10 juin, visite des tramways à câble et des abattoirs de Chicago. Départ pour Pittsburgh par le rapide de nuit dit « New-York and Chicago limited », du Pennsylvania Railroad;

Du vendredi 11 juin au dimanche 13 juin, séjour à Pittsburgh et aux environs; visite des ateliers Westinghouse, des aciéries Edgar Thompson, des puits de gaz naturel et de pétrole;

Lundi 14 juin, trajet de Pittsburgh à Altoona par train spécial du Pennsylvania Railroad;

Lundi 14 juin et mardi 15 juin, visite des ateliers de machines et de wagons du Pennsylvania Railroad, à Altoona;

Mercredi 16 juin, trajet d'Altoona à Philadelphie par l'express de jour, dit « Day Express » du Pennsylvania Railroad;

Jeudi 17 juin, séjour à Philadelphie; visite des ateliers de locomotives de Baldwin;

Vendredi 18 juin, retour à New-York par un train ordinaire du Pennsylvania Railroad;

Samedi 19 juin, départ de New-York.

II. — GÉNÉRALITÉS SUR LES CHEMINS DE FER VISITÉS.

Si l'on met à part le chemin de fer métropolitain de New-York, on voit que nous avons voyagé sur quatre réseaux seulement, ceux des compagnies suivantes :

New-York Central and Hudson River Railroad,
Michigan Central Railroad,
Chicago, Burlington and Quincy Railroad,
Pennsylvania Railroad.

Mes renseignements se rapportent à ces quatre chemins de fer, principalement au New-York Central et au

Pennsylvania Railroad. Ces derniers sont deux des plus importants de l'Est des États-Unis, et ceux dont l'organisation passe pour la plus parfaite; ce sont également ceux qui se sont prononcés le plus catégoriquement en faveur des systèmes de la double équipe et de la banalité pour le service des locomotives. Cette dernière circonstance a été l'un des motifs qui m'ont déterminé à les choisir pour l'objet principal de mon étude.

Les réseaux de ces quatre compagnies sont les seuls qui soient représentés sur la carte de la planche II; l'itinéraire que nous avons suivi est indiqué sur cette carte par un trait de force.

New-York Central and Hudson River Railroad.

Le New-York Central and Hudson River Railroad appartient au groupe de chemins de fer où s'exerce l'influence prépondérante de la famille Vanderbilt, au système Vanderbilt, disent les Américains; il y occupe la première place.

Etendue et composition du réseau. — Son réseau se compose de 1.510 kilomètres entièrement situés dans l'État de New-York et dont près de la moitié (707 kilomètres) est formée par la grande ligne de New-York à Buffalo par Albany, Syracuse et Rochester. Le reste comprend 632 kilomètres de lignes sensiblement parallèles à la précédente et peu éloignées d'elle, et seulement 171 kilomètres de lignes transversales.

Activité de la circulation. — La ligne de New-York à Buffalo est une des principales artères par lesquelles les grands entrepôts de l'Ouest communiquent avec les ports de New-York et de Boston. Aussi la circulation y est-elle

extrêmement active, surtout celle des trains directs, *through trains*, pour les voyageurs comme pour les marchandises. Afin de donner une idée de cette activité, je citerai, pour l'ensemble du réseau et pour certaines divisions en particulier, le nombre moyen des locomotives qui ont parcouru chaque kilomètre pendant le mois de mars 1886. Des deux divisions choisies comme exemple, l'une, celle de l'Hudson River, se compose presque exclusivement de la partie de la ligne principale comprise entre New-York et Albany; l'autre, celle de l'Est, se compose de 230 kilomètres de ligne principale (Albany à Syracuse) et de 33 kilomètres de ligne secondaire (Schenectady à Troy). En regard des chiffres relatifs au New-York Central, le tableau suivant donne, comme points de comparaison, les chiffres qui leur correspondent pour l'ensemble du réseau P.-L.-M. et pour la ligne principale de Paris à Marseille :

	NOMBRES MOYENS DE LOCOMOTIVES AYANT PARCOURU CHAQUE KILOMÈTRE				
	pendant le mois de mars 1886, sur le N.-Y.-C. and H.-R.-R.			pendant un mois moyen de 1885 sur le P.-L.-M.	
	Ensemble du réseau	Division de l'Hudson-River	Division de l'Est	Ensemble du réseau	Ligne de Paris à Marseille
<i>1° Service des voyageurs.</i>					
Trains directs. . .	329	659	581	»	»
Trains locaux. . .	237	474	434	»	»
Total.	566	1.183	715	375	1.043
<i>2° Service des marchandises.</i>					
Trains directs. . .	848	1.298	1.679	»	»
Trains locaux. . .	198	425	141	»	»
Total.	1.046	1.423	1.820	268	790
Total général. . .	1.612	2.556	2.535	643	1.833

Il résulte des chiffres de ce tableau que la circulation

des trains de voyageurs sur la ligne principale du New-York Central est assez comparable à celle de Paris à Marseille : plus active entre New-York et Albany, elle l'est moins entre Albany et Syracuse.

Quant à celle des trains de marchandises, elle est incomparablement plus active sur toute la ligne : entre New-York et Albany, elle est égale à 1,8 fois, et entre Albany et Syracuse, à 2,3 fois celle de la ligne de Paris-Marseille; enfin, pour l'ensemble du réseau, elle dépasse encore notablement cette dernière, et elle est sensiblement égale à quatre fois celle de l'ensemble du réseau P.-L.-M.

Variations du trafic. — L'intensité du trafic n'est d'ailleurs pas la même dans toutes les saisons de l'année; atteignant son maximum pendant les mois d'hiver, elle diminue d'environ 30 p. 100 au milieu de l'été. Le mois de mars 1886, auquel se rapportent les chiffres donnés ci-dessus, paraît correspondre à un trafic moyen, si l'on en juge d'après le nombre des machines à marchandises qui sont restées disponibles et inoccupées pendant tout le mois (21 p. 100 du nombre des machines occupées).

Repos du dimanche. — Enfin, il convient de remarquer que si, au lieu de comparer les circulations moyennes par mois sur le New-York Central et sur le P.-L.-M., nous avons comparé les circulations moyennes par jour, nous aurions trouvé des différences encore plus grandes en faveur du chemin de fer américain. En effet, sur ce chemin, comme sur tous ceux que nous avons vus aux États-Unis, une grande partie du service des voyageurs et tout le service des marchandises sont interrompus le dimanche, de sorte que presque tout le travail de la semaine se répartit entre six jours seulement au lieu de sept.

12 SERVICE DU MATÉRIEL ET DE LA TRACTION

J'insiste sur l'extrême activité de la circulation du New-York Central parce qu'elle est une des causes qui expliquent l'emploi, sur ce chemin de fer, de certaines méthodes de traction dont je parlerai plus loin. Pour un motif analogue, je dois insister également sur certaines facilités particulières dont profite cette circulation.

Nature du trafic. — La première provient de la nature du trafic qui se compose en majeure partie de marchandises expédiées par wagons complets, ayant de grandes distances à parcourir sur le réseau, et allant même souvent d'un bout à l'autre.

Profil peu accidenté. — La deuxième est due au profil peu accidenté de la ligne principale. A l'exception d'un point, entre la gare et le dépôt d'Albany, où les trains se dirigeant vers l'ouest rencontrent une courte rampe de 17 millimètres par mètre, et où ils sont régulièrement renforcés par l'arrière, il n'y a nulle part de déclivités supérieures à 4 millimètres.

Quatre voies entre Buffalo et Albany. Voies de garage entre New-York et Albany. — Troisième circonstance favorable, la ligne principale, entre Buffalo et Albany, c'est-à-dire sur les deux tiers de sa longueur, est formée de quatre voies, dont deux exclusivement réservées aux trains de voyageurs, et les deux autres aux trains de marchandises. Il en résulte que chaque voie n'est parcourue que par des trains de vitesses peu différentes, qui ne se gênent pas les uns les autres. Entre New-York et Albany, où il n'y a normalement que deux voies, on a placé, de distance en distance, une troisième voie comprise entre les deux voies principales et raccordée avec elles à ses deux extrémités; ces voies de garage, longues de 10 à 15 kilomètres, servent aux trains de marchandises, qui y

circulent, à vitesse réduite, pendant que les trains de voyageurs les dépassent, et qui évitent ainsi une certaine perte de temps. Chacun de ces garages est ouvert pendant douze heures, de midi à minuit, aux trains qui marchent dans un sens, et pendant les douze heures suivantes, aux trains qui marchent en sens inverse.

Passage aux bifurcations sans ralentissement. — De nombreuses précautions sont prises par ailleurs pour éviter des pertes de temps aux trains circulant sur la grande ligne. Je citerai, en particulier, la disposition adoptée pour les bifurcations et qui permet aux trains de la grande ligne de les franchir à toute vitesse.

La fig. 6, Pl. I, représente la bifurcation d'une ligne secondaire à voie unique EF et de la ligne principale à double voie AB et CD. Elle est protégée dans les trois directions par des signaux placés à 805 mètres (1/2 mille), manœuvrés à distance et enclenchés entre eux et avec les aiguilles. En temps ordinaire, l'aiguille E est faite de manière à assurer la continuité de la voie CD, et les signaux avancés correspondant à la ligne principale sont effacés. Au contraire, le signal avancé de la ligne secondaire est fermé, et l'aiguille G est faite de manière à diriger sur le cul-de-sac GH les trains de cette ligne dans le cas où ils n'obéiraient pas au signal. Dans ces conditions, les trains de la grande ligne rencontrent presque toujours les signaux de la bifurcation à voie libre, et, dans ce cas, ils franchissent celle-ci à toute vitesse et en pleine sécurité. Dans les cas exceptionnels où ils trouvent à l'arrêt le signal qui s'adresse à eux, ils en concluent d'une manière certaine que la bifurcation est engagée et, par conséquent, ils s'arrêtent sans hésitation avant de l'aborder.

Entrée par aiguilles en pointe sur les voies de garage. — Des signaux avancés, analogues à ceux des bifurca-

tions, et enclenchés comme eux, protègent les aiguilles en pointe qui donnent accès sur les longues voies de garage dont j'ai parlé plus haut, ainsi que sur toutes les autres voies de garage, où l'on ne pénètre jamais par rebroussement comme chez nous.

Espacement des relais de machines. — Grâce à ces précautions et à l'ensemble des circonstances favorables qui réduisent les retards des trains de marchandises, on a pu, sur le New-York Central, espacer beaucoup les relais de machines de ces trains. Profitant de ce que les deux grandes villes d'Albany et de Syracuse partageaient la ligne de New-York à Buffalo en trois parties sensiblement égales, on y a établi les dépôts intermédiaires qui se trouvent ainsi à 230 kilomètres l'un de l'autre et à 230 et 247 kilomètres des extrémités de la ligne. Les machines des trains de marchandises, comme celles des trains de voyageurs franchissent ces distances sans relais. C'est plus que sur le P.-L.-M., où la plus longue course des machines à marchandises, celle de Dijon à Lyon, atteint à peine 200 kilomètres, et où les autres courses ne dépassent pas 160 kilomètres.

Répartition des lignes entre quatre divisions. — Pour clore ces généralités relatives au New-York Central and Hudson River Railroad, et en vue de faciliter l'intelligence de ce qui sera dit de chacune des quatre divisions de ce chemin de fer, voici comment les diverses lignes sont réparties entre ces divisions :

1^o *Division de Harlem.*

Ligne de New-York à Chatham 204 kilom.

2^o *Division de l'Hudson-River.*

Ligne de New-York à Albany 230 kilom.

— d'Albany à Troy 40

Total de la division de l'Hudson-River 240 —

A reporter. 444 kilom.

Report. 444 kilom.

3^o *Division de l'Est.*

Ligne d'Albany à Syracuse 230 kilom.

— de Troy à Schenectady 33

Total de la division de l'Est 263 —

4^o *Division de l'Ouest.*

Ligne de Syracuse à Buffalo, par Rochester et Batavia 247 kilom.

Ligne de Niagara-Falls à Syracuse, par Rochester, Canandaigua et Auburn. 290

Ligne de Rochester à Lake-View 16

— de Tonawanda à Batavia 58

— de Batavia à Canandaigua 81

— de Buffalo à Lewistown 46

— de Tonawanda à Lockport 24

— de Batavia à Attica 18

— de Geneva à Lyons 23

Total de la division de l'Ouest 803 —

Total du réseau 4.510 kilom.

Pennsylvania Railroad.

Le réseau de la Compagnie du Pennsylvania Railroad est beaucoup plus étendu et plus enchevêtré que celui du New-York Central. Bien qu'il forme un ensemble très homogène et soumis presque partout aux mêmes règles, il comprend à la fois des lignes exploitées directement par la compagnie et d'autres qu'elle ne fait que contrôler en laissant l'exploitation à des compagnies vassales.

Compagnies exploitant sous le contrôle de la Compagnie du Pennsylvania Railroad. — Parmi ces dernières, je citerai : à l'ouest de Pittsburgh, le Pittsburgh, Cincinnati and Saint-Louis Railway; à l'est, le Northern Central Railway qui relie Baltimore à Harrisburg, capitale de la Pennsylvanie, et à Canandaigua dans l'État de New-

York, le Philadelphia, Wilmington and Baltimore Railroad et le Baltimore and Potomac Railroad qui relie Philadelphia à Washington et aux États du Sud.

Lignes exploitées directement par la Compagnie du Pennsylvania Railroad. — Les lignes exploitées directement par la Compagnie se divisent elles-mêmes en deux groupes distincts ayant chacun leur direction propre : d'une part, les lignes situées à l'ouest de Pittsburgh et dont fait partie la grande ligne de Pittsburgh à Chicago, par Fort-Wayne et, d'autre part, les lignes à l'est de Pittsburgh, qui forment le Pennsylvania Railroad proprement dit.

Pennsylvania Railroad proprement dit et ses trois divisions. — C'est sur le Pennsylvania Railroad proprement dit qu'ont porté mes observations, et principalement sur celle de ses trois divisions qui est désignée elle-même par le nom de *Pennsylvania Railroad Division*. C'est de cette dernière que j'aurai surtout occasion de parler dans ce qui suit ; mais je donnerai également quelques chiffres relatifs aux deux autres divisions, *United Railroads of New-Jersey Division*, et *Philadelphia and Erie Railroad Division*.

Étendue et composition de la Pennsylvania Railroad Division. — La Pennsylvania Railroad Division, en tant que division de l'exploitation, comprend 1.948 kilomètres seulement ; mais, dans les comptes et dans les statistiques de la Compagnie, on groupe le plus souvent avec elle un certain nombre de lignes secondaires ayant une longueur de 494^k,6, de sorte que la longueur totale du groupe est de 2.442^k,6. Dans ce total, la grande ligne de Philadelphia à Pittsburgh entre pour 568 kilomètres ; le reste se compose d'embranchements jetés à droite et

à gauche de cette ligne, comme une série de sucoirs destinés à pomper et à apporter à l'artère principale le trafic de la région industrielle qu'elle traverse.

Activité de la circulation. — La ligne principale de Philadelphia à Pittsburgh est, comme celle de New-York à Buffalo du New-York Central, une des routes les plus fréquentées entre les entrepôts de l'Ouest et les ports de l'Atlantique ; comme elle, par conséquent, elle est parcourue par un grand courant de voyageurs et surtout de marchandises allant d'un bout à l'autre. Elle reçoit, de plus, un important trafic de la région qu'elle traverse et qui est une de celles où l'activité industrielle est la plus grande aux États-Unis. Aussi, la circulation y est-elle aussi active qu'entre New-York et Buffalo. Pour en donner une idée, je ne suis pas en mesure de citer des chiffres qui se rapportent à la ligne principale seule, mais j'en citerai qui se rapportent aux trois subdivisions du réseau dans lesquelles cette ligne est comprise et dont elle forme la plus grande part : la subdivision de Philadelphia qui comprend 168 kilomètres de ligne principale (de Philadelphia à Harrisburg.), et 163 kilomètres d'embranchements latéraux ; la subdivision du centre qui est exclusivement formée de 212 kilomètres de ligne principale (de Harrisburg à Altoona) ; et la subdivision de Pittsburgh qui comprend 188 kilomètres de ligne principale (d'Altoona à Pittsburgh) et 89 kilomètres d'embranchements.

A côté des chiffres relatifs à ces trois subdivisions, je donnerai ceux qui se rapportent à l'ensemble du réseau dans lequel la ligne principale n'entre que pour 23 p. 100, c'est-à-dire pour beaucoup moins que la ligne de New-York à Buffalo dans le réseau du New-York Central. L'activité moyenne de l'ensemble est naturellement très inférieure à celle de la ligne principale ; mais elle est er-

core très grande, ce qu'il faut attribuer surtout à la richesse industrielle des régions desservies par les embranchements.

Les chiffres du tableau suivant représentent, comme ceux du tableau relatif au New-York Central, les nombres moyens de locomotives qui ont parcouru chaque kilomètre pendant un mois. Pour le service des marchandises, ce sont des moyennes mensuelles de toute l'année 1885; pour celui des voyageurs, ce sont les chiffres du mois de juin de la même année. A la suite des chiffres relatifs au Pennsylvania Railroad sont reproduits, comme terme de comparaison, ceux déjà cités du P.-L.-M.

DÉSIGNATION DES RÉSEAUX	NOMBRES MOYENS DE LOCOMOTIVES AYANT PARCOURU CHAQUE KILOMÈTRE	
	Service des voyageurs	Service des marchandises
<i>Pennsylvania Railroad.</i>	Mois de juin 1885	Mois moyen de 1885
Ensemble des 2.442 ^{km} ,6 formant la Pennsylvania Railroad Division avec embranchements annexes. . .	334	870,5
Subdivision de Philadelphie	783	1.251
— du Centre.	684	1.513
— de Pittsburgh.	745	1.944
<i>P.-L.-M.</i>	Mois moyen de 1885	Mois moyen de 1885
Ensemble du réseau.	375	268
Ligne de Paris à Marseille.	1.043	790

En comparant le Pennsylvania Railroad au P.-L.-M., on voit que, pour le service des voyageurs, la circulation est de 25 à 34 p. 100 moins active sur les trois principales subdivisions du Pennsylvania Railroad que sur la ligne de Paris à Marseille, mais que, pour le service des marchandises, elle est infiniment plus active : sur la subdivision de Pittsburgh, en particulier, elle l'est 2,46 fois plus. Quant à l'ensemble du réseau, la circulation moyenne des locomotives à marchandises y est égale à 3,24 fois

celle du réseau P.-L.-M. et elle dépasse encore celle de la ligne de Paris à Marseille.

Malgré cette énorme circulation, la ligne de Philadelphie à Pittsburgh n'a que deux voies sur la plus grande partie de sa longueur. Elle comprend toutefois quelques sections à trois et à quatre voies. D'après le rapport annuel du Directeur de l'Exploitation, il y avait, au 31 décembre 1885, 175 kilomètres de troisième voie et 51 kilomètres de quatrième voie.

Profil de la ligne principale. — En ce qui concerne la facilité du profil, cette ligne est moins favorisée que la ligne de New-York à Buffalo. Dans sa partie milieu, il est vrai, entre Altoona et Harrisburg, elle n'a que des pentes très faibles et toutes dirigées vers l'est, c'est-à-dire dans le sens du trafic. Mais, entre Harrisburg et Philadelphie, elle offre un profil en dents de scie avec des déclivités qui varient de 4 à 6 millimètres sur la plus grande partie de sa longueur et qui dépassent 8 millimètres aux abords de Philadelphie. Enfin, entre Altoona et Pittsburgh, elle franchit les monts Alleghanys, avec des rampes variant de 15 à 18 millimètres sur le versant oriental et de 6 à 10 millimètres sur le versant occidental.

Double et triple traction. — Pour bien utiliser la puissance des machines à marchandises sur ce profil accidenté, tout en évitant les décompositions de trains, on a recours à la double traction sur certaines sections et à la triple sur d'autres. C'est avec trois machines, dont deux en tête et une en queue, que les trains de marchandises se dirigeant vers l'ouest gravissent les rampes de 15 à 18 millimètres par lesquelles d'Altoona ils atteignent l'autre versant des Alleghanys.

Espacement des relais de machines. — Malgré la difficulté relative de son profil, la ligne de Philadelphie à

Pittsburgh est divisée, au point de vue des relais des machines à voyageurs et à marchandises, en trois sections assez longues, mais moins longues que celles de la ligne de New-York à Buffalo :

Philadelphie à Harrisburg	168 kilomètres.
Harrisburg à Altoona	212
Altoona à Pittsburgh	188

Michigan Central Railroad.

Le Michigan Central Railroad fait partie du système Vanderbilt, comme le New-York Central, dont il forme l'un des prolongements à l'ouest de Buffalo et des ponts du Niagara.

Étendue et composition du réseau. — Son réseau, long de 2.353 kilomètres, s'étend sur la partie méridionale de la province canadienne d'Ontario et sur l'État de Michigan tout entier, c'est-à-dire sur des contrées presque exclusivement agricoles et dont la population est beaucoup plus clairsemée que celle des États de New-York et de Pennsylvanie traversés par les chemins de fer précédents. Aussi, la circulation n'y est-elle active que sur la ligne principale qui va des ponts du Niagara à Chicago par Windsor et Detroit, et qui, longue de 825 kilomètres, forme seulement les 0,35 du réseau.

En dehors des trains locaux, cette ligne est parcourue dans chaque sens par quatre ou cinq grands trains express de voyageurs qui continuent jusqu'à Detroit et Chicago ceux du New-York Central et qui marchent aux mêmes vitesses ou à peu près. Elle donne en même temps passage à un trafic considérable de marchandises allant de bout en bout. Mais elle reste, à cet égard, bien au-dessous des lignes de New-York à Buffalo et de Philadelphie à Pittsburgh, parce qu'elle est à voie unique sur la plus

grande partie de sa longueur, ce qui limite sa capacité. Comme ligne à voie unique, elle a une circulation incomparablement plus active qu'aucune ligne française du même genre et fournit un exemple remarquable de ce que permet à cet égard le système américain de la direction des trains par le télégraphe.

Activité de la circulation. — Comme pour le Pennsylvania Railroad, je n'ai pas de chiffres qui donnent la mesure précise de l'activité de la circulation sur la ligne principale du Michigan Central. Mais on peut s'en faire une idée d'après les chiffres qui se rapportent à l'ensemble du réseau, et en tenant compte de la place que tient la ligne principale dans l'ensemble et du peu d'activité des lignes secondaires.

Le tableau suivant donne séparément pour les deux divisions du réseau les nombres moyens de locomotives ayant parcouru chaque kilomètre pendant un mois. La division canadienne comprend 607 kilomètres, dont 366 appartiennent à la ligne principale entre les ponts du Niagara et Windsor, situé sur la rive gauche du Detroit-River en face de la ville de Detroit. La division des États-Unis a un développement de 1.746 kilomètres dans lesquels la ligne principale de Detroit à Chicago est comprise pour 459 kilomètres. En regard des chiffres relatifs à ces deux divisions est reproduit le chiffre correspondant du réseau P.-L.-M.

Nombres moyens de locomotives de tous services ayant parcouru chaque kilomètre pendant un mois.

	MICHIGAN CENTRAL		P.-L.-M.
	Division Canadienne	Division des États-Unis	Ensemble du réseau
Avril 1886	761	705	"
Décembre 1885 (maximum)	909	"	"
Juin 1885 (minimum)	724	"	"
Mois moyen de 1885	"	"	643

Les chiffres du Michigan Central se rapprochent de ceux du P.-L.-M. ; mais sans pouvoir préciser comment ils se décomposent entre le service des voyageurs et celui des marchandises, je puis dire que la décomposition n'est pas du tout la même que sur le P.-L.-M. ; la part des voyageurs est beaucoup moindre et celle des marchandises est plus grande d'autant.

Chicago, Burlington and Quincy Railroad.

Étendue et composition du réseau. — Avec le Chicago, Burlington and Quincy Railroad, ou le C. B. and Q., comme disent les Américains, nous faisons un pas de plus vers le désert, mais sans y entrer encore. Le réseau de cette Compagnie est entièrement situé à l'ouest de Chicago ; mais il ne dépasse pas le cours du Missouri. Situé presque en entier dans les États d'Illinois et d'Iowa, il dessert, comme le Michigan Central, une région agricole et moyennement peuplée, et est formé, comme ce chemin de fer, d'une ligne principale à grand trafic et de lignes secondaires beaucoup moins fréquentées.

La ligne principale, longue de 798 kilomètres, va de Chicago à Council-Bluffs sur la rive gauche du Missouri, et se relie près de ce point aux lignes qui, partant d'Omaha, sur la rive droite de la rivière, se dirigent vers le Colorado et vers l'Océan Pacifique. Elle est parcourue par un assez grand nombre de trains de voyageurs, mais leur vitesse est déjà notablement moindre que sur les grandes lignes de l'Est. Au voisinage de Chicago, et sur une longueur de 134 kilomètres, on trouve encore quelques trains ayant une vitesse commerciale de 48 à 50 kilomètres à l'heure, et même un qui atteint 63^{km},5. Mais à mesure que l'on s'éloigne de Chicago, la vitesse diminue, et au delà de Burlington, où la ligne franchit le Mississipi, il n'y a plus de train marchant à plus de 39 kilo-

mètres à l'heure. Le trafic de cette ligne est surtout un trafic de marchandises, et de marchandises voyageant par trains directs, ainsi que le prouvent les chiffres que je citerai tout à l'heure.

En dehors de la ligne principale, le C. B. and Q. fait encore circuler quelques trains directs sur les deux lignes suivantes qui s'en détachent vers le Sud-Ouest :

Galesburg à Quincy.	159 kilomètres.
Creston à Kansas City	204

et sur la ligne transversale qui va du Nord au Sud, de Rock-Island à Saint-Louis, sur une longueur de 397 kilomètres. Le reste du réseau, formant 1.738 kilomètres, n'a que des trains locaux généralement en très petit nombre.

Activité de la circulation. — Le tableau suivant donne, d'une part, pour l'ensemble du réseau et pour tous les trains, et de l'autre, pour la ligne principale et les trains directs seulement, les nombres moyens de locomotives ayant parcouru chaque kilomètre pendant le mois de mars 1886. Au-dessous sont les chiffres correspondants du réseau P.-L.-M. :

Nombres moyens de locomotives ayant parcouru chaque kilomètre pendant un mois.

	SERVICE des voyageurs	SERVICE des marchandises
		Mars 1886	Mars 1886
C.-B. and Q.		
Ensemble du réseau et tous les trains.	163	317
Ligne de Chicago à Council Bluffs et trains directs seulement	256	940
	Mois moyen de 1885	Mois moyen de 1885
P.-L.-M.		
Ensemble du réseau.	375	268
Ligne de Paris à Marseille.	1.043	790

En comparant les chiffres du C. B. and Q. à ceux du P.-L.-M., on voit :

1° Que, sur l'ensemble du C. B. and Q., la circulation moyenne des trains de voyageurs est beaucoup moindre, et celle des trains de marchandises un peu plus grande que celle de l'ensemble du réseau P.-L.-M.;

2° Que, sur la ligne principale de Chicago à Council-Bluffs, la circulation des trains de voyageurs est incomparablement moindre, et celle des trains de marchandises sensiblement plus grande que sur la ligne de Paris à Marseille.

Espacement des relais de machines. — En ce qui concerne les relais de machines pour les trains de marchandises directs, la ligne principale de Chicago à Council-Bluffs est divisée de la manière suivante :

De Chicago à Aurora.	60 kilomètres.
D'Aurora à Galesburg	201
De Galesburg à Burlington.	69
De Burlington à Ottumwa.	121
D'Ottumwa à Creston.	185
De Creston à Council-Bluffs.	162
Total.	798 kilomètres.

III. — ORGANISATION DU SERVICE DE LA TRACTION.

Après ces indications générales, nécessaires pour caractériser chacun des chemins de fer étudiés et pour faire connaître sa place dans le vaste réseau américain, j'aborde la question qui a fait l'objet principal de mon étude, celle de l'organisation du service de la traction.

Caractères généraux de l'organisation américaine. — Le point saillant de cette organisation, c'est que tout y est combiné en vue d'obtenir des locomotives le travail utile le plus grand possible, et que toutes les autres considérations, sauf, bien entendu, celle de la sécurité, pa-

raissent s'effacer devant celle-là. Les ingénieurs américains se préoccupent également, il est vrai, de tirer le meilleur parti possible de leur personnel de mécaniciens et de chauffeurs, et, parmi les mesures prises pour augmenter le travail utile des locomotives, beaucoup ont pour résultat d'augmenter en même temps celui des mécaniciens. Mais cette considération passe après la première et, dans certains cas, elle lui est sacrifiée. Quant à celle de l'économie du combustible, elle ne paraît occuper dans les préoccupations générales qu'un rang très secondaire.

Dans cet ordre d'idées, les Américains emploient des machines puissantes par leurs dimensions, et dont ils augmentent encore la puissance en les faisant travailler dans des conditions peu favorables à l'économie du combustible. Avec ces machines, ils remorquent des trains de marchandises très lourds, qu'ils s'attachent à décomposer le moins possible et à retarder le moins possible par des garages en cours de route. Grâce à cette dernière précaution, ils peuvent espacer les relais de machines sans imposer à leur personnel une trop grande fatigue; et ils usent largement de cette faculté, ne craignant pas d'ailleurs de faire faire à ce dernier des courses plus longues qu'on ne l'admettrait en France, sauf à lui laisser ensuite de plus longs repos. Pour obtenir de leurs mécaniciens et de leurs chauffeurs le plus de travail possible sur la ligne, ils ne leur demandent aucun travail dans les dépôts, et ils les retiennent le moins possible après leur arrivée aux relais, poussant même, dans certains cas, la précaution jusqu'à les faire remplacer à la gare de relai par un personnel spécial chargé de rentrer la machine au dépôt et auquel ils donnent le nom expressif de « hostlers », c'est-à-dire « valets d'écurie ». Enfin, quelque bonne utilisation du mécanicien qu'ils obtiennent par l'application de ces diverses mesures, ils ne se contentent

pas d'en obtenir autant de sa machine; ils demandent plus à celle-ci, et, pour cela, ils font marcher la même machine, tantôt avec deux mécaniciens qui la prennent à tour de rôle, tantôt avec le premier mécanicien venu.

Points conformes aux doctrines qui ont cours dans notre service. — Cette esquisse rapide de l'organisation américaine montre que, sur plus d'un point, elle est conforme aux doctrines qui ont cours dans notre service P.-L.-M. et dont l'application ne nous a donné jusqu'ici que de bons résultats. L'emploi de machines puissantes, la formation de trains lourds rarement remaniés et rarement garés, l'espacement des relais de machines, la division du travail des mécaniciens en longues courses suivies de longs repos, l'exemption, pour ces derniers, de tout travail de dépôt et la réduction de leurs pertes de temps à l'arrivée aux relais, ce sont autant de points sur lesquels nous sommes entièrement d'accord avec la pratique américaine. Si, pour plusieurs d'entre eux, nous ne poussons pas encore l'application aussi loin qu'en Amérique, la constatation des excellents résultats obtenus dans ce pays ne peut que nous décider à marcher plus résolument encore dans la voie où nous sommes déjà engagés.

Points de divergence. — Mais il y a deux points sur lesquels notre pratique diffère entièrement de celle des Américains. En premier lieu, nous avons toujours admis qu'il y avait le plus grand intérêt à spécialiser un mécanicien à chaque machine, et nous n'avons eu recours aux systèmes de la double équipe ou de la machine banale que quand l'insuffisance momentanée de notre effectif de machines ne nous permettait pas de faire autrement. En second lieu, nous n'avons jamais, quelque intérêt que nous attachions à la puissance des machines, cher-

ché à augmenter cette puissance aux dépens de l'économie du combustible.

J'entrerais dans quelques détails sur ces deux points de divergence, en traitant successivement de l'organisation du service des mécaniciens et chauffeurs et des conditions d'établissement des machines locomotives.

IV. — SERVICE DES MÉCANICIENS ET CHAUFFEURS.

Les mécaniciens sont considérés exclusivement comme des conducteurs de machines. — Un des caractères principaux de l'organisation de ce service en Amérique, c'est que les mécaniciens sont exclusivement considérés comme des conducteurs de machines, n'ayant à travailler que sur leurs machines et en route, et qu'à part la constatation de l'état de celles-ci au départ et à l'arrivée, ils n'ont rien à faire au dépôt. Ce qu'on leur demande, c'est de faire beaucoup de kilomètres, et on les paye suivant le nombre de kilomètres faits.

Ils sont payés d'après le parcours fait. — Quelquefois, il est vrai, comme au New-York Central, il existe un prix de journée minimum qui est acquis au mécanicien, quel que soit le parcours effectué, pourvu qu'il ait été commandé de service. D'autres fois, comme sur le C. B. and Q., les règlements prévoient certaines indemnités pour le cas où les mécaniciens seraient arrêtés en cours de route par suite de circonstances indépendantes de leur volonté et de leur habileté professionnelle, et pour celui où, après avoir été commandés de service, ils seraient renvoyés chez eux sans être utilisés. Mais il ne s'agit là que d'indemnités exceptionnelles; sur le New-York Central comme sur le C. B. and Q., le salaire normal des mécaniciens du service des trains ne dépend que du parcours effectué par eux.

Il en est de même sur le Michigan Central.

Ils ne reçoivent de primes de combustible que sur le Pennsylvania Railroad, et cette prime est peu importante. — Sur le Pennsylvania Railroad, le parcours est encore le principal élément du salaire des mécaniciens; mais, contrairement à ce qui se fait sur les trois chemins de fer précédents, on y ajoute une certaine prime d'économie de charbon. Seulement cette prime est loin d'avoir l'importance de celles qui sont en usage sur les chemins de fer français; tandis que sur le P.-L.-M., par exemple, la prime d'économie représente en moyenne plus de 20 p. 100 du traitement du mécanicien, sur le Pennsylvania Railroad, elle n'atteint pas 5 p. 100. Dans ces conditions, il ne paraît pas probable que le mécanicien pennsylvanien apporte à l'économie du combustible autant d'intérêt que celui du P.-L.-M. Pour lui, comme pour ses collègues des autres chemins de fer d'Amérique, le principal objectif est toujours le parcours kilométrique.

Salaires au New-York Central. — Sur le New-York Central, le salaire est exactement proportionnel au nombre de kilomètres, quelles que soient la partie de ligne parcourue et la nature du train remorqué. Il est (*) :

Pour la première année de service, de	8 ^f ,05	par 100 kilomètres.
Pour la deuxième année, de	9 ^f ,66	—
Pour les années suivantes, de	11 ^f ,27	—

avec un minimum, par jour, correspondant au prix de 161 kilomètres (100 milles).

Salaires au C. B. and Q. — Sur le Chicago, Burlington and Quincy RR., le salaire dépend non seulement du nombre de kilomètres faits, mais encore de la partie de ligne parcourue et de la nature du train remorqué. Il est fixé par un tarif qui prévoit les différentes courses qu'une

(*) Les dollars américains ont été convertis en francs à raison de 5^f,1825 pour 1 dollar.

machine peut être appelée à faire, et qui attribue des prix différents pour la première année de service, pour la seconde et pour les années suivantes. Ces prix sont, en moyenne, un peu plus élevés que ceux du New-York Central.

Salaires au Pennsylvania Railroad. — Sur le Pennsylvania Railroad, le salaire est également fixé d'après les courses effectuées; j'aurai l'occasion de citer plus loin les prix de quelques-unes de ces courses, en même temps que je donnerai quelques détails sur le fonctionnement du système de prime d'économie de charbon sur ce réseau; ces prix se rapprochent de ceux payés par le New-York Central.

Salaires des mécaniciens de ballast et de manœuvres. — La fixation du salaire d'après le parcours effectué ne peut évidemment s'appliquer qu'au service des trains de voyageurs et de marchandises; pour le service des manœuvres et des trains de ballast, les mécaniciens sont payés à la journée. Sur le New-York Central, ils reçoivent le prix de journée minimum assuré aux mécaniciens des trains de voyageurs et de marchandises, c'est-à-dire de 13 francs à 18^f,20 suivant l'ancienneté de service.

Sur le C. B. and Q., les mécaniciens de manœuvre n'ont que de 11^f,65 à 14^f,25; ceux des trains de ballast seuls reçoivent de 13 francs à 18^f,20.

Enfin sur le Pennsylvania RR, les mécaniciens de manœuvre reçoivent 14^f,50 par jour

Salaires des chauffeurs. — Pour ce qui est des chauffeurs, leur salaire est toujours fixé sur la même base que celui des mécaniciens. Sur le New-York Central, il est, dans tous les cas, la moitié de celui des mécaniciens. Sur les deux autres chemins de fer précités, il dépasse généralement un peu cette moitié. De plus, sur le Pennsylvania RR, où le système des primes d'économie de char-

bon est en vigueur, la prime du chauffeur est égale à celle du mécanicien.

Absence de roulements pour les mécaniciens. — Après le mode de fixation des salaires, un des points par lesquels l'organisation du service des mécaniciens en Amérique diffère le plus de ce qu'elle est chez nous, c'est que les Américains ne cherchent pas ordinairement, comme nous, à grouper les mécaniciens en équipes dont tous les membres fassent à tour de rôle les mêmes trains, de manière à établir entre eux la plus parfaite égalité. Ils n'ont pas, en effet, le même intérêt que nous à réaliser cette égalité, puisqu'ils n'instituent pas de concours entre les mécaniciens pour les primes d'économie de combustible; et ils préfèrent chercher à procurer à leur personnel une existence plus régulière, en donnant, autant que possible, tous les jours le même service à chacun. De plus, ils tirent parti de l'inégalité des divers services, pour récompenser ou punir leurs agents, en leur assignant un service plus ou moins avantageux.

La même machine n'est pas toujours conduite par le même mécanicien. Système de la double équipe et système des machines banales. — La dernière différence capitale à constater entre le système américain et le nôtre c'est que les Américains n'attachent pas la même importance que nous à lier chaque mécanicien à sa machine. Ils reconnaissent bien, en général, que cette spécialisation offre certains avantages; mais ils n'hésitent pas à les sacrifier chaque fois qu'en le faisant ils peuvent obtenir sensiblement plus de parcours de leurs machines. Pour atteindre ce dernier but, tantôt ils attachent deux, trois ou même quatre équipes de mécanicien et chauffeur à une seule machine, tantôt ils affectent à un service plus d'équipes que de machines, et chaque équipe conduit successivement toutes les machines. Mais

je dois ajouter immédiatement que, dans beaucoup de cas, le premier de ces systèmes n'est pas applicable, et le second n'offrirait pas d'avantage marqué. Dans ces cas, les Américains s'en tiennent, comme nous, au système de la simple équipe, dans lequel chaque mécanicien garde toujours la même machine.

En fait, c'est le système de la simple équipe que nous avons vu partout appliqué au service entier des lignes secondaires et au service des trains locaux de voyageurs et de marchandises des lignes principales. Il nous a paru appliqué également au service des trains directs de marchandises sur le Michigan Central et sur le C. B. and Q. Sur ces chemins de fer, nous n'avons constaté l'emploi de la double équipe ou de l'équipe multiple que pour une partie des trains directs de voyageurs des lignes principales.

Mais nous avons trouvé la double équipe employée par le New-York Central pour tous les trains directs de voyageurs et de marchandises de la ligne principale, et par le Pennsylvania Railroad pour les trains directs de voyageurs seulement. Enfin, nous avons vu le système des machines banales fonctionner d'une manière générale sur ce dernier réseau pour les trains directs de marchandises de la ligne de Philadelphie à Pittsburgh.

Je donnerai successivement quelques détails sur ce qui se fait dans l'un et l'autre de ces chemins de fer.

Emploi de la double équipe par le New-York Central.

Service des voyageurs. Trains directs entre New-York et Albany. — Pour le New-York Central, où le système de la double équipe est appliqué aux trains de marchandises comme à ceux de voyageurs, j'examinerai d'abord ce qui se rapporte aux trains de voyageurs, et je prendrai

comme exemple le service entre New-York et Albany. D'après l'horaire mis en vigueur le 30 mai 1886, ce service comprend 13 trains directs dans chaque sens, dont 8 d'un sens et 5 de l'autre sont supprimés le dimanche. La marche de ces trains est représentée par le graphique (*fig. 4*, Pl. I), sur lequel le tracé plein se rapporte aux trains qui ont lieu tous les jours, et le tracé pointillé aux trains supprimés le dimanche. Chaque machine fait par jour un voyage aller et retour avec la même équipe; autant que possible, elle fait tous les jours les mêmes trains. Tous les deux jours elle est montée par une équipe, et le lendemain par une autre. Il résulte de cet exposé et de l'examen du graphique ci-après que chaque équipe ne travaille que tous les deux jours, qu'elle fait alors une course de 460 kilomètres, coupée par un repos de trois à quatre heures, et qu'elle revient à son point de départ douze à treize heures après l'avoir quitté, enfin qu'elle ne repart ensuite qu'après un repos de trente-cinq à trente-six heures dans le lieu de son domicile.

Un pareil service est assurément loin d'être pénible; il l'est d'autant moins que, par suite de la suppression d'un certain nombre de trains du dimanche, le personnel a la libre disposition d'environ un dimanche sur trois, en outre des repos indiqués ci-dessus. Il semble donc que l'application du système de la double équipe ait conduit dans ce cas à imposer aux mécaniciens et aux chauffeurs moins de travail qu'on n'eût été en droit de le faire; et, par conséquent, l'on peut se demander si ce système ne fait pas perdre en surcroît de dépense de personnel tout ou partie de ce qu'il fait gagner en économie de machines. Cette question n'a peut-être pas en Amérique la gravité qu'elle aurait chez nous, parce que les mécaniciens et chauffeurs n'y ont pas de traitement fixe et n'y sont payés que d'après les parcours effectués. Cependant, même en ce pays, ce n'est pas une question indifférente,

car il est hors de doute que la considération du nombre de kilomètres normalement demandé par jour influe sur la fixation du prix du kilomètre; et c'est probablement à cause du faible parcours demandé par le New-York Central à ses mécaniciens des trains de voyageurs, que, contrairement à ce qui se passe sur les autres chemins de fer, et notamment sur le Pennsylvania RR. et sur le C. B. and Q., le kilomètre leur est payé aussi cher qu'aux mécaniciens des trains de marchandises. Quoi qu'il en soit, la question d'économie de personnel a trop d'importance au point de vue de l'application du système de la double équipe à nos réseaux français, pour qu'il ne soit pas utile de l'approfondir.

Comparaison des nombres de machines et de mécaniciens employés pour ce service et de ceux qui seraient nécessaires pour faire le même service d'après notre pratique. — A cet effet, j'ai supposé que nous ayons à exécuter, conformément à la pratique actuelle du P.-L.-M. le service représenté sur le graphique (Planche I, *fig. 4*) et j'ai fait préparer suivant nos règles le roulement des machines nécessaires pour ce service. Comme cette préparation comporte toujours une certaine élasticité, je l'ai fait faire de deux façons différentes, la première, en ne forçant pas du tout, et la seconde, en forçant autant que possible le travail du personnel; j'ai obtenu ainsi un maximum et un minimum du nombre de machines et de mécaniciens nécessaires. Le maximum est de 21 machines et mécaniciens, et le minimum de 16 seulement.

Le New-York Central faisant le service avec 13 machines et 26 mécaniciens, emploie 8 machines de moins et 5 mécaniciens de plus que nous ne le ferions en suivant le premier des deux roulements étudiés, et 3 machines de moins et 10 mécaniciens de plus que nous ne le ferions en suivant le second roulement.

Comparaison des dépenses. — Or, au P.-L.-M., le personnel d'une machine coûte à peu de chose près le même prix, quel que soit le nombre de kilomètres qu'il parcourt; ce prix est en moyenne de 6.000 francs par an.

D'autre part, en employant une machine de plus pour le même service, on augmente peu les dépenses d'entretien des machines, qui, pour le même type, sont sensiblement proportionnelles aux parcours; on ne change rien à la dépense de combustible; on ne dépense en plus que l'intérêt et l'amortissement de la machine supplémentaire, et l'intérêt, l'amortissement et l'entretien du remisage supplémentaire nécessité par les stationnements plus longs de toutes les machines du service. Il est assez difficile d'estimer cette dernière dépense; quant à l'intérêt et à l'amortissement d'une de nos locomotives des derniers types, on peut les estimer à 5.000 francs par an, en comptant sur une durée de 30 ans pour les locomotives et sur un taux d'intérêt de 4 1/2 p. 100.

D'après cela, on ne doit pas être éloigné de la vérité en comptant que sur notre réseau et pour un même service à faire, la dépense d'un mécanicien compense l'économie d'une machine. Par conséquent, en organisant le service des trains directs de voyageurs entre New-York et Albany comme le fait le New-York Central, nous dépenserions moins qu'en suivant notre premier roulement et plus qu'en suivant le second. Dans un cas, la différence serait de 18.000 francs en moins, et dans l'autre, de 42.000 francs en plus.

Les appréciations peuvent varier dans les limites qui précèdent; la vérité est probablement au milieu, de sorte qu'en somme le service en double équipe fait comme au New-York Central serait plus coûteux que le service fait en simple équipe suivant nos errements ordinaires.

Service des marchandises. — Je n'ai pu faire pour le

service des marchandises du New-York Central une étude comparative aussi précise que pour celui des voyageurs. Cela tient à ce que, sur ce chemin de fer, comme sur tous les chemins de fer américains en général, il n'existe pas d'horaires pour les trains directs de marchandises; ce sont tous des *wild trains* (trains sauvages) dirigés au moyen du télégraphe par les train-dispatchers et passant sur chaque point à des heures qui ne sont pas déterminées à l'avance. Pour un service de ce genre on ne peut plus, comme pour le service des voyageurs, affecter chaque jour la même machine au même train. La règle que l'on suit est alors celle que les Américains résument par la formule *first in first out*, ce qui veut dire que c'est la machine la plus anciennement rentrée au dépôt qui doit partir la première.

Aussitôt qu'il est avisé par le télégraphe de l'heure à laquelle il doit fournir une machine pour un train de marchandises, l'agent qui remplit, en ce qui concerne le mouvement des machines, le rôle de notre chef de dépôt, et que l'on nomme *Engine dispatcher*, désigne, d'après la règle précédente, la machine à expédier, et fait prévenir, chez eux, le mécanicien et le chauffeur qui doivent l'accompagner. Ceux-ci conduisent le train jusqu'au dépôt suivant et y attendent que leur tour vienne d'en ramener un autre train. Revenus à leur point de départ, ils quittent leur machine, lui laissent faire, avec une seconde équipe, un voyage aller et retour, et la reprennent quand elle est appelée à partir une troisième fois.

En l'absence d'horaire fixe, il n'est pas possible de dire exactement quelle est la période moyenne qui s'écoule entre le départ d'une équipe et son retour au dépôt d'attache, ni entre ce moment et son départ suivant. Voici, à défaut d'indication précise à ce sujet, comment on nous a décrit le service des mécaniciens du dépôt d'Albany qui remorquent les trains directs de marchandises entre

cette ville et Syracuse sur une distance de 230 kilomètres :

Aller d'Albany à Syracuse	8 heures.
Repos à Syracuse.	8
Retour à Albany	8
Repos à Albany.	24

Sans être pénible, ce service est plus chargé que celui des mécaniciens des trains de voyageurs, et on pourrait, à la rigueur, le considérer comme normal; mais il résulte des chiffres de la statistique que c'est un maximum qui n'est pas atteint régulièrement dans la pratique. En effet, avec un pareil service pour les jours de semaine, et en supposant tous les dimanches consacrés au repos, le parcours de chaque mécanicien serait de 6.210 kilomètres pour un mois de 31 jours, comme le mois de mars 1886. Or, pendant ce mois, le parcours moyen de tous les mécaniciens des trains directs de marchandises sur la section d'Albany à Syracuse n'a été que de 4.207 kilomètres.

Sur les deux autres sections du New-York Central, le parcours moyen des mécaniciens du même service a été pendant ce mois :

Entre New-York et Albany.	5.026 kilomètres.
Entre Syracuse et Buffalo.	3.925 —
Pour l'ensemble du réseau, il a été de. . . .	4.242 —

Comparaison des nombres de machines et de mécaniciens employés pour ce service et de ceux qui seraient nécessaires pour faire le même service d'après notre pratique. — Ce dernier chiffre est inférieur de 30 p. 100 à celui de 6.210 kilomètres indiqué ci-dessus comme normal; il est, de plus, sensiblement inférieur aux parcours que font, sur le réseau P.-L.-M., les mécaniciens des trains analogues. En effet, d'après les roulements actuellement en vigueur, le parcours mensuel des machines qui remorquent les trains directs et réguliers de marchandises entre Paris et Lyon est, en moyenne, de 4.679 kilomètres. Et cependant, notre ligne de Paris à

Lyon est dans des conditions bien moins favorables aux longs parcours que celle de New-York à Buffalo : le tracé en est plus accidenté; les trains de marchandises y circulent sur les mêmes voies que de nombreux trains de voyageurs, au lieu d'avoir des voies distinctes comme entre Albany et Buffalo; enfin, l'espacement des relais de machines y est moins avantageux que sur la ligne américaine. Aussi, n'est-il pas douteux qu'en employant entre New-York et Buffalo le système de la simple équipe, on pourrait facilement, et sans dépasser la mesure de ce que nous demandons comme travail à notre personnel, faire parcourir aux mécaniciens beaucoup plus de kilomètres par mois qu'ils n'en parcourent entre Paris et Lyon. J'estime que le chiffre de 6.210 kilomètres établi d'après le service qu'on nous a indiqué comme normal entre Albany et Syracuse est un minimum qui pourrait être atteint sans la moindre difficulté; et, en lui comparant celui de 4.242 kilomètres obtenu avec le système de la double équipe, j'arrive à cette conclusion qu'en suivant ce dernier système, le New-York Central emploie 46,5 p. 100 de mécaniciens de plus qu'il ne le ferait avec le système de la simple équipe.

Ce chiffre est supérieur à celui de l'économie réalisée sur le nombre de machines. En effet, le parcours moyen d'une machine des trains directs de marchandises a été, pendant le mois de mars 1886 et pour l'ensemble du New-York Central, de 9.490 kilomètres. En comparant ce chiffre à celui de 6.210 que nous avons admis comme normal pour le cas de la simple équipe, on trouve que le New-York Central emploie 34,5 p. 100 de machines de moins qu'il ne le ferait avec ce dernier système.

Comparaison des dépenses. — Par conséquent, et puisque chez nous la dépense d'un mécanicien compense sensiblement l'économie d'une machine, nous dépense-

rions davantage en faisant le service des marchandises du New-York Central comme ce chemin de fer le fait, qu'en le faisant en simple équipe suivant notre pratique ordinaire.

Conclusion. — Nous étions déjà arrivés à une conclusion semblable pour le service des voyageurs; de sorte qu'on peut dire, d'une manière générale, qu'à ne considérer que les dépenses de personnel et de machines, et sans même tenir compte du surcroît de consommation de charbon auquel conduit probablement le système de la double équipe, ce système n'est pas économique en lui-même. Il peut le paraître en Amérique, quand les circonstances lui sont particulièrement propices, comme sur le New-York Central, parce que dans ce pays le personnel n'est payé que d'après le nombre de kilomètres parcourus; il ne le serait certainement pas sur notre réseau, alors même que nous nous trouverions dans d'aussi bonnes conditions pour l'appliquer que le New-York Central.

Difficulté d'application du système de la double équipe. — J'ajoute que d'aussi bonnes conditions doivent se présenter rarement. En effet, la principale difficulté d'application du système de la double équipe provient de ce qu'il laisse peu de latitude pour la fixation du repos à accorder au personnel en dehors de son dépôt d'attache. Il faut, d'une part, que ce repos soit assez long pour ménager les forces des agents; il faut, d'autre part, qu'il soit relativement court parce qu'il vient s'ajouter au repos pris dans le dépôt d'attache, et que ce dernier, correspondant à un voyage aller et retour de la seconde équipe, est nécessairement très long lui-même. Ces deux conditions opposées fixent d'une manière presque invariable l'intervalle qu'il conviendrait d'observer entre chaque voyage d'aller et le voyage de retour suivant. Or, il n'est possible d'observer cet intervalle que si les heures de trains s'y prêtent, et c'est parce que le plus

souvent elles ne s'y prêtent pas, qu'on est entraîné par le système de la double équipe à donner au personnel des repos excessifs et à l'utiliser très mal. Le New-York Central peut, plus facilement que tout autre chemin de fer, régler la marche de ses trains directs de marchandises en vue d'assurer des retours convenables à ses machines, parce qu'il a des trains extrêmement nombreux et que, grâce à ses quatre voies, il n'est pas obligé de combiner leur marche avec celle des trains de voyageurs. Si, malgré ces conditions favorables, il n'arrive pas à une bonne utilisation du personnel, on peut être certain *a priori* que l'on arriverait sur les autres réseaux à des résultats encore moins satisfaisants.

Aussi le système de la double équipe n'est-il appliqué aux trains de marchandises par aucun des chemins de fer que nous avons vus en Amérique en dehors du New-York Central, et cela bien que ces chemins de fer n'aient contre ce système aucune objection de principe puisqu'ils l'emploient tous plus ou moins pour leurs trains de voyageurs.

Étude d'application de la double équipe sur le réseau P.-L.-M. — L'application du même système au réseau P.-L.-M. a été étudiée à la fin de 1885, et l'on a dû reconnaître que, dans la plupart des cas, elle était, pour ainsi dire, impraticable. Le service qui s'y prêterait le moins difficilement serait celui des trains de voyageurs de la grande ligne; mais il résulte des roulements qui ont été faits pour ce service, qu'entre Paris et Avignon, l'emploi de la double équipe entraînerait une augmentation de 16 mécaniciens pour une diminution de 18 machines sur un total de 56 machines et 56 mécaniciens. L'économie qui en résulterait serait donc insignifiante, et il suffirait de la moindre augmentation dans la consommation de charbon pour la transformer en perte.

Tableau des parcours des machines et des mécaniciens du New-York Central pendant le mois de mars 1886. — Je terminerai ce que j'ai à dire du service des mécaniciens sur le New-York Central and Hudson River RR. en donnant la traduction d'un tableau statistique que je dois à l'obligeance de M. Buchanan, ingénieur en chef du matériel et de la traction de ce réseau, et qui se rapporte au mois de mars 1886. On pourra retrouver sur ce tableau les chiffres de parcours que j'ai cités précédemment. J'y ferai, de plus, remarquer deux choses : la première, c'est que tout en appliquant en principe le système de la double équipe à ses trains directs, le New-York Central fait lui-même de nombreuses infractions à cette règle; car le nombre des mécaniciens employés à ce service n'est pas toujours le double de celui des machines, et dans un certain nombre de cas, notamment pour le service des marchandises des divisions de l'Est et de l'Ouest, il en diffère beaucoup.

Ma seconde remarque a trait au grand nombre de machines employées au service des manœuvres et du ballast : on en compte 196 pour 296 employées au service des trains de toute nature, et leur parcours total, calculé à raison de 9^{km},650 par heure, est de 1.015.167 kilomètres pour 2.414.790 kilomètres parcourus par les machines des trains. Le rapport du premier de ces chiffres au second est d'environ 0,40, alors que sur le P.-L.-M. le rapport analogue n'a été, en 1885, que de 0,10. Je ne suis pas en mesure de donner une explication complète de cette différence; elle tient en partie à ce que les manœuvres se font exclusivement à la machine dans les grandes gares du New-York Central; mais elle peut provenir aussi de ce que l'on compterait, sur ce réseau, dans les manœuvres, certains services accessoires, tels que les renforts sur la rampe d'Albany, qui sur le P.-L.-M. seraient compris dans le service des trains.

TABLEAU I.

NEW-YORK CENTRAL AND HUDSON RIVER RAILROAD COMPANY.

Mois de mars 1886.

Effectif et parcours kilométriques des machines et des mécaniciens.

LÉGENDE		DIVISION de Harlem.	DIVISION de l'Hudson- River	DIVISION de l'Est	DIVISION de l'Ouest	TOTAUX
Machines affectées au service des	trains directs de voyageurs . . .	3	42	49	42	46
	trains directs de marchandises . .	»	30	48	57	135
	trains locaux de voyageurs . . .	10	20	5	23	58
	trains locaux de marchandises . .	8	5	10	34	57
Machines en réserve	manœuvres et du ballast	5	32	63	94	196
	Voyageurs	3	4	4	9	20
	Marchandises	»	8	4	29	41
	Manœuvres et ballast	»	3	2	2	7
	Voyageurs	2	4	1	2	9
	Marchandises	1	4	7	12	24
Machines à l'atelier pour réparation	Manœuvres et ballast	»	»	7	3	10
	Voyageurs	»	1	»	3	4
	Marchandises	1	1	»	2	4
	Manœuvres et ballast	»	»	»	2	2
Machines arrêtées comme ayant besoin d'une réparation	Voyageurs	1	1	»	1	3
	Marchandises	1	5	»	5	8
	Manœuvres et ballast	»	»	16	5	21
	Voyageurs	»	»	»	»	»
Machines à l'atelier pour réparation	Marchandises	»	»	2	»	2
	Manœuvres et ballast	»	»	»	»	»
Totaux		35	430	490	292	647
Parcours des machines des trains directs de voyageurs		kilom. 24.117	kilom. 1.8252	kilom. 152.800	kilom. 162.341	kilom. 497.740
— de marchandises		» 311.634	» 441.810	» 527.762	» 1.281.206	»
Parcours moyen d'une machine des trains directs (voya- geurs et marchandises)		8.039	11.188	8.875	10.005	»
Parcours des machines des trains locaux de voyageurs		55.782	113.875	35.349	152.346	357.352
— de marchandises		54.130	30.086	37.119	177.187	298.522
Parcours moyen d'une machine des trains locaux (voya- geurs et marchandises)		6.106	5.790	4.830	5.781	»
Parcours des machines de manœuvres et de ballast		24.122	186.888	320.495	483.662	1.015.167
Nombre total de kilomètres		158.151	800.735	987.573	1.503.498	3.449.957
Nombre de méca- niciens des trains	directs de voyageurs	3	24	27	23	77
	directs de marchandises	»	62	105	135	302
	locaux de voyageurs	11	20	5	25	61
	locaux de marchandises	10	6	9	35	60
	de manœuvres et de ballast	5	50	98	134	287
Totaux		29	162	244	352	787
Parcours moyen des mécaniciens des trains	directs de voyageurs	kilom. 8.039	kilom. 6.593	kilom. 5.660	kilom. 7.067	»
	— marchandises	» 5.026	» 4.207	» 3.925	» 3.925	»
	voyageurs et marchandises	8.039	5.464	4.505	4.369	»
	locaux de voyageurs	5.071	5.694	7.070	6.098	»
	— marchandises	5.412	5.015	4.125	5.063	»
— voyageurs et marchandises		5.233	5.536	5.177	5.493	»

Service des mécaniciens sur le Pennsylvania Railroad. — Machines banales.

Sur le Pennsylvania Railroad, le système de la double équipe n'est employé que pour les trains directs de voyageurs de la ligne principale; pour les trains directs de marchandises, on a recours au système de la banalité absolue. Je ne puis mieux faire, pour décrire cette organisation, que de traduire une note qui a été rédigée pour nous par M. Sheppard, ingénieur du matériel et de la traction de la Pennsylvania Railroad Division. Cette note se rapporte au service de la subdivision du centre du réseau.

Service de la subdivision du Centre. — « La subdivision du Centre (*Middle Division*) est formée des 212 kilomètres qui séparent Altoona d'Harrisburg; elle a un effectif de 122 locomotives.

Trains de voyageurs. — « Vingt de ces locomotives sont employées au service des voyageurs; elles font des trains à horaires fixes, et sont montées par des mécaniciens déterminés qui font un voyage, aller et retour, tous les deux jours. Pour l'aller et le retour, les mécaniciens reçoivent 39^f,50 et les chauffeurs 18^f,70.

Trains locaux de marchandises. — « Les machines affectées aux trains locaux de marchandises sont également conduites par des équipes déterminées, et font des voyages réguliers, prenant et laissant des wagons aux différentes stations de la route. Pour chaque voyage simple, les mécaniciens reçoivent de 18^f,70 à 21^f,30 et les chauffeurs de 9^f,35 à 11^f,40.

Manœuvres de gare. — « Les machines de manœuvre

d'Harrisburg et d'Altoona sont conduites par des équipes régulières et ont deux équipes par machine, l'une pour le jour et l'autre pour la nuit. Les mécaniciens sont payés à raison de 14^f,55 et les chauffeurs à raison de 8^f,30 par jour.

Trains directs de marchandises. — « Le service des trains directs de marchandises entre Altoona et Harrisburg occupe environ 50 machines. Elles ne font pas de voyages à horaires fixes, et n'ont pas d'équipes qui soient spécialement affectées à chacune d'elles. Chaque mécanicien et son chauffeur, au lieu d'être attachés à une machine déterminée, sont attachés à un fourgon ou *caboose* comme le conducteur et les serre-freins, et forment, avec ces derniers, une équipe que l'on désigne par le numéro du fourgon. Il y a 10 ou 20 équipes de plus que de machines. La moitié d'entre elles a son domicile à Altoona, et l'autre moitié à Harrisburg; on suppose que chacune d'elles se trouve le dimanche à son domicile, et qu'elle entre dans le roulement à l'une ou à l'autre extrémité de la ligne, le dimanche à 8 heures du soir.

« Les trains directs de marchandises mettent environ 11 heures pour un voyage simple; les machines sont ensuite retenues pendant une heure environ pour être visitées; quand la visite est terminée, elles sont prêtes à repartir. Pour chaque voyage aller et retour, les mécaniciens reçoivent 42^f,60 et les chauffeurs 22^f,80.

« Dans chacun des dépôts extrêmes, les différents trains de marchandises prévus pour la journée sont inscrits sur un tableau noir, spécialement affecté à cet usage. Pour chaque train, ce tableau indique d'une part la machine, et de l'autre, l'équipe qui doivent le conduire...

« Voici comment on procède pour assurer l'entretien des machines de ce service. Chaque mécanicien est muni d'un certain nombre d'exemplaires d'un imprimé sur le-

quel il doit noter, à la fin de chaque voyage, les avaries, les défauts de fonctionnement du mécanisme et tout ce qui peut nécessiter une visite particulière de telle ou telle partie de la machine. Après avoir rempli cet imprimé, il le remet au chef de dépôt qui en prend connaissance et donne les instructions pour le travail à exécuter. De plus, la machine est alors visitée par un inspecteur et l'on répare de même les déficiences qu'il signale. Enfin le clavetage des bielles, le serrage des coins et des garnitures sont revus par un spécialiste, responsable de ces détails pour toutes les machines. »

Opinion de M. Theo. N. Ely sur le système des machines banales. — Les indications qui précèdent sont complétées par celles de la note suivante qui émane de M. Theo. N. Ely, ingénieur en chef du matériel et de la traction (*General superintendent of Motive Power*) du Pennsylvania Railroad. Cette note, en même temps qu'elle fait connaître les avantages que son auteur attribue au système des machines banales, explique la manière dont ce système est combiné sur le Pennsylvania Railroad avec celui des primes d'économie de charbon.

« Notre but, dit M. Ely, est d'obtenir de nos locomotives tout le parcours possible et, dans ce but, nous les faisons partir aussitôt qu'elles sont prêtes, sans nous préoccuper de les faire conduire par une équipe plutôt que par une autre. Elles sont très soigneusement inspectées dans les dépôts, de manière à ce qu'elles ne partent jamais sans être en bon état de marche; car nous ne cherchons nullement à obtenir de grands parcours au risque de mettre en route des locomotives en mauvais état. Nous trouvons que ce système fonctionne très avantageusement, et que le parcours moyen des locomotives a augmenté depuis qu'il a été mis en vigueur, ce qui remonte d'ailleurs à plusieurs années déjà.

Des primes d'économie de combustible. — « Notre système de prime est le suivant. Quand une machine quitte le dépôt, le mécanicien et le chauffeur sont débités du charbon existant sur le tender; ils le sont ensuite de tout le charbon qu'ils prennent en route; enfin, de ce total, on retranche le charbon qui reste dans la soute à la fin du voyage; la différence forme leur débit définitif, qui représente le charbon consommé pendant le voyage. Le mécanicien et le chauffeur sont crédités, d'autre part, du parcours kilométrique des wagons qu'ils ont remorqués, le compte étant fait en wagons chargés, et cinq wagons vides étant comptés pour trois chargés.

« Dans les premiers jours de chaque mois, on détermine, d'après la consommation du mois précédent, une allocation maxima de charbon en kilogrammes par wagon chargé et par kilomètre, pour chaque marche de train prévue et pour le mois en cours. En multipliant cette allocation par le parcours kilométrique des wagons chargés qui est porté au crédit de chaque homme pendant le mois, on obtient la quantité de charbon qu'il était en droit de consommer. Si la consommation réelle a été moindre, la différence constitue l'économie, dont une moitié est attribuée au chemin de fer, et l'autre moitié est partagée également entre le mécanicien et le chauffeur.

« Représentons ceci par un exemple :

« Supposons qu'il s'agisse d'une équipe faisant les trains directs de marchandises entre Altoona et Harrisburg, pour lesquels l'allocation est de 0^k,73 par wagon-kilomètre. Si le mécanicien et le chauffeur ont marché ensemble pendant tout le mois, ils ont naturellement à leur crédit le même parcours kilométrique de wagons; je le suppose égal à 210.000 wagons-kilomètres. Supposant, d'autre part, que la consommation réelle, d'après les atachements, ait été de 130.000 kilogrammes de charbon,

le décompte de la prime se fait de la manière suivante :

« Allocation :	$210.000 \times 0,73 = 153.300$	kilogrammes.
« Consommation réelle. . . .	130.000	—
	<hr/>	
« Économie.	23.300	—

dont la moitié, 11.650 kilogrammes, représentant 75^f,49 (à raison de 6^f,48 la tonne) est partagée entre le mécanicien et le chauffeur. Cela fait, pour chacun, une prime de 37^f,75, dont le montant est ajouté à leur salaire du mois suivant. A la fin de chaque mois, on affiche dans chaque dépôt un état qui donne l'économie réalisée et la prime gagnée par chaque mécanicien et chaque chauffeur. Les hommes peuvent ainsi juger de ce qu'ont fait leurs camarades.

« Afin d'obtenir les éléments du calcul qui précède, on envoie, chaque jour, au bureau du surintendant divisionnaire un état des parcours kilométriques des wagons de chaque train, et ce bureau en crédite qui de droit. D'autre part, la quantité de charbon restant en soute à la fin de chaque voyage est mesurée par le chef de dépôt ou par un employé chargé spécialement de ce détail.

« Grâce à ce système, ajoute M. Ely, nous sommes à même de déterminer l'habileté relative des différents mécaniciens et chauffeurs. Ainsi, supposons qu'un homme ne gagne pas de prime tandis que d'autres en gagnent pour le même trajet. Cela peut tenir à l'homme ou à la machine. En changeant les hommes de machines, on voit bien vite à qui est la faute. En procédant ainsi avec les chauffeurs, on arrive à une connaissance plus exacte des mérites des différents hommes. Aussi, recommande-t-on aux surveillants de route (*road foremen*) de donner la préférence, toutes choses égales d'ailleurs, à ceux qui ont réalisé des économies de charbon.

« Les allocations par wagon-kilomètre varient naturellement suivant la division, suivant le trajet et suivant

la saison de l'année; en les établissant, on cherche à ce que la prime gagnée par chaque homme ne dépasse pas 26 francs par mois.

« Nous ajouterons que nous ne voyons pas de différence appréciable pour les dépenses d'entretien des locomotives entre le nouveau système et l'ancien. »

Ordre de service pour l'application du système des machines banales sur les lignes pennsylvaniennes à l'ouest de Pittsburgh. — Je terminerai ces citations par celle d'un ordre de service en vigueur sur le réseau pennsylvanien, à l'ouest de Pittsburgh, et qui précise le rôle des mécaniciens et des chauffeurs dans le système des machines banales :

« Les équipes du service des marchandises, dit cet ordre, seront désignées à l'avenir par le numéro du fourgon auquel elles sont attachées, et partiront à tour de rôle (*first in and first out*) comme aujourd'hui. Les machines partiront également à tour de rôle (*first in and first out*); chacune sera conduite par l'équipe appartenant au fourgon désigné pour partir avec elle. Grâce à cet arrangement, les agents des trains auront le repos le plus long possible à chaque extrémité de la route; les chances de travail seront les mêmes pour tous; enfin, on n'aura plus à mettre les mécaniciens et les chauffeurs à pied par suite de la rentrée de leurs machines à l'atelier. Comme, dans cette combinaison, les mécaniciens et chauffeurs ne sont pas spécialement attachés à une machine en particulier, ils ne seront tenus de faire aucun travail de dépôt, sauf dans les cas spéciaux où ils en recevront l'ordre de l'ingénieur ou du chef de dépôt.

« Quand un mécanicien conduira une machine, il devra maintenir ses bielles motrices convenablement clavetées, ses presse-étoupes étanches et faire tous les travaux qui pourraient être nécessaires en cours de route. Il ne devra

pas toucher aux bielles d'accouplement ni aux coins des boîtes motrices, à moins que cela ne devienne nécessaire par suite de choc, de chauffage ou de toute autre cause. En aucun cas il ne modifiera aucune partie de sa machine sans l'autorisation de l'ingénieur ou du chef de dépôt. Enfin, il devra manœuvrer sa machine avec soin et sera rendu rigoureusement responsable de toute avarie qui proviendrait d'un manque de soin de sa part.

« A l'arrivée à bout de course, il signalera les réparations à faire à sa machine et rendra compte des outils ou signaux perdus. Il veillera à ce que l'on apporte la plus stricte économie dans l'emploi des fournitures faites à sa machine.

« Le chauffeur, indépendamment de ses autres devoirs, sera tenu de conserver toutes choses en bon état de propreté à l'intérieur de la cabine durant le voyage, de prendre les précautions nécessaires pour éviter la rouille par temps humide, de balayer les marchepieds, le plancher de la cabine, les passerelles latérales, etc.; enfin, de laisser, à la fin du voyage, la machine munie d'approvisionnements suffisants pour un voyage aller et retour.

« Afin que l'on puisse créditer chaque mécanicien et chaque chauffeur du montant exact du charbon restant sur le tender à la fin du voyage, il sera nécessaire que les chauffeurs fassent tomber tout le charbon au fond de la soute et l'y arriment aussi régulièrement que possible en vue de son cubage. »

Opinion de M. J. Mac Crea sur le système des machines banales. — En communiquant cet ordre de service, M. James Mac Crea, directeur de l'exploitation des lignes pennsylvaniennes à l'ouest de Pittsburgh, déclare qu'il est entièrement satisfait de son application : « Le système des machines banales, dit-il, fonctionne admira-

blement sur les lignes où le trafic est considérable, la discipline stricte, le matériel suffisamment uniforme, et où l'on dispose d'ateliers suffisants à chaque extrémité de course. Non seulement ce système augmente d'environ 25 p. 100 le parcours kilométrique des machines, mais il donne de plus un bien meilleur contrôle de la traction; enfin, dans les moments de fort trafic, il permet de porter le parcours des machines au delà même du pourcentage indiqué ci-dessus. Après neuf ans d'expérience, dit en terminant M. Mac Crea, je suis convaincu que, dans les circonstances spécifiées ci-dessus, c'est la seule méthode convenable pour la traction des trains de marchandises, et qu'en apportant à son application les précautions nécessaires, ce peut être également une bonne méthode pour la traction des trains de voyageurs. »

Le système des machines banales n'augmente pas les dépenses de personnel, mais il augmente celles de combustible. — Il est hors de doute qu'avec le système des machines banales on peut obtenir de plus longs parcours de machines qu'en liant le sort de chaque machine à celui d'un mécanicien et d'un chauffeur déterminés. Il est même certain que l'on peut réaliser ce bénéfice sans rien perdre sur le parcours du personnel; car rien n'empêche de faire suivre exactement à ce dernier le roulement qu'il suivrait s'il marchait en simple équipe. Mais malgré l'opinion exprimée par les ingénieurs pennsylvaniens, il n'est pas bien sûr que, dans leur système, l'entretien des machines se fasse dans d'aussi bonnes conditions d'économie et de sécurité; et, pour ce qui est de l'économie de combustible, il est facile de se rendre compte que le système ne lui est nullement favorable. En effet, sans parler de la difficulté qui résulte, pour l'établissement du compte de chaque mécanicien, de ce qu'il change de tender à chaque voyage et de ce qu'on

est, par suite, obligé d'évaluer à chaque arrivée le poids du charbon restant en soute, il est évident qu'un mécanicien entre les mains duquel toutes les machines passent à tour de rôle, n'en peut connaître aucune aussi bien qu'un de nos mécaniciens connaît la machine avec laquelle il marche continuellement. Connaissant moins bien la machine qu'il monte, il en tire nécessairement moins bon parti, et surtout il s'aperçoit moins aisément des défauts accidentels qui peuvent influencer sur la consommation de combustible. Rien, d'ailleurs, ne le pousse à rechercher ces défauts pour les corriger, car il sait que sa machine passera successivement entre les mains de tous ses concurrents; que ses défauts, si elle en a, influenceront au même degré sur la consommation de chacun d'eux, et que, par suite, ils n'auront aucune conséquence pour son classement définitif. Aussi, n'est-il pas téméraire d'affirmer que le système des machines banales entraîne, toutes choses égales d'ailleurs, une plus grande consommation de charbon que notre système de la simple équipe. Reste à savoir quelle est l'importance de ce surcroît de dépense par rapport à l'économie réalisée d'autre part sur le nombre de machines.

Économie sur le nombre de machines. — M. J. Mac Crea estime à 25 p. 100 environ l'augmentation de parcours de machines que permet d'obtenir le système de la banalité; cela correspond à une économie de 20 p. 100 sur le nombre de machines nécessaires pour faire un service déterminé. D'autre part, les chiffres que j'ai indiqués, d'après M. Sheppard, pour le service des marchandises entre Altoona et Harrisburg correspondent à une économie de 17 à 30 p. 100. Mais il est évident que l'économie ne peut pas être la même dans tous les cas, qu'elle dépend des conditions générales du service à assurer, et qu'elle est d'autant plus grande que les trains

sont plus nombreux et surtout plus uniformément répartis entre les différentes heures de la journée. A cet égard, les lignes visées par les ingénieurs pennsylvaniens sont dans les meilleures conditions, de sorte que les chiffres d'économie qu'ils citent ne peuvent être considérés que comme des maxima, et qu'il serait tout à fait inexact de les appliquer à un réseau quelconque. La seule méthode sûre pour évaluer l'économie que la banalité permettrait de réaliser sur un réseau déterminé consiste à étudier directement le roulement des machines et des mécaniciens nécessaires pour exécuter dans ce système les trains prévus par l'horaire.

Application au réseau P.-L.-M. — Cette étude a été faite pour le P.-L.-M. au mois de février 1886, en conservant l'organisation des équipes et les roulements des mécaniciens tels qu'ils étaient en vigueur à cette époque, et en faisant seulement pour les machines de nouveaux roulements distincts de ceux des mécaniciens. On a constaté que le nombre relatif de machines économisées était très variable avec les équipes, qu'il atteignait au maximum 21 p. 100 pour une certaine équipe de marchandises et 30 p. 100 pour une certaine équipe d'express, et qu'il était en moyenne de 10,85 p. 100 pour les marchandises, de 11,4 p. 100 pour les voyageurs ordinaires, de 18,3 p. 100 pour les express, enfin de 12 p. 100 pour l'ensemble de tous les services. Ce dernier chiffre correspond à une économie de 168 machines pour tout le réseau, services facultatifs compris, soit, à raison de 5.000 francs par machine, à une économie de 840.000 francs.

Une pareille somme est évidemment loin d'être négligeable. Mais si on la compare à la dépense de combustible faite sur le P.-L.-M. en 1885 pour les machines des trains de voyageurs et de marchandises seulement, dépense qui a été de 16.681.548 francs, on trouve qu'elle

n'en est que les cinq centièmes. Il suffirait donc que la consommation de charbon augmentât de 5 p. 100 par suite de la banalité des machines, pour que toute l'économie résultant de ce système fût entièrement perdue; si la consommation augmentait davantage, l'économie se transformerait en surcroît de dépenses.

Surcroît de dépense de combustible. — Il n'est pas possible de dire exactement à quel chiffre s'arrêterait l'augmentation dont il s'agit; mais tous les éléments d'appréciation que je possède font craindre qu'elle ne dépasse notablement la limite de 5 p. 100. Les chiffres élevés de consommation des machines à marchandises du Pennsylvania Railroad sont déjà un indice peu rassurant à cet égard; en les citant tout à l'heure, je dirai qu'il faut attribuer en grande partie leur exagération aux conditions imparfaites d'établissement des machines; mais il est également certain que le système de la banalité y contribue pour une forte part. Nous avons, du reste, sur notre propre réseau, un élément caractéristique d'appréciation dans la consommation des machines de remplacement qui sont conduites tantôt par un mécanicien, tantôt par un autre. En comparant cette consommation à celle des machines titulaires qui font exactement le même service, mais sans changer de mécanicien, on trouve que presque toujours elle est beaucoup plus élevée. La différence a été de 25 p. 100 en janvier 1885 et de 40 p. 100 en juillet de la même année, pour les machines à marchandises de la série 2.000 du dépôt de Paris. A Lyon-Vaise, et pendant les mêmes mois, elle n'a été que de 4 et 1 p. 100 pour les machines de cette série, mais elle a atteint 11 et 14 p. 100 pour les machines de la série 3.000.

Conclusion. — En présence de pareils résultats, il n'y

a certainement aucune exagération à dire que l'application au réseau P.-L.-M. du système des machines banales causerait une augmentation de dépense de combustible supérieure à l'économie qu'elle permettrait de réaliser par suite de la réduction du nombre des machines, et comme la considération d'économie est la seule par laquelle ce système puisse chercher à se recommander, il faut évidemment conclure contre son application.

V. — DIMENSIONS PRINCIPALES DES MACHINES. LEUR PUISSANCE, LEUR VITESSE, LEURS CHARGES ET LEUR CONSOMMATION DE CHARBON.

Je n'ai des renseignements à peu près complets que sur les machines du Pennsylvania Railroad. Je les ai résumés dans les trois tableaux suivants, dont le premier donne les dimensions principales des machines à voyageurs, le second celles des machines à marchandises et des machines de gare, et le troisième les charges moyennes remorquées et le charbon consommé par les unes et par les autres. On trouvera de plus sur la planche I (*fig. 1 à 3*) et sur la planche II (*fig. 1 et 2*) les diagrammes des cinq types de machines les plus récents. Enfin la planche III donne le plan et la vue longitudinale du dernier type de machine à marchandises du Pennsylvania Railroad.

En dehors de ce chemin de fer, je n'ai de documents précis que sur le dernier type de machines à voyageurs du Chicago, Burlington and Quincy Railroad. Les dessins très complets de ce type sont annexés au présent rapport (voir planches IV et V), et les dimensions principales en sont données dans le même tableau que celles des machines du Pennsylvania Railroad.

TABLEAU II. MACHINES A VOYAGEURS.

LÉGENDE	PENNSYLVANIA RAILROAD										CHICAGO, BURLINGTON AND QUINCY RAILROAD		P.-L.-M. Machines 111-400	OBSERVA- TIONS
	MACHINES BRULANT DE L'ANTHRACITE				MACHINES BRULANT DE LA HOUILLE						MACHINES BRULANT DE LA HOUILLE			
	Classe K	Classe A anthracite	Classe P	Classe anthracite	Classe A	Classe B	Classe C	Classe O	Classe N	Classe L Machine- tender à double truck	Classe G	Classe A avec cylindres de 18 pouces		
Essieux . . .	Nombre d'essieux accouplés	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	Mêmes chiffres que pour la classe A avec cylindres de 18 pouces.	2	(1) Dont un à l'avant et trois à l'arrière.
	Diamètre des roues motrices	1 ^m 980	1 ^m 727	1 ^m 727	1 ^m 727	1 ^m 575	Mêmes chiffres que pour la classe B.	1 ^m 575	Mêmes chiffres que pour la classe O.	1 ^m 575	1 ^m 422	1 ^m 733	2	
	Nombre d'essieux porteurs	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	Diamètre des roues porteuses	0 ^m 838	0 ^m 762	0 ^m 762	0 ^m 762	0 ^m 686	0 ^m 686	0 ^m 686	0 ^m 686	0 ^m 838	0 ^m 660	0 ^m 762	1 ^m 300	
	Distance d'axe en axe des essieux extrêmes. — accouplés	6, 896 2, 362	6, 896 2, 362	6, 900 2, 362	6, 848 2, 438	6, 848 2, 591	6, 848 2, 591	7, 061 2, 591	7, 061 2, 591	9, 550 2, 134	6, 036 2, 134	6, 864 2, 591	5, 800 2, 100	
Cylindres . . .	Diamètre des cylindres	0, 457	0, 432	0, 432	0, 432	0, 457	0, 432	0, 457	0, 432	0, 432	0, 381	0, 457	0 ^m 432	0, 500
	Course des pistons	0, 610	0, 610	0, 610	0, 610	0, 610	0, 610	0, 610	0, 610	0, 610	0, 559	0, 610	0, 610	0, 620
Chaudière . . .	Timbre	9 ^k 84	9 ^k 84	9 ^k 44	8 ^k 79	8 ^k 79	8 ^k 79	8 ^k 79	8 ^k 79	8 ^k 79	8 ^k 79	10 ^k 49	10 ^k	
	Surface de grille	3 ^m 223	3 ^m 223	3 ^m 223	1 ^m 250	1 ^m 263	1 ^m 263	1 ^m 268	1 ^m 299	1 ^m 224	1 ^m 264	2 ^m 224	2 ^m 24	
	Surface de chauffe du foyer	14, 40	11, 15	15, 27	12, 22	10, 69	13, 19	13, 19	10, 61	6, 41	10, 78	Mêmes chiffres que pour la classe A avec cylindres de 18 pouces.	10, 50	
	— des tubes (intérieure)	86, 02	86, 02	141, 46	76, 01	80, 16	103, 62	103, 62	79, 08	53, 09	92, 21	142, 71	132, 21	
	— totale	100, 42	97, 17	126, 43	88, 23	90, 85	Mêmes chiffres que pour la classe B.	116, 81	Mêmes chiffres que pour la classe O.	89, 69	59, 50	102, 99	142, 71	
	Diamètre intérieur du corps cylindrique	1 ^m 289	1 ^m 289	1 ^m 4315	1 ^m 270	1 ^m 305	1 ^m 4315	1 ^m 4315	1 ^m 343	1 ^m 181	1 ^m 276	1 ^m 261	1 ^m 261	
	Nombre	201	201	240	142	155	193	193	171	130	189	185	185	
	Diamètre extérieur	0 ^m 0476	0 ^m 0476	0 ^m 051	0 ^m 057	0 ^m 057	0 ^m 057	0 ^m 057	0 ^m 051	0 ^m 051	0 ^m 051	0 ^m 051	0 ^m 050	
	— intérieur	0, 041	0, 041	0, 0445	0, 051	0, 051	0, 051	0, 051	0, 0445	0, 0445	0, 0445	0, 0445	0, 046	
	Longueur entre les plaques	3, 322	3, 322	3, 313	3, 341	3, 228	3, 351	3, 351	3, 308	2, 921	3, 490	4, 945	4, 945	
Section de passage des gaz dans les tubes	0 ^m 2, 27	0 ^m 2, 27	0 ^m 2, 37	0 ^m 2, 29	0 ^m 2, 31	0 ^m 2, 39	0 ^m 2, 39	0 ^m 2, 26	0 ^m 2, 20	0 ^m 2, 29	0 ^m 2, 31	0 ^m 2, 31		
Poids	Machine vide	39.825 ^k	38.147 ^k	40.869 ^k	31.298 ^k	32.795 ^k	31.842 ^k	37.195 ^k	37.058 ^k	43.545 ^k	26.853 ^k	46.000 ^k	46.000 ^k	
	1 ^{er} essieu moteur	14.923	15.014	15.740	11.195	12.363	12.192	14.197	13.971	12.360	9.299	12.174 ^k	12.066 ^k	14.600
	2 ^e —	14.515	14.016	15.014	10.509	11.430	10.918	12.247	12.201	14.742	9.163	12.247	12.247	13.950
	Machine en ordre de marche	14.424	13.381	14.877	13.340	12.701	12.769	15.241	15.241	6.282	11.113	12.836	12.519	12.600
	Total général	43.862	42.441	45.631	33.214	36.514	35.879	41.685	41.413	56.290	29.575	37.557	36.832	50.500
	Total adhérent	29.438	29.030	30.754	21.704	23.813	23.110	26.444	26.172	27.102	18.462	24.721	24.313	28.550
Tender	Capacité de la caisse à eau	10 ^m 3, 904	Mêmes chiffres que pour la classe K.	Mêmes chiffres que pour la classe K.	Mêmes chiffres que pour la classe C anthracite.	Mêmes chiffres que pour la classe C anthracite.	Mêmes chiffres que pour la classe C anthracite.	10 ^m 3, 904	Mêmes chiffres que pour la classe O.	7 ^m 3, 269	7 ^m 3, 269	12 ^m 3, 494	Mêmes chiffres que pour la classe A avec cylindres de 18 p.	16 ^m 3, 100
	Nombre	8	Mêmes chiffres que pour la classe K.	Mêmes chiffres que pour la classe K.	Mêmes chiffres que pour la classe C anthracite.	Mêmes chiffres que pour la classe C anthracite.	Mêmes chiffres que pour la classe C anthracite.	8	Mêmes chiffres que pour la classe O.	8	8	8	6	(2) Portée par la machine.
	Diamètre	0 ^m , 838	Mêmes chiffres que pour la classe K.	Mêmes chiffres que pour la classe K.	Mêmes chiffres que pour la classe C anthracite.	Mêmes chiffres que pour la classe C anthracite.	Mêmes chiffres que pour la classe C anthracite.	0 ^m , 838	Mêmes chiffres que pour la classe O.	0 ^m , 838	0 ^m , 838	0 ^m , 838	1 ^m , 200	
	Vide	11, 839 ^k	Mêmes chiffres que pour la classe K.	Mêmes chiffres que pour la classe K.	Mêmes chiffres que pour la classe C anthracite.	Mêmes chiffres que pour la classe C anthracite.	Mêmes chiffres que pour la classe C anthracite.	12, 206 ^k	Mêmes chiffres que pour la classe O.	9, 344 ^k	10, 969 ^k	10, 969 ^k	17, 200 ^k	
En charge	25, 537	Mêmes chiffres que pour la classe K.	Mêmes chiffres que pour la classe K.	Mêmes chiffres que pour la classe C anthracite.	Mêmes chiffres que pour la classe C anthracite.	Mêmes chiffres que pour la classe C anthracite.	22, 906	Mêmes chiffres que pour la classe O.	18, 507	27, 964	27, 964	36, 600		

TABLEAU.

LÉGENDE	MACHINES MANÈGES					MACHINES DE MANŒUVRES				OBSERVATIONS
	PENNSYLVANIA RAILROAD.					PENNSYLVANIA RAILROAD				
	MACHINES BRULANT DE LA HOUILLE			P.-L.-M.		MACHINES AVEC TENDERS SÉPARÉS		MACHINES-TENDERS		
						Brûlant de la houille		Brûlant de la houille	Brûlant de l'antracite	
	Classe D	Classe E	Classe I	Classe	Type 2.000	Type 3.000	Classe M	Classe H	Classe F	Classe Q
Essieux . . .	Nombre d'essieux accouplés	3	3	4	3	3	3	3	3	2
	Diamètre des roues motrices	1 ^m 422	1 ^m 270	1 ^m 270	1 ^m 430	1 ^m 500	1 ^m 270	1 ^m 118	1 ^m 118	1 ^m 118
	Nombre d'essieux porteurs	2	2	1	"	1	"	"	"	"
	Diamètre des roues porteuses	0 ^m 711	0 ^m 660	0 ^m 711	"	1 ^m 200	"	"	"	"
	Distance d'axe en axe des essieux extrêmes. — — — — — accouplés.	7, 213 3, 784	7, 213 3, 784	6, 553 4, 165	3 ^m 370 3, 370	5, 730 3, 530	3, 251 3, 251	2, 997 2, 997	2, 972 2, 972	2, 134 2, 134
Cylindres . . .	Diamètre des cylindres	0, 457	0, 457	0, 508	0, 450	0, 540	0, 483	0, 381	0, 381	0, 381
	Course des pistons	0, 559	0, 559	0, 610	0, 650	0, 650	0, 610	0, 559	0, 457	0, 559
Chaudière . . .	Timbre	8 ^k , 79	8 ^k , 79	8 ^k , 79	9 ^k	9 ^k	8 ^k , 79	8 ^k , 79	8 ^k , 79	8 ^k , 79
	Surface de grille	1 ^m 235	1 ^m 252	2 ^m 214	2 ^m 234	2 ^m 222	1 ^m 239	1 ^m 223	0 ^m 299	1 ^m 214
	Surface de chauffe du foyer	8, 91	10, 33	9, 37	7, 45	10, 44	8, 64	7, 35	5, 69	5, 85
	— des tubes (intérieure)	82, 64	82, 13	96, 62	108, 76	143, 22	91, 97	61, 72	53, 99	43, 20
	— totale	91, 55	92, 46	105, 99	115, 91	155, 66	100, 61	72, 07	59, 68	49, 05
	Diamètre intérieur du corps cylindrique	1 ^m 270	1 ^m 301	1 ^m 413	1 ^m 357	1 ^m 400	1 ^m 359	1 ^m 200	1 ^m 114	1 ^m 127
	Tubes	119	123	138	177	200	119	91	89	97
Poids	Machine en ordre de marche	1 ^m 19	1 ^m 23	1 ^m 27	1 ^m 31	1 ^m 35	1 ^m 39	1 ^m 43	1 ^m 47	1 ^m 51
	— d'avant	11, 385	10, 296	5, 897	"	9, 100	"	"	"	"
	— d'arrière	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	Total général	38, 238	38, 465	43, 409	35, 170	50, 800	39, 689	29, 347	32, 341	28, 803
Total adhérent	26, 853	28, 169	37, 512	35, 170	41, 700	39, 689	29, 347	32, 341	28, 803	
Tender	Capacité de la caisse à eau	10 ^m 3, 904		13 ^m 3, 630	8 ^m 3	12 ^m 3, 200	9 ^m 3, 996	9 ^m 3, 996	5 ^m 3, 725 (1)	3 ^m 3, 408 (1)
	Roues	8	Mêmes chiffres que pour la classe D.	8	4	6	8	8	"	"
	Diamètre	0 ^m , 838		0 ^m , 838	1 ^m , 200	1 ^m , 200	0 ^m , 838	0 ^m , 838	"	"
	Vide	10, 750 ^k		10, 795 ^k	12, 700 ^k	16, 100 ^k	9, 661 ^k , 5	9, 768 ^k	"	"
	En charge	23, 315		26, 218	25, 900	33, 600	19, 142	20, 321	"	"

(1) Caisse à eau portée par la machine.

TABLEAU IV. — CHARGES ET CONSOMMATION DE COMBUSTIBLE DES LOCOMOTIVES.

LÉGENDE	TRAINS DE VOYAGEURS			TRAINS DE MARCHANDISES		
	CHARGE moyenne d'une machine	CONSOMMATION MOYENNE DE COMBUSTIBLE		CHARGE moyenne d'une machine	CONSOMMATION MOYENNE DE COMBUSTIBLE	
		tonnes	par kilomètre de machine		par déca-tonne kilométrique brute	par kilomètre de machine	par déca-tonne kilométrique brute
<i>Pennsylvania Railroad.</i>						
Subdivision de Philadelphie. (Moyenne de 1885).	433	17,70	1,288	637	35,7	0,56
— du Centre. Idem	472	13,64	0,792	956	33,0	0,41
— de Pittsburgh. Idem	441	16,38	1,160	348	29,6	0,86
Ensemble des onze subdivisions de la Pennsylvania R.R. Division.	428	15,84	1,240	535	34,0	0,61
United Railroads of New-Jersey Division.	420	18,46	1,332	514	29,0	0,57
Philadelphia and Erie Division.	402	13,43	1,320	758	34,0	0,448
<i>Michigan Central Railroad.</i>						
Division Canadienne. { Octobre 1885.	472	16,567	0,96	717	26,2	0,365
— { Février 1886.	434	17,900	1,28	572	36,6	0,640
— { Avril 1886.	430	15,880	1,06	670	24,3	0,363
Division des États-Unis. Avril 1886.	420	15,717	1,32	478	20,3	0,425
<i>Chicago, Burlington and Quincy Railroad.</i>						
Trains directs de la ligne de Chicago à Council Bluffs seulement. Mars 1886.	479	19,361	1,08	472	20,959	0,632
<i>P.-L.-M.</i>						
Ensemble du réseau. (Moyenne de 1885).	436	9,096	0,67	385	12,953	0,386
Ligne de Paris à Marseille. Idem.	"	"	"	513	"	"
Equipe des machines 3.000 de Lyon-Vaise. (Moyenne des mois de janvier et de juillet 1885).	"	"	"	"	"	"
— 2.000 de Lyon-Mouche. Idem.	"	"	"	"	"	"
— 2.000 de Marseille. Idem.	"	"	"	"	"	"

NOTA. — 1° Les documents américains mesurent la charge des machines par le nombre de voitures ou de wagons chargés ou vides qu'elles remorquent, quelquefois ils indiquent séparément le nombre des wagons chargés et celui des wagons vides (c'est le cas du C. B. and Q.); le plus souvent ils transforment les wagons vides en wagons chargés, à raison de cinq wagons vides pour trois chargés. J'ai transformé ces nombres en tonnes en multipliant par 1,5 le nombre des wagons vides et par 3 le nombre des wagons chargés. 2° Les chiffres de consommation de combustible sont exprimés en kilogrammes par kilomètre de machine.

En ce qui concerne les charges remorquées et le charbon consommé par les machines à voyageurs et à marchandises, j'ai pu faire figurer, à la suite des chiffres relatifs au Pennsylvania Railroad, quelques chiffres qui se rapportent au Michigan Central et au Chicago, Burlington and Quincy Railroad.

Enfin, sur les trois tableaux, j'ai ajouté, pour servir de terme de comparaison, un certain nombre de renseignements relatifs au réseau P.-L.-M.

Caractères généraux des machines américaines. — Les machines américaines ont entre elles des traits de ressemblance beaucoup plus nombreux et plus accentués qu'on n'en trouve entre les machines européennes ou même entre les machines françaises appartenant à plusieurs Compagnies. Ces traits, que l'on rencontre d'une manière à peu près générale sur toutes les machines, sont les suivants :

- Cylindres extérieurs avec tables de frottement pour tiroirs horizontales et par dessus ;
- Mécanisme de distribution, intérieur, avec coulisses de Stephenson et renvois de sonnette ;
- Longerons intérieurs en fer forgé ;
- Truck articulé à l'avant ;
- Balanciers pour la répartition de la charge entre les essieux.

Genre américain. — Les machines à voyageurs sont le plus souvent du genre dit « Américain », qui est caractérisé par deux essieux accouplés entre lesquels est compris le foyer, et par un truck à quatre roues et à pivot central, dont le pivot est placé entre les cylindres et au milieu de leur longueur.

Genres Mogul et Consolidation. — Le même type de machines est souvent employé pour le service des mar-

chandises ; mais on emploie également pour ce service des machines à trois et à quatre essieux accouplés. Celles à trois essieux accouplés ont tantôt un truck à quatre roues et à pivot central, semblable à celui du genre américain, et tantôt un truck à deux roues et à pivot excentré, genre Bissel. Dans ce dernier cas, on les désigne par l'épithète de « Mogul ». Quant aux machines à quatre essieux accouplés, elles ont ordinairement un truck à deux roues et à pivot excentré, et elles appartiennent alors au genre « Consolidation ».

Machines de gare. — Les machines de gare sont les seules qui n'aient pas de truck articulé. Elles portent quelquefois elles-mêmes leurs caisses à eau et à charbon, comme nos machines-tenders de gare, mais souvent aussi elles ont des tenders séparés. Ces tenders, montés, comme la plupart des tenders américains, sur deux trucks articulés, sont, comme eux, longs et bas ; de plus, leur caisse à eau se termine, du côté opposé à la locomotive, par un plan incliné qui permet au mécanicien de découvrir la voie à faible distance devant lui pendant la marche tender en avant.

Machines à voyageurs.

Machines à voyageurs du Pennsylvania Railroad. — Les machines à voyageurs du Pennsylvania Railroad, à l'exception des machines-tenders à double truck de la classe L qui font un service spécial, se rattachent toutes au genre américain. Elles forment deux groupes bien distincts, suivant la nature du combustible, anthracite ou houille, en vue duquel elles ont été construites. Celles qui brûlent de l'anthracite ont un foyer beaucoup plus grand et des tubes de moindre diamètre que celles brûlant de la houille ; de plus, par suite des dimensions de

leur foyer, leur deuxième essieu moteur, au lieu d'être rejeté tout à fait à l'arrière, comme dans le type classique du genre américain, est placé au-dessous du cendrier.

Des dix classes dont les dimensions sont données par le tableau II, quatre brûlent de l'anthracite et six de la houille ; mais deux de ces dernières, les classes E et N, ne sont que des variantes des classes B et O dont elles ne diffèrent que par le diamètre des cylindres, de sorte qu'il n'y a, à proprement parler, que quatre classes de chaque espèce. Les plus récentes sont celles qui sont désignées par les lettres K, A anthracite, P et O. Ce sont également les plus lourdes et les plus puissantes et celles qui marchent à la pression la plus élevée. Cette pression est de 9^k,84 pour les classes K et A anthracite, de 9^k,14 pour la classe P ; elle n'est que de 8^k,79 pour la classe O qui ne diffère pas, à cet égard, des classes plus anciennes.

Puissance des chaudières. — Toutes ces locomotives ont des tubes notablement plus courts que notre type P.-L.-M., n^{os} 111 à 400, ce qui est une conséquence presque forcée du genre auquel elles appartiennent. Il ne serait pas possible, en effet, d'allonger sensiblement leurs tubes sans charger davantage les roues du truck ; et, en raison de leur faible diamètre, on tient à ne pas faire porter à ces dernières plus de 7 à 8 tonnes par essieu. Du reste, une longueur de tubes de 3 mètres à 3^m,351, si elle est moins avantageuse au point de vue de l'économie du combustible que notre longueur de 4^m,945, ne paraît pas être beaucoup moins efficace au point de vue de la puissance de vaporisation de la chaudière ; les expériences en cours à notre atelier de Paris ne laissent aucun doute sur ces deux points. Il en résulte qu'à égalité de tirage, les locomotives à voyageurs du Pennsylvania

Railroad ont des chaudières sensiblement aussi puissantes que si la longueur de leurs tubes était portée à 4^m,945, toutes choses égales d'ailleurs.

Si l'on tient compte de cette considération dans l'examen des chiffres du tableau II, on reconnaît qu'à l'exception de la classe G, toutes les locomotives du Pennsylvania Railroad ont des chaudières puissantes, et quelques-unes même, celles des classes K, A anthracite, P, N et O, des chaudières plus puissantes que celles de notre type 111-400.

Tirage. — Dans la pratique, cette puissance est encore augmentée par un tirage beaucoup plus énergique que celui de nos machines. L'énergie du tirage des locomotives nous a frappé sur tous les chemins de fer que nous avons parcourus; elle paraît un des traits caractéristiques de la pratique américaine. Il est incontestable qu'en augmentant le tirage, on peut augmenter beaucoup la puissance de vaporisation des chaudières de locomotives; les expériences en cours à notre atelier de Paris sont à cet égard aussi démonstratives que les observations faites en Amérique. Mais pour que cette augmentation de puissance des chaudières ne fût pas onéreuse et pour qu'elle entraînant une augmentation proportionnelle de la puissance de traction des locomotives, il faudrait que l'amélioration de tirage pût être obtenue par une meilleure disposition de l'échappement et de la cheminée, et qu'elle ne provint ni d'une diminution de la détente ni d'une augmentation de la contre-pression dans les cylindres. Il est possible que le tirage de nos locomotives, ou du moins de certaines d'entre elles, puisse être amélioré ainsi, sans faire aucun sacrifice de puissance ni d'économie de combustible. Mais l'énergie plus grande du tirage des locomotives américaines ne provient pas seulement d'améliorations de ce genre; elle

est due aussi et surtout à ce que ces locomotives détendent beaucoup moins la vapeur que les nôtres, et la laissent par conséquent s'échapper dans la cheminée sous une pression plus forte. Grâce à l'excès de tirage qui en résulte, la chaudière produit plus de vapeur, mais, à cause de la moindre détente, chaque kilogramme de vapeur produit moins de travail. Le résultat définitif n'est pas moins ordinairement une augmentation de puissance de la locomotive; mais cet avantage a comme contre-partie une notable augmentation de dépense de combustible pour le même travail produit.

Faibles détentes. Grande consommation de charbon.

— Les locomotives pennsylvaniennes à voyageurs marchent toutes dans ces conditions de faible détente; il suffit, pour s'en rendre compte, de comparer les dimensions de leurs cylindres données par le tableau II avec celles des cylindres de nos machines 111-400. Aussi sont-elles peu économiques. D'après les chiffres du tableau IV, leur consommation moyenne par décatonné kilométrique brute est presque le double de celle des nôtres. Cette énorme dépense provient évidemment de plusieurs causes; elle est probablement due en partie à ce que les machines ne sont pas toujours conduites par les mêmes mécaniciens, et à ce que les mécaniciens ne sont pas suffisamment intéressés à l'économie du combustible, en partie à ce que les tubes courts utilisent moins bien la chaleur développée par la combustion que nos tubes de près de 5 mètres; mais elle tient certainement aussi, et peut-être pour la plus forte part, aux conditions imparfaites du travail de la vapeur dans les cylindres.

Charge sur les essieux moteurs. — Avant de quitter les machines à voyageurs du Pennsylvania Railroad, je

dois encore faire remarquer sur le tableau II combien est grande la charge des roues accouplées des machines à anthracite, même les plus rapides. Cette charge est de près de 15 tonnes par essieu pour la classe K, et elle atteint 15^k,7 pour la classe P. Malgré l'élévation de ces chiffres, les ingénieurs américains ne paraissent pas avoir pensé à imposer à ces machines d'autres limites de vitesse que celles qui résultent de l'horaire des trains, et cet horaire est tel que les machines ont souvent l'occasion d'atteindre la vitesse de 90 à 100 kilomètres à l'heure.

Machines à voyageurs du C. B. and Q. — En dehors du Pennsylvania Railroad, toutes les locomotives à voyageurs que nous avons rencontrées, sur le New-York Central, le Michigan Central et le C. B. and Q., sont du genre américain et brûlent exclusivement de la houille. Les machines du C. B. and Q., dont les dimensions principales figurent au tableau II, sont les plus puissantes machines à voyageurs que possède ce réseau; elles se rapprochent beaucoup de celles des classes B et C du Pennsylvania Railroad et sont, par conséquent, moins fortes que celles des classes K, A anthracite, P, N et O du même chemin de fer.

En ce qui concerne la consommation de charbon, les machines du C. B. and Q., comme celles du Michigan Central dont les résultats sont consignés au tableau IV, ne sont guère plus économiques que celles du Pennsylvania Railroad: les causes de cette infériorité sont probablement les mêmes que pour ces dernières.

Vitesse des trains de voyageurs. — Il me reste à donner quelques indications sur la vitesse des trains que les machines à voyageurs ont à remorquer sur les quatre réseaux dont j'ai parlé jusqu'ici. Je le ferai en commen-

cant par le Pennsylvania Railroad aux machines duquel se rapportent principalement les renseignements qui précèdent.

Vitesse sur le Pennsylvania Railroad. — Les trains les plus rapides du Pennsylvania Railroad sont ceux qui circulent entre Jersey-City (New-York) et Philadelphie. Plusieurs trains franchissent les 146 kilomètres qui séparent ces deux villes avec une vitesse commerciale de plus de 70 kilomètres à l'heure. Le plus rapide atteint 78^k,5, malgré un arrêt en route. Le rapide de Chicago, dit « New-York and Chicago limited », n'a pas d'arrêt et réalise une vitesse de 74 kilomètres à l'heure.

Pour le trajet, plus long, de Jersey-City à Pittsburgh, qui comprend la traversée des monts Alleghany et forme un total de 715 kilomètres, la vitesse commerciale du New-York and Chicago limited est encore de 67^k,5. Il n'y a que trois arrêts en route, à Philadelphie, Harrisburg et Altoona. Les machines prennent de l'eau en marche dans des rigoles Ramsbottom.

Enfin, les 1.480 kilomètres qui séparent Jersey-City de Chicago, par la voie du Pennsylvania Railroad, sont franchis en 24 heures 52 minutes, avec sept arrêts seulement, ce qui correspond à une vitesse commerciale de 59 kilomètres à l'heure.

Sur le New-York Central. — Sur le New-York Central, il n'y a pas de train qui atteigne la vitesse de 78^k,5 constatée entre Jersey-City et Philadelphie. Le plus rapide est le train des journaux du dimanche qui parcourt en 3 heures 10 minutes, sans arrêt, les 230 kilomètres qui séparent New-York d'Albany; sa vitesse est de 72^k,5. Mais le rapide qui relie New-York à Chicago, par les voies du New-York Central et du Lake Shore and Michigan Southern Railroad, dépasse la vitesse commerciale du rapide pennsylvanien et arrive ainsi à faire le trajet

total presque dans le même temps, malgré un plus long parcours. La marche de ce train est la suivante :

	DISTANCE	DURÉE du trajet	VITESSE commerciale
De New-York à Albany.	230 ^{km}	3 ^h , 20 ^m	68 ^{km} , 9 à l'heure
— à Buffalo.	707	10 ^h , 45 ^m	65 ^{km} , 5 —
— à Chicago.	1.575	25 ^h	63 ^{km} —

Nous avons fait dans ce train le trajet d'Albany à Buffalo, et j'ai eu l'occasion de constater à plusieurs reprises des vitesses de 90 à 96 kilomètres à l'heure. A un moment même, l'ingénieur en chef qui nous accompagnait ayant invité le mécanicien à se lancer pour nous montrer la vitesse que la machine pouvait atteindre sur une partie facile de la route, j'ai constaté pendant une minute la vitesse de 116 kilomètres. Le train remorqué se composait de six voitures de luxe à six essieux et ne devait pas peser moins de 150 tonnes.

Sur le Michigan Central. — Le Michigan Central a sur sa ligne principale du Niagara à Chicago cinq ou six trains rapides de chaque sens. Mais leur vitesse est déjà moindre que celle des trains de l'Est, surtout au delà de Detroit, vers l'Ouest. Le plus rapide franchit, à raison de 65^{km}, 5 à l'heure, les 340 kilomètres qui séparent Wellingland de Windsor (Canada), et à raison de 59^{km}, 2 à l'heure les 455 kilomètres qui séparent Detroit de Chicago. Les autres ont des vitesses commerciales comprises entre 50 et 60 kilomètres pour la division canadienne, et entre 40 et 50 kilomètres pour la division des États-Unis.

En dehors de la ligne principale, les trains de voyageurs de grand parcours du Michigan Central ont des vitesses commerciales de 35 à 40 kilomètres seulement.

Sur le C. B. and Q. — Enfin, sur le C. B. and Q. il n'y a qu'un train dont la vitesse soit supérieure à 50 kilo-

mètres à l'heure, et elle ne l'est qu'au départ de Chicago où le train franchit, à raison de 63^{km}, 5 à l'heure, les 134 premiers kilomètres, et à raison de 58^{km}, 5 les 197 suivants. Mais au delà de Burlington et du Mississippi, il n'y a plus de train atteignant la vitesse commerciale de 40 kilomètres; les plus rapides ne dépassent pas 39 kilomètres.

Machines à marchandises.

Machines à marchandises du Pennsylvania Railroad.

— Le Pennsylvania Railroad a quatre types de locomotives à marchandises qui forment les classes D, E, I et R. Les deux premiers n'ont que trois essieux accouplés et sont munis d'un truck à deux essieux; les deux autres ont quatre essieux accouplés et un seul essieu porteur à l'avant; ils appartiennent au genre Consolidation. Les seconds seuls sont employés sur la ligne principale de Philadelphie à Pittsburgh.

De ces deux derniers types, celui qui est désigné par la lettre R est de création récente; il n'a été mis en service qu'au commencement de 1886, de sorte qu'en 1885, tout le service des marchandises entre Philadelphie et Pittsburgh a été fait par des machines de la classe I, et que c'est à peu près exclusivement à des locomotives de cette classe que se rapportent les charges et les consommations indiquées par le tableau IV pour les trois subdivisions de Philadelphie, du Centre et de Pittsburgh. Pour ce motif, ce sont les dimensions des machines de cette classe qu'il est surtout intéressant de comparer avec celles des machines employées sur notre ligne de Paris à Marseille.

Machines de la classe I. Leur puissance. — Dans cette comparaison, le premier point à considérer est la lon-

gueur des tubes, parce que c'est d'elle que dépend la signification à donner au chiffre représentant la surface de chauffe. Or, les tubes de la machine I sont plus longs que ceux des machines à voyageurs du même chemin de fer, et ils ont précisément la longueur qui, d'après nos expériences, correspond à la plus grande production de vapeur pour un tirage déterminé. Il en résulte que tout le complément de surface de chauffe qu'on pourrait donner à la machine en allongeant ses tubes serait plutôt nuisible qu'utile au point de vue de la puissance à développer et que par conséquent, à ce point de vue, ses 105^{m²},99 de surface de chauffe sont au moins équivalents à 114 mètres carrés d'une machine ayant, comme notre type 2.000, des tubes de 4^m,25 de long et à 132 mètres carrés d'une machine ayant, comme notre type 3.000, des tubes de 5^m,025.

En tenant compte de cette considération, on voit que la machine pensylvanienne est, par l'ensemble de ses dimensions, sensiblement plus forte que notre type 2.000 et qu'elle se rapproche de notre type 3.000. Elle reste cependant inférieure à ce dernier, aussi bien par le poids adhérent, qui est de 37^r,5 au lieu de 41^r,7, que par les dimensions de la chaudière.

Charges remorquées. Fort tirage. Faible détente. Grande consommation de charbon. — Malgré cette infériorité, cette machine paraît avoir remorqué, en 1885, des charges plus fortes, à égalité de profil, que nos machines 3.000. Cela tient en grande partie à ce qu'elle les a remorquées moins vite; mais cela tient aussi à ce que la puissance de sa chaudière a été exagérée à l'aide d'un tirage particulièrement énergique. Je n'aurais pas de réserves à faire sur ce dernier point si l'excès de tirage avait été obtenu sans dépense et par une meilleure utilisation de la vapeur s'échappant des cylindres dans les

mêmes conditions de pression que sur nos machines. Mais il ne paraît pas en avoir été ainsi; sur la machine qui nous occupe comme sur les machines à voyageurs dont j'ai parlé précédemment, l'énergie du tirage n'a été obtenue qu'en diminuant la détente de la vapeur et, par conséquent, en dépensant plus de charbon pour le même travail. Aussi le tableau IV fait-il ressortir pour la consommation des machines à marchandises du Pennsylvania RR. la même infériorité par rapport aux nôtres que pour les machines à voyageurs.

Machines de la classe R. — Les machines à marchandises que le Pennsylvania Railroad construit depuis le commencement de 1886 sont du type R, et ont une chaudière plus forte et un poids adhérent plus grand que le type précédent. Ces machines, dont le diagramme est donné par la planche II, fig. 2 et le dessin d'ensemble par la planche III, sont un intéressant exemple des dernières constructions américaines; leur création témoigne de l'intérêt que les Américains attachent à l'augmentation des dimensions et de la puissance des machines à marchandises. Mais il est à remarquer que, malgré l'augmentation considérable de sa chaudière, le nouveau type n'a pas des cylindres plus grands que le type I. On peut en conclure que les ingénieurs pensylvaniens ne sont pas encore disposés à entrer dans la voie des grandes détentes où nous cherchons l'économie du combustible. Il est vrai que cette économie a chez eux moins d'importance que chez nous, car ils ne payent le charbon que 6^f,48 la tonne (prix moyen de la Pennsylvania Railroad Division pour 1885, transports compris), tandis que nous le payons 25^f,99 au P.-L.-M., et ils payent au contraire la main-d'œuvre notablement plus cher. Je doute cependant qu'ils aient raison de n'en pas tenir plus de compte, dussent-ils y sacrifier un peu de la puissance de leurs machines.

Machines à marchandises du C. B. and Q. — En dehors du Pennsylvania Railroad, je n'ai de renseignements que sur les machines à marchandises du Chicago, Burlington and Quincy Railroad. Ce sont, pour la plupart, des machines à deux essieux accouplés, du genre américain. Leur poids total varie de 30 à 38 tonnes, et leur poids adhérent, de 19 à 25 tonnes. Elles sont, par conséquent, beaucoup moins puissantes que celles du Pennsylvania Railroad, ce qui peut s'expliquer en partie par le profil plus facile de la ligne à parcourir. Mais là encore on constate la même tendance qu'en Pensylvanie à augmenter la puissance des machines; les dernières machines construites sont celles qui pèsent 38 tonnes et qui ont 25 tonnes de poids adhérent. En augmentant leur poids et les dimensions de leur chaudière, on a en même temps augmenté le diamètre de leurs cylindres qu'on a porté de 406 à 432 millimètres. Sur quelques machines récentes, on est même allé jusqu'à 457 millimètres, ce qui semble indiquer une tendance à faire de plus grandes détentes. La course est restée égale à 610 millimètres.

Le C. B. and Q. emploie également, sur ses sections de l'Ouest, quelques machines Consolidation; mais elles sont en petit nombre (20 sur 170 environ). Ces machines, construites par Baldwin, de 1880 à 1884, pèsent environ 48 tonnes, dont 41 tonnes utilisées pour l'adhérence, et ont des cylindres de 508 millimètres de diamètre avec 610 millimètres de course de piston.

La charge moyenne d'une machine des trains directs de marchandises sur la ligne principale du C. B. and Q., n'a été, en 1885, d'après le tableau IV, que de 472 tonnes. Elle a donc été moindre que sur le Pennsylvania Railroad et sur le P.-L.-M., ce qui s'explique naturellement par les types de machines employés sur chacun des trois réseaux.

Quant à la consommation de charbon par décatonne

kilométrique brute, elle se rapproche beaucoup de ce qu'elle est sur le Pennsylvania Railroad, c'est-à-dire qu'elle est très supérieure à celle du P.-L.-M.

VI. — PARCOURS DES MACHINES.

J'ai eu l'occasion d'indiquer précédemment (voir tableau I, page 41) les parcours kilométriques des machines du New-York Central. Il me reste à donner ici les chiffres analogues qui se rapportent au Pennsylvania Railroad, au Michigan Central et au C. B. and Q.

Pennsylvania Railroad. — Le 39^e rapport annuel du conseil d'administration du Pennsylvania Railroad donne les chiffres suivants pour les parcours moyens des machines pendant l'année 1885 :

	TRAINS de voyageurs	TRAINS de marchandises
Pennsylvania Railroad Division	57.090 ^{km}	42.389 ^{km}
United Railroads of New-Jersey Division.	50.182	40.449
Philadelphia and Erie Railroad Division	65.544	40.690

Ce rapport donne également les parcours individuels des machines qui ont atteint les chiffres les plus élevés. Je reproduis ces chiffres, mais à titre de simple curiosité, car ils ne se rapportent qu'à des cas exceptionnels qui paraissent avoir été surtout recherchés en vue de la publicité.

	TRAINS DE VOYAGEURS		TRAINS DE MARCHANDISES	
	Numéros des machines ayant fait les plus grands parcours en 1885	Parcours faits	Numéros des machines ayant fait les plus grands parcours en 1885	Parcours faits
Pennsylvania Railroad Division.	1103	kilom. 129.363	1024	kilom. 81.043
United Railroads of New-Jersey Division.	1067	98.237	674	72.160
Philadelphia and Erie Railroad Division.	2020	98.831	2092	58.891

Un renseignement plus intéressant est celui du parcours moyen correspondant à chacune des subdivisions de la Pennsylvania Railroad Division. Voici ce renseignement tel qu'il nous a été fourni dans les bureaux de la traction à Altoona :

PENNSYLVANIA RAILROAD DIVISION	TRAINS de voyageurs	TRAINS de marchandises
	kilom.	kilom.
Subdivision de Philadelphie.	48.700	44.800
— du Centre	77.000	38.800
— de Pittsburgh	63.500	43.800
— de Schuylkill	17.700	21.500
— de Frederick	48.700	22.800
— de Lewistown.	18.300	21.800
— de Bedford.	55.100	31.200
— de Tyrone	37.800	27.600
— d'Altoona.	15.200	12.500
— de la Pensylvanie occidentale.	46.700	36.900
— de la Monongahela	36.700	20.800

Tous ces chiffres ont été obtenus en divisant les parcours totaux par le nombre des machines qui ont concouru à les faire, déduction faite des machines qui n'ont pas été utilisées. On obtiendrait, par conséquent, des chiffres moins forts si on établissait des moyennes d'après l'effectif total. C'est une remarque qu'il ne faut pas perdre de vue quand on consulte des documents amé-

ricains sur ce sujet ; car, à en juger par ceux que nous avons eus entre les mains, ils sont tous établis de la même manière. Cette remarque est surtout importante quand il s'agit de parcours mensuels, le nombre de machines inutilisées pendant un mois en particulier étant naturellement plus grand que celui des machines qui n'ont fait aucun parcours dans l'année.

Un autre point à considérer dans la comparaison des chiffres cités plus haut et de ceux de nos parcours français, c'est que les machines des trains du Pennsylvania Railroad n'ont à faire aucun service analogue à notre service de réserve qui, sur le P.-L.-M., immobilise chaque jour 102 machines avec leur personnel, et que, par conséquent, leur parcours kilométrique annuel est augmenté d'autant.

Michigan Central Railroad. — Pour le Michigan Central Railroad, je n'ai pas de chiffres séparés pour les différents services. Le tableau suivant se rapporte aux machines de tous les services :

	DIVISION CANADIENNE			DIVISION des États-Unis Avril 1886		
	Octobre 1885	Février 1886	Avril 1886			
Nombre total des machines	112	112	112	284		
Nombre de machines ayant circulé dans le mois.	81	88	84	222		
Parcours total en kilomètres.	514.516	500.706	461.809	1.231.422		
Parcours kilométrique moyen :	calculé d'après le nombre total des machines.		4.593	4.470	4.123	4.336
	calculé d'après le nombre des machines ayant circulé.		6.352	5.689	5.497	5.547

Chicago, Burlington and Quincy RR. — Sur le Chicago, Burlington and Quincy Railroad, au contraire, j'ai pu, d'après les tableaux de « Performances » de machines du mois de mars 1886, distinguer assez exacte-

ment, non seulement les machines à voyageurs des machines à marchandises, mais encore celles des trains directs de celles des trains locaux et mixtes. C'est ainsi que le tableau suivant a été dressé :

	PARCOURS KILOMÉTRIQUES MOYENS	
	Voyageurs	Marchandises
Machines des trains directs.	7 804	4 373
Machines des trains locaux et mixtes.	3.684	4.370
Ensemble des machines des trains.	6.079	4.373
Ensemble des machines des trains de voyageurs et de marchandises réunis.	4.895	
Machines de manœuvre et de ballast.	4.448	
Ensemble de toutes les machines ayant circulé dans le mois.	4.800	
Ensemble de toutes les machines de l'effectif.	4.322	

VII. — DÉPENSES DE L'ENSEMBLE DU SERVICE.

Pour terminer ces indications générales sur l'organisation du service de traction de quelques chemins de fer américains, il me reste à dire un mot du prix de revient auquel conduit cette organisation. Je n'entrerais point dans de longs développements à ce sujet, parce que les éléments des prix de revient, matières et main-d'œuvre, sont tellement différents, en France et en Amérique, qu'il est difficile de comparer avec fruit les prix totaux qui en sont la conséquence.

Dépenses du Pennsylvania Railroad pour 1885. — Je crois cependant qu'il n'est pas sans intérêt de donner ici le résumé des dépenses du service du matériel et de la traction du Pennsylvania Railroad pour l'année 1885. Les deux tableaux suivants, dont l'un se rapporte au service des voyageurs et l'autre à celui des marchandises,

donnent ce résumé par kilomètre de machine et pour chacune des trois grandes divisions du réseau; il donne en regard les dépenses correspondantes du P.-L.-M. Pour rendre ces dépenses aussi comparables que possible, on n'a pas fait figurer dans celles du Pennsylvania Railroad certaines dépenses que ce chemin de fer fait supporter au service du matériel et de la traction et qui, chez nous, incombent à d'autres services; on y a compris, au contraire, certaines dépenses que nous imputons au service du matériel et de la traction, tandis que le Pennsylvania Railroad ne le fait pas. Dans la première catégorie se trouvent l'entretien des ateliers, dépôts et remises, les impôts et les assurances; dans la seconde, le nettoyage des véhicules, l'entretien et le graissage des wagons à ballast; la location de wagons étrangers et les frais de relevage de matériel en cas d'accident.

SERVICE DES VOYAGEURS.

Dépenses de l'année 1885, rapportées au kilomètre de machine.

NATURE DES DÉPENSES	P. - L. - M.		PENNSYLVANIA RAILROAD		
	Express	Voyageurs ordinaires	Pennsylvania Railroad Division	United R. R. of New-Jersey Division	Philadelphia and Erie R. R. Division
Salaires des mécaniciens et chauffeurs.	fr. 0,1106	fr. 0,1371	fr. 0,1637	fr. 0,1766	fr. 0,1654
Combustible pour les locomotives.	0,2346	0,2393	0,1156	0,2998	0,0818
Eclairage et graissage des locomotives.	0,0137	0,0171	0,0146	0,0214	0,0101
Autres dépenses du service des locomotives.	0,2030	0,2047	0,2342	0,3814	0,2994
Total des dépenses du service des locomotives.	0,5619	0,5982	0,5281	0,8792	0,5567
Dépenses du service des voitures et wagons.	0,1928	0,1288	0,3182	0,3159	0,3124
Total général.	0,7547	0,7270	0,8463	1,1951	0,8691

SERVICE DES MARCHANDISES.

Dépenses de l'année 1885, rapportées au kilomètre de machine.

NATURE DES DÉPENSES	P.-L.-M.	PENNSYLVANIA RAILROAD		
		Pennsylvania Railroad Division	United R. R. of New-Jersey Division	Philadelphia and Erie R. R. Division
	fr.	fr.	fr.	fr.
Salaires des mécaniciens et chauffeurs.	0,1801	0,1990	0,2353	0,2046
Combustible pour les locomotives.	0,3396	0,1819	0,3845	0,1995
Eclairage et graissage des locomotives.	0,0224	0,0165	0,0191	0,0099
Autres dépenses du service des locomotives.	0,2625	0,3400	0,3758	0,4216
Total des dépenses du service des locomotives.	0,8046	0,7374	1,0147	0,8356
Dépenses du service des wagons	0,2819	0,5043	0,4355	0,4183
Total général.	1,0865	1,2417	1,4502	1,2539

Comparaison avec le P.-L.-M. — Il résulte de ces deux tableaux que nos dépenses par kilomètre de machine sont moindres que celles du Pennsylvania Railroad aussi bien pour le service des marchandises que pour celui des voyageurs. La différence serait encore plus grande si, au lieu de payer le charbon 25^f,99 la tonne, nous l'avions payée 6^f,48 comme sur la Pennsylvania Railroad Division, 16^f,66 comme sur la United Railroads of New Jersey Division, ou 6 francs comme sur la Philadelphia and Erie Railroad Division.

Si, au lieu de comparer les dépenses par kilomètre de machine, on compare les dépenses pour 100 tonnes kilométriques brutes, le résultat est à peu près le même pour le service des voyageurs, parce que la charge moyenne remorquée par les machines à voyageurs a été peu différente en 1885 sur le Pennsylvania Railroad et sur le P.-L.-M. Cependant, comme cette différence, si faible qu'elle soit, est en faveur du P.-L.-M., la comparaison

ainsi faite est encore plus avantageuse pour notre réseau.

Au contraire, pour le service des marchandises, la comparaison des dépenses par 100 tonnes kilométriques est plus favorable au Pennsylvania Railroad, parce que la charge moyenne des machines à marchandises a varié, sur ce réseau, de 555 à 758 tonnes, tandis que sur le P.-L.-M., elle n'a été que de 335 tonnes. Le tableau suivant permet de faire cette comparaison, pour laquelle il ne faut pas perdre de vue la différence considérable des prix du charbon sur les deux réseaux. Si l'on rectifiait les dépenses de combustible du Pennsylvania Railroad d'après le prix du P.-L.-M., la dépense totale par tonne kilométrique brute pour l'ensemble du service des marchandises serait sensiblement la même pour le P.-L.-M. et pour les deux premières divisions du Pennsylvania Railroad qui sont de beaucoup les plus étendues de ce réseau.

SERVICE DES MARCHANDISES.

Dépenses de l'année 1885, rapportées aux 100 tonnes kilométriques.

NATURE DES DÉPENSES	P.-L.-M.	PENNSYLVANIA RAILROAD		
		Pennsylvania Railroad Division	United R. R. of New-Jersey Division	Philadelphia and Erie R. R. Division
	fr.	fr.	fr.	fr.
Salaires des mécaniciens et chauffeurs.	0,0538	0,0359	0,0460	0,0270
Combustibles pour les locomotives.	0,1014	0,0328	0,0752	0,0263
Eclairage et graissage des locomotives.	0,0067	0,0010	0,0039	0,0013
Autres dépenses du service des locomotives.	0,0782	0,0612	0,0735	0,0556
Total des dépenses du service des locomotives.	0,2401	0,1329	0,1986	0,1102
Dépenses du service des wagons.	0,0842	0,0908	0,0852	0,0552
Total général.	0,3243	0,2237	0,2838	0,1654

VIII. — DÉTAILS DE CONSTRUCTION DES LOCOMOTIVES.

Parmi les détails de construction des locomotives que j'ai notés pendant mon séjour en Amérique, je ne mentionnerai ici que ceux qui m'ont frappé par quelque particularité nouvelle et ceux où j'ai puisé quelque enseignement utile pour notre pratique.

Le plus grand nombre de ces détails se rapportent à la construction des chaudières.

Emploi de la tôle d'acier pour les chaudières. — Le premier est l'emploi général de la tôle d'acier, aussi bien pour les foyers que pour les enveloppes de boîte à feu et les corps cylindriques. Nous avons trouvé cet emploi passé dans les habitudes de tous les ateliers de chemins de fer que nous avons visités, à Albany, à Aurora et à Altoona.

La tôle d'acier employée par le Pennsylvania Railroad à Altoona est définie de la manière suivante :

« Un barreau d'épreuve pris sur chaque feuille, dans le sens de sa longueur et sans recuit, doit avoir une résistance à la rupture de 38^{kg},7 par millimètre carré, avec un allongement de 30 p. 100 mesuré sur une longueur primitive de 51 millimètres. Les feuilles ne sont acceptées que si elles ont une résistance supérieure à 35 kilogrammes et inférieure à 45^{kg},7 par millimètre carré et un allongement supérieur à 25 p. 100. »

Charge que l'on fait supporter à l'acier dans les chaudières. — On demande naturellement à ce métal plus de travail que nous n'en demandons à nos tôles de fer. En effet, si l'on applique aux chaudières du Pennsylvania

Railroad la formule adoptée sur notre réseau

$$R = \frac{Dn}{2(e-2)},$$

dans laquelle :

R représente le travail du métal en kilogr. par millimètre carré,
D le diamètre du corps cylindrique en décimètres,
n le timbre en kilogrammes par centimètre carré,
e l'épaisseur de la tôle en millimètres,

on trouve pour R des valeurs comprises entre 8^k,0 et 9^k,7. Ces valeurs sont, en particulier, de 8^k,4 à 8^k,7 pour les derniers types, désignés par les lettres K, N, O, P, R, A (anthracite).

En appliquant la même formule à la machine type A du Chicago, Burlington and Quincy Railroad, on trouve également un travail de 8^k,55 par millimètre carré.

Faible épaisseur des tôles d'acier pour foyers. — Un autre point intéressant à noter, c'est la faible épaisseur que les ingénieurs du Pennsylvania Railroad donnent aux tôles de leurs foyers ; cette épaisseur n'est que de 6^{mm},35 pour les côtés et 7^{mm},9 pour les faces avant et arrière et pour le ciel. Au C. B. and Q. RR, l'épaisseur, tout en étant un peu plus forte, est encore modérée ; elle est de 9^{mm},5 pour les côtés, la face arrière et le ciel, et de 12^{mm},7 pour la plaque à tubes. Cette faible épaisseur facilite la transmission de la chaleur à travers les parois du foyer, et diminue la différence de température entre les deux faces de la tôle ; elle doit, par conséquent, être avantageuse aussi bien pour la production de vapeur que pour la conservation du foyer. Peut-être est-ce pour avoir été faits avec des tôles trop épaisses que certains essais d'application de l'acier aux foyers de locomotives n'ont pas donné d'aussi bons résultats en Europe qu'en Amérique.

Assemblage des tôles du corps cylindrique. Rivetage.

— Le mode d'assemblage des tôles du corps cylindrique de diffère pas sensiblement à Aurora de ce qu'il est chez nous : les joints longitudinaux sont à clins et à double rang de rivets ; ceux unissant les viroles entre elles sont également à clins, mais à simple rang de rivets. Mais à Albany, et surtout à Altoona, j'ai constaté l'emploi d'un système plus rationnel pour les coutures longitudinales. A Altoona, ces coutures se font à francs bords avec double couvre-joint ; le couvre-joint extérieur n'est réuni à chacun des abouts de la tôle que par une seule rangée de rivets, mais le couvre-joint intérieur est plus large et reçoit une seconde rangée de rivets deux fois plus espacés entre eux que ceux de la première rangée (*fig. 5, Pl. I*).

Cette disposition est bien comprise. En premier lieu, la réunion par francs bords dispense d'étirer en pinces les angles des tôles, comme cela est nécessaire quand les joints sont à clins dans les deux sens. En second lieu, le grand espacement des rivets du second rang augmente notablement la résistance du joint. Enfin, l'inégale largeur des deux couvre-joints permet, malgré cet espacement, de faire un excellent matage du couvre-joint extérieur.

A Albany, j'ai noté une disposition du même genre, mais moins parfaite : la couture était à clin au lieu d'être à francs bords, mais elle était recouverte à l'intérieur par un couvre-joint, et celui-ci était relié à chaque tôle par une rangée de rivets, indépendamment de la rangée de rivets du clin.

Je n'ai pas noté la nature du métal employé à Albany ni à Aurora pour les rivets ; mais à Altoona, ce métal était le fer, bien que les tôles fussent en acier.

Entretoises en fer. — Le Pennsylvania Railroad em-

ploie également le fer pour ses entretoises de foyer, ainsi qu'il résulte de la spécification suivante :

« Le fer pour entretoises doit avoir une résistance à la rupture de 35 kilogrammes par millimètre carré, et un allongement de 30 p. 100 mesuré sur une longueur primitive de 51 millimètres. La section de rupture doit être uniformément fibreuse. Ce fer doit être exempt de toute fissure longitudinale et capable de fournir un bon filet de vis avec une filière en bon état. »

Entretoises en acier. — A Albany, au contraire, j'ai vu employer par le New-York Central des entretoises en acier.

Entretoises perforées. — La pratique de perforer les entretoises pour déceler les ruptures est loin d'être aussi répandue en Amérique qu'en France. Mais j'ai constaté sur plusieurs chemins de fer, et notamment sur le Michigan Central et sur le C. B. and Q. (voir Pl. V, *fig. 8 et 9*), l'emploi d'entretoises perforées sur deux ou trois rangées au-dessus de la grille en vue de produire des jets d'air dans le foyer. De plus, au C. B. and Q. on paraît être entré dans la voie de percer toutes les entretoises, par l'extérieur et jusqu'à une petite profondeur, dans le même but que chez nous. Nous avons vu, dans les ateliers d'Aurora, percer ainsi sur place les entretoises d'anciennes machines ; on se servait pour cela d'un petit moteur Brotherhood et d'un arbre flexible.

Tubes à fumée en fer. Leur mode de fixation dans les plaques de tête. — Pour les tubes à fumée, nous avons vu partout employer le fer avec le même mode de fixation dans les plaques de tête. On interpose entre chaque tube et son logement dans la plaque une virole en cuivre rouge qui s'écrase et fait joint quand on ouvre le tube à l'aide d'un « expander » analogue au Dudgeon. On mate

ensuite légèrement contre la plaque le bord extérieur de cette virole et l'opération est terminée.

Voûtes en briques. — Les voûtes en briques sont employées couramment dans les foyers qui ne sont pas destinés à brûler de l'antracite. Les deux machines dont les dessins sont annexés au présent rapport en sont munies toutes les deux; celle du Pennsylvania Railroad a sa voûte soutenue par quatre tubes bouilleurs qui font communiquer la lame d'eau avant avec le ciel du foyer (voir Pl. VI, *fig.* 3 et 4); quant à celle du C. B. and Q., elle n'offre aucune disposition analogue; sa voûte s'appuie simplement contre les faces latérales du foyer. Dans les deux machines, la voûte s'étend à peu près exactement sur la moitié de la longueur du foyer à partir de l'avant.

Bouilleur Buchanan. — Au New-York Central, on emploie, au lieu de voûte en briques, un système de bouilleur imaginé et breveté par M. W. Buchanan, ingénieur en chef de la Compagnie. Ce système, représenté par les *fig.* 1 et 2 de la Pl. VI, consiste en une sorte de cloison d'eau inclinée qui relie les lames d'eau de l'avant et de l'arrière du foyer, et qui divise ce dernier en deux parties ne communiquant entre elles que par une ouverture centrale de la dimension d'une porte ordinaire de foyer.

Grilles oscillantes. — Le système de grille que nous avons rencontré le plus souvent est le système oscillant dont la Pl. VI, *fig.* 5 à 7, représente l'application aux petites locomotives du Métropolitain de New-York (Manhattan Elevated R. R.). Il consiste en une série de tables transversales en fonte percées de trous et pouvant osciller chacune autour de deux tourillons horizontaux par lesquels elle repose sur des supports fixés aux

faces latérales du foyer. Chacune de ces tables présente, par dessous, une queue verticale par laquelle elle s'attache sur une tringle de manœuvre unique et au moyen de laquelle le chauffeur peut de temps en temps lui imprimer une secousse oscillatoire. La table de l'avant seule a une tringle de manœuvre spéciale, afin qu'on puisse la renverser isolément pour jeter bas le feu. La grille représentée par les figures 5 à 7 est faite pour brûler de l'antracite. Mais le même système est appliqué sur le New-York Central (voir *fig.* 1 à 2 de la même planche), sur le C. B. and Q. et sur le Pennsylvania Railroad pour la houille; la seule différence consiste dans la forme et les dimensions des trous.

Grilles à circulation d'eau. — Les nouvelles machines à marchandises type R du Pennsylvania Railroad ont des grilles oscillantes du système que je viens de décrire. Sur d'autres types, et notamment sur le type I brûlant de la houille et sur le type K brûlant de l'antracite, le même chemin de fer emploie des grilles formées d'une série de tubes longitudinaux de 47 millimètres de diamètre qui communiquent avec les lames d'eau avant et arrière du foyer, et qui laissent entre eux des espaces libres de 25 à 27 millimètres de largeur.

Agrandissement des boîtes à fumée. — Pour en finir avec ce qui regarde les chaudières, il ne me reste qu'à signaler le grand développement donné aux boîtes à fumée dans les derniers types de machines du New-York Central et du Pennsylvania Railroad, et l'abandon par ces chemins de fer de la cheminée à double cône disposée pour arrêter les escarbilles à la sortie. Avec les nouvelles boîtes à fumée qui ont souvent près de 2 mètres de long (celle du type R du Pennsylvania Railroad a 1^m,78), on arrête les escarbilles dans la boîte à fumée elle-même. Le Pennsylvania Railroad emploie à cet effet

des toiles en fil d'acier à mailles de 7 millimètres seulement.

En dehors de la chaudière, je ne mentionnerai qu'un très petit nombre de détails de construction des locomotives américaines.

Tiroirs compensés. — Le premier est l'emploi général des compensateurs pour les tiroirs de distribution. La *fig. 15* de la Pl. VI représente la disposition adoptée par le New-York Central : dans une rainure rectangulaire ménagée sur le dos du tiroir dont elle suit les quatre côtés, sont ajustées quatre règles que des ressorts pressent contre une plaque dressée que porte le couvercle de la boîte de vapeur. Aucune précaution particulière n'est prise pour empêcher les fuites de vapeur entre ces règles et les parois de leurs rainures, ni entre les abouts des règles transversales et les faces des règles longitudinales contre lesquelles les premières viennent buter ; on se fie au bon ajustage des différentes pièces les unes par rapport aux autres. Le fait est que l'on a démonté devant nous la boîte à tiroir d'une machine qui venait de rentrer à l'atelier après sept mois de service, et que nous n'avons constaté aucune trace de fuite de vapeur par le compensateur dont l'ajustage nous a paru extrêmement bien fait.

Boîtes à tiroir. — Je ne puis m'empêcher de remarquer, à cette occasion, combien la disposition des boîtes à tiroir des locomotives américaines est commode pour les visites et les réparations. Ces boîtes sont formées d'un cadre en fonte dont les faces inférieure et supérieure sont exactement dressées ; la face inférieure repose sur le cylindre, la face supérieure reçoit le couvercle, et des boulons reliant le couvercle au cylindre en passant à l'extérieur du cadre, maintiennent le tout en place.

Les joints du cadre avec le cylindre, d'une part, et avec le couvercle, de l'autre, sont faits, au New-York Central, à l'aide d'un rondin en cuivre placé dans des rainures demi-circulaires et formant un cadre soudé. Au Pennsylvania Railroad, on emploie dans le même but des bandes de cuivre plat assemblées à queue d'hironde les unes avec les autres.

Le Chicago Burlington and Quincy et le Pennsylvania Railroad se servent également aujourd'hui de tiroirs compensés plus ou moins analogues à ceux du New-York Central. Les *fig. 8 à 14* de la Pl. VI représentent la disposition du C. B. and Q., qui est un peu moins simple que celle du New-York Central.

Soupapes de rentrée d'air. — J'ai remarqué, sur le New-York Central et sur le Pennsylvania Railroad, l'emploi de soupapes de rentrée d'air sur les boîtes à vapeur de certaines machines munies de tiroirs compensés ; mais cet emploi n'était pas général, et je n'ai pas eu de renseignements sur les conditions dans lesquelles on y avait eu recours, ni sur les résultats qu'il avait donnés.

Boîtes à huile d'essieux moteurs. — Les *fig. 16 à 18* de la Pl. VI représentent la boîte à huile pour essieux moteurs des machines à voyageurs du New-York Central ; elle est en fonte, et le coussinet en bronze y est introduit à frottement dur, à l'aide d'une vis de pression. Ce dernier descend un peu au-dessous du centre de la fusée et il est alésé de manière à porter sur la fusée jusqu'à la hauteur du centre. Cette disposition est plus rationnelle pour résister aux pressions horizontales qui s'exercent sur les boîtes des essieux moteurs que celle qui est usitée chez nous. On la retrouve d'ailleurs dans les machines du C. B. and Q. et dans celles du Pennsylvania Railroad ; seulement, sur ce dernier chemin de fer, la boîte est en acier au lieu d'être en fonte.

Bandages de locomotives. — Je mentionnerai encore la forte épaisseur donnée généralement aux bandages de locomotives. La *fig. 1*, Pl. VII, représente la coupe des bandages employés par le New-York Central ; ils ont 88 millimètres d'épaisseur au roulement ; sur le C. B. and Q., on trouve des épaisseurs variant de 75 à 88 millimètres. On remarquera que les bandages du New-York Central sont absolument cylindriques au roulement ; il n'en est pas de même au C. B. and Q. qui emploie des bandages coniques.

Acier pour essieux moteurs, pour bielles et tourillons de manivelles. — Je terminerai en mentionnant l'emploi, chaque jour plus répandu, de l'acier pour les essieux moteurs, les tiges de pistons, les bielles et les manivelles, et en donnant les spécifications en usage, pour le métal de ces pièces, au Pennsylvania Railroad.

« *Essieux moteurs.* — L'acier pour essieux moteurs doit avoir une résistance à la rupture de 60 kilogrammes par millimètre carré et un allongement de 15 p. 100 mesuré sur une longueur primitive de 51 millimètres et sur un barreau de 15^{mm},9 de diamètre pris à égale distance du centre et de la circonférence de l'essieu. Les essieux ne sont acceptés que s'ils ont une résistance à la rupture supérieure à 56 kilogrammes par millimètre carré et un allongement supérieur à 12 p. 100.

« *Bielles.* — On choisit un bloom sur chaque lot de vingt-cinq fourni pour la fabrication des bielles et on en détache au marteau une pièce qui est tournée sous forme de barreau d'épreuve de 15^{mm},9 de diamètre et de 51 millimètres de longueur utile. Ce barreau doit avoir une résistance à la rupture de 60 kilogrammes par millimètre carré et un allongement de 15 p. 100. Le lot n'est accepté que si la résistance à la rupture est supérieure à 56 kilogrammes par millimètre carré et l'allongement supérieur à 12 p. 100.

« *Tourillons de manivelles.* — Pour chaque commande de 50 lingots d'acier, on doit en livrer 51, dont un est pris au hasard pour fournir deux éprouvettes de 15^{mm},9 de diamètre et de 51 millimètres de long ; ces dernières sont découpées dans une partie quelconque du lingot, pourvu que leur axe tombe à 36 millimètres de l'axe du lingot. Ces éprouvettes doivent donner une résistance à la rupture de 60 kilogrammes par millimètre carré et un allongement de 15 p. 100. Les lingots ne sont acceptés que si la résistance à la rupture est supérieure à 56 kilogrammes par millimètre carré et l'allongement supérieur à 12 p. 100. »

IX. — FREINS CONTINUS. LEUR APPLICATION AUX TRAINS DE MARCHANDISES.

État de la question. — L'emploi des freins continus est général en Amérique dans les trains de voyageurs. Le système le plus répandu est, sans contredit, le système automatique à air comprimé de Westinghouse. En dehors du Métropolitain de New-York qui se sert du frein à vide non automatique de Eames, c'est le seul que j'aie rencontré.

Les Américains se préoccupent aujourd'hui d'étendre l'emploi des freins continus aux trains de marchandises ; un certain nombre d'applications ont même déjà été faites par plusieurs chemins de fer, notamment dans les régions montagneuses de l'Ouest. Mais le progrès de ces applications a été jusqu'ici retardé par certaines préoccupations, les unes techniques et les autres administratives. Au point de vue technique, on se demandait encore, au moment de mon passage en Amérique, s'il était possible de manœuvrer avec sécurité des freins continus sur des trains aussi longs que les trains de marchandises, et malgré le jeu qu'il est nécessaire de laisser à

leurs attelages en vue des démarrages. Au point de vue administratif, on se préoccupait de la difficulté d'une entente entre les diverses Compagnies pour le choix d'un système de frein, et cette entente paraissait cependant nécessaire en vue des échanges de wagons à marchandises. C'est sans doute sous l'empire de cette double préoccupation qu'ont été entreprises les expériences très intéressantes commencées à Burlington (Iowa) en juillet 1886, continuées dans le courant de 1887, et qui sont dirigées par une commission composée de représentants de plusieurs Compagnies et présidée par M. Godfrey Rhodes, ingénieur en chef du matériel et de la traction du Chicago, Burlington and Quincy Railroad. Je sortirais du cadre du présent rapport en donnant le détail des expériences déjà faites, mais je dois dire en quelques mots sur quels freins elles ont porté et quels résultats principaux elles ont donnés jusqu'ici.

Expériences de Burlington. — Les freins essayés en 1886 ont été au nombre de cinq : deux freins pneumatiques, le frein Westinghouse à air comprimé, automatique, le frein Eames à vide, également automatique, et trois freins mis en action par le refoulement des tampons de choc : le frein de l'American Brake Co, le frein Rote et le frein Widdifield et Button.

Il a été fait des expériences sur des trains de 25 wagons et sur d'autres de 50 wagons. Avec 25 wagons, les résultats ont été satisfaisants pour les freins de choc comme pour les freins pneumatiques ; mais avec 50 wagons, les freins de choc ont donné lieu à des réactions telles sur la deuxième moitié du train, qu'il n'a pas été jugé prudent de poursuivre les essais. Avec les freins pneumatiques, au contraire, on est arrivé à obtenir des arrêts de service très acceptables avec 50 comme avec 25 wagons ; mais on a reconnu que pour le frein Wes-

tinghouse comme pour le frein Eames, ce résultat n'était obtenu que moyennant des précautions particulières, et que les arrêts d'urgence avec l'un et l'autre de ces deux freins donnaient lieu à un choc terrible dans la seconde moitié du train.

Les expériences dont il s'agit ont été faites peu de temps après mon retour d'Amérique ; je n'ai cependant pas eu l'occasion d'en voir les préparatifs. Je n'ai pas rencontré non plus de wagon muni du frein Eames automatique ni d'aucun des freins de choc qui ont concouru aux essais. Mais j'ai eu l'occasion d'examiner en détail les appareils du frein Westinghouse pour wagon à marchandises et d'en voir le fonctionnement dans les ateliers de M. Westinghouse, à Alleghany-City (Pennsylvania). Je crois intéressant de les décrire ici.

Appareils du frein Westinghouse pour wagons à marchandises. — La disposition générale de ces appareils diffère peu de celle des appareils pour trains de voyageurs. Comme pour ces derniers, chaque véhicule porte un réservoir à air comprimé, un cylindre à freins et une triple valve. Mais le groupement de ces trois organes n'est pas le même ; au lieu d'être juxtaposés et reliés par un tuyautage extérieur, ils sont boulonnés directement l'un sur l'autre sans aucun tuyautage apparent ; le réservoir est placé entre le cylindre et la triple valve ; il communique directement avec cette dernière et est traversé, d'un bout à l'autre, par le tuyau qui la met en communication avec le cylindre. Le tout forme un ensemble bien compact, comme on peut s'en rendre compte sur la *fig. 4* de la Pl. VII. Les *fig. 2* et *3* de la même planche font voir le montage des appareils sous le wagon et leur connexion avec la conduite principale d'air comprimé, d'une part, et la timonerie du frein, d'autre part. La triple valve représentée sur la *fig. 4* ne diffère par

aucun point essentiel du type usité sur les voitures à voyageurs. Le robinet A qui l'accompagne est disposé de manière à produire trois effets différents, suivant la position de sa poignée. Dans la position représentée par des traits pleins, il met en communication la triple valve avec la conduite principale d'un côté et avec le cylindre à freins de l'autre, comme cela est nécessaire pour le fonctionnement automatique du frein. Si on le faisait tourner de 45° , il intercepterait toute communication entre la conduite principale et les appareils spéciaux du véhicule et viderait ces derniers, comme cela serait nécessaire en cas d'avarie. Enfin, après une nouvelle rotation de 45° , il mettrait en communication directe la conduite principale et le cylindre, ce qui produirait le fonctionnement direct du frein. Mais M. Westinghouse reconnaît que le fonctionnement direct n'est pas possible dans les trains de plus de 10 à 12 véhicules, et il recommande d'avoir toujours, dans ces cas, recours au fonctionnement automatique.

Timonerie. — Il y a peu de chose à dire de la timonerie représentée sur les *fig. 2* et *3*. Elle est spécialement appropriée au mode de construction des wagons américains; comme celle des véhicules à voyageurs, elle ne comporte que quatre sabots par truck; mais, par suite du mode différent de construction des trucks, ces sabots sont placés entre les essieux au lieu de l'être à l'avant et à l'arrière.

Les organes nouveaux étudiés spécialement par M. Westinghouse en vue des trains de marchandises sont la soupape de retenue de pression et le robinet de manœuvre avec régulateur d'échappement.

Soupape de retenue de pression. — La soupape de retenue de pression a pour objet de remédier dans une

certaine mesure au défaut de modérabilité du frein Westinghouse automatique pour la descente des pentes longues et continues. Elle se place en A (voir Pl. VII, *fig. 2*), sur le conduit d'échappement de la triple valve de chaque véhicule et porte un robinet à trois voies qui permet de la mettre en communication avec ce conduit ou de laisser ce dernier évacuer directement à l'air libre. Ce robinet B (*fig. 5*, Pl. VII) est représenté dans la première position qui correspond au cas de la descente; dans cette position, l'air ne peut s'échapper de la triple valve et, par conséquent, du cylindre à freins, qu'en soulevant la soupape lestée C. Il en résulte que les freins, lorsqu'ils ont été serrés une première fois, ne peuvent plus être desserrés complètement; il reste toujours dans le cylindre à freins une certaine pression, déterminée par le lest de la soupape. M. Westinghouse règle ce lest de manière à obtenir une pression minima de $0^k,700$ par centimètre carré, qui suffit, d'après lui, pour empêcher la vitesse du train de s'accélérer outre mesure, pendant les moments où l'on est obligé de remettre de l'air dans la conduite principale pour recharger les réservoirs pendant la descente des longues pentes. Mais il est clair que ce palliatif ne peut être employé que dans le cas de pentes absolument continues, car une fois les soupapes de retenue de pression mises en action, il faut, pour les isoler et permettre le desserrage complet des freins, aller tourner à la main les poignées de tous les robinets B.

Robinet de manœuvre avec régulateur d'échappement. — Le robinet de manœuvre avec régulateur d'échappement a été étudié par M. Westinghouse en vue d'éviter un inconvénient qui se produit dans les trains de grande longueur, quand le mécanicien ne manœuvre pas son robinet avec toutes les précautions recommandées. Il arrive, en effet, avec le robinet ordinaire, que, quand on

l'ouvre trop largement pour serrer les freins et qu'on le ferme ensuite d'une manière trop brusque, l'interruption du courant d'air dans la conduite principale produit en tête du train une augmentation momentanée de pression qui tend à desserrer les freins des premiers véhicules seulement, et qui peut être ainsi la cause de secousses fâcheuses et même de ruptures d'attelage. Avec le nouveau robinet, rien n'est plus facile que d'éviter cet inconvénient.

Description. — Ce robinet est représenté en coupe verticale par la *fig. 6* de la Pl. VII. Son corps se compose de deux parties X et Y faisant joint en ZZ' et réunies par quatre vis.

La partie supérieure X est elle-même divisée en deux par la cloison horizontale *a*, percée de six trous A, B, B, C, D et E; cette cloison est représentée en plan sur la *fig. 8* de la même planche.

Sur sa face supérieure, parfaitement dressée, pivote le papillon *l* centré par le tourillon *m* et par la mortaise *g*, et conduit par la poignée de manœuvre *n*. Ce papillon est percé d'un trou K et présente à sa face inférieure deux cavités M et N qu'on ne voit ni sur la *fig. 6*, ni sur la *fig. 8*, mais qui sont représentées en ponctué sur les *fig. 9* et suivantes (voir Pl. VII).

Au-dessus du papillon *l* arrive, par le conduit T, l'air du réservoir de la machine.

Au-dessous de la cloison *a* se trouvent, d'une part, la chambre régulatrice R à laquelle correspondent les orifices A, B et B, et, d'autre part, le canal L qui correspond à l'orifice C et qui est en communication constante avec la conduite principale du train par la tubulure inférieure W du robinet. L'orifice A est complètement dégagé; les orifices B, B, au contraire, sont fermés par une soupape à ressort que l'on voit en *u* sur la *fig. 7* et qui

s'ouvre du côté de la chambre R. Quant aux orifices E et D, ils communiquent avec l'atmosphère.

La chambre régulatrice communique par le trou *p* avec la tubulure *q*, et de celle-ci part un tuyau qui aboutit à un réservoir auxiliaire en tôle dont la capacité s'ajoute à celle de la chambre R. Pour assurer le bon fonctionnement du robinet, M. Westinghouse recommande de donner à ce réservoir un volume sensiblement égal à celui des réservoirs auxiliaires des véhicules munis du frein.

La chambre régulatrice se continue dans la pièce Y par une partie cylindrique P dans laquelle se meut le piston *r*. Celui-ci est percé d'une série de trous H qui donnent passage à l'air quand la soupape *s* est détachée de son siège, c'est-à-dire quand la pression est assez forte au-dessus du piston pour vaincre en même temps la pression qui règne au-dessous et la bande du ressort *t*.

La face inférieure du piston *r* est en communication permanente avec la conduite principale du train par la tubulure W.

Enfin, au-dessous du piston *r* et relié à sa tige comme le tiroir d'une triple valve l'est à la tige de son piston, se trouve le tiroir V qui sert à ouvrir et à fermer la communication de la conduite principale avec l'atmosphère.

Dans la position représentée sur la *fig. 6*, le piston et le tiroir sont tous les deux au bas de leur course, et la communication est fermée. Quand le piston remonte en partant de cette position, il n'entraîne pas immédiatement le tiroir qui est retenu par le ressort *y*; mais l'extrémité inférieure de sa tige, en quittant le siège *bd*, met la conduite principale en communication avec l'atmosphère par l'intermédiaire du trou latéral *f* et de l'orifice S.

Quand le piston continue sa course, la goupille *h* portée par le tiroir bute au fond de la rainure de la tige de

piston où elle est emprisonnée, et par elle le tiroir est entraîné, ouvrant à l'air de la conduite principale une double issue en S et en U.

Enfin, quand le piston commence à redescendre, le tiroir descend immédiatement sous l'action du ressort y et ferme d'abord cette double issue; puis le piston, achevant sa course, vient reposer sur le siège bd et ferme la communication du trou f à l'orifice S.

Fonctionnement. — Avec le robinet que je viens de décrire, on peut obtenir cinq résultats différents en donnant cinq positions différentes à la poignée de manœuvre n . Ces cinq positions sont représentées sur les *fig. 9 à 13* de la Pl. VII qui montrent comment l'orifice et les cavités du papillon l se présentent dans chaque cas devant les orifices de la cloison a .

La première position (*fig. 9*) a pour résultat de desserrer les freins. En effet, dans cette position, l'air passe directement du réservoir de la machine dans la chambre régulatrice par les orifices K et A, et de là dans la conduite principale en repoussant la soupape s . En même temps, il appuie le piston r et le tiroir V au bas de leur course, ce qui ferme les orifices S et U. Par conséquent, la pression monte dans la conduite principale. On la laisse monter jusqu'à ce que les freins soient desserrés; après quoi, on ramène la poignée dans la deuxième position.

Dans la deuxième position (*fig. 10*), l'air du réservoir de la machine alimente la conduite principale par l'intermédiaire des orifices K et B, B et de la soupape u , et il y maintient automatiquement une pression inférieure de 3 kilogrammes par centimètre carré à celle du réservoir de la machine. La bande du ressort qui appuie la soupape u sur son siège et celle du ressort t doivent être réglées en conséquence. C'est dans cette position que la

poignée doit être maintenue normalement pendant la marche.

Dans la troisième position (*fig. 11*), il n'y a ni communication du réservoir de la machine avec la chambre régulatrice ou avec la conduite principale, ni échappement de ces deux dernières, et, par conséquent, aucun effet sur les freins.

La quatrième position (*fig. 12*) correspond au serrage du frein pour les arrêts ordinaires. Dans cette position, la cavité M met en communication la chambre régulatrice avec l'air extérieur par l'intermédiaire des orifices A et D. Par conséquent, la pression diminue dans la chambre régulatrice. Le mécanicien la laisse diminuer jusqu'à ce qu'elle atteigne la valeur qu'il veut obtenir dans la conduite principale; après quoi, il ramène la poignée dans la troisième position.

Par suite de la dépression produite dans la chambre régulatrice, le piston r monte en faisant échapper l'air de la conduite principale, d'abord par le trou f et l'orifice S, puis, si la dépression est assez forte pour vaincre la bande du ressort y , par les orifices U et S ouverts en grand. La pression baisse alors dans la conduite principale, ce qui produit le serrage des freins. Quand elle se rapproche de celle qui existe dans la chambre régulatrice, le ressort y ramène le tiroir V au bas de sa course en entraînant le piston r ; puis le piston achève de descendre, et l'échappement se ferme complètement, mais sans à-coup.

Enfin, la cinquième position (*fig. 13*) correspond au serrage des freins pour les arrêts d'urgence. Dans cette position, la cavité N met en communication directe la conduite principale avec l'air extérieur par l'intermédiaire du conduit L et des orifices C et E.

Il résulte de ce qui précède que, dans les trois premières positions, l'effet produit est identiquement le

même avec le robinet à régulateur d'échappement qu'avec le robinet ordinaire, et que le nouveau robinet dans la cinquième position produit le même effet que l'ancien dans la quatrième. Il n'y a d'effet nouveau que pour la quatrième position du nouveau robinet; dans cette position, en effet, les freins se serrent comme dans la quatrième de l'ancien robinet et la cinquième du nouveau, mais avec une régularité et une douceur que les mécaniciens ont peine à obtenir avec l'ancien robinet et qui s'obtient, en quelque sorte malgré eux, avec le nouveau.

Constatations. — Pour montrer la différence des résultats que l'on peut obtenir avec les deux systèmes de robinets, M. Westinghouse a fait installer à côté les uns des autres, dans son atelier d'Alleghany-City, 50 garnitures d'appareils pour wagons à marchandises réunis par une conduite principale de la longueur d'un train de 50 wagons et mis en communication, par un robinet à régulateur d'échappement, avec le réservoir principal représentant le réservoir de la machine. J'ai pu constater sur cette installation d'essai qu'en mettant la poignée du robinet dans la cinquième position, ce qui revient à s'en servir dans les conditions où fonctionne l'ancien, les freins des véhicules de tête se serrent beaucoup plus vite que ceux des véhicules de queue, et qu'il est difficile d'éviter de les desserrer au moment où on ramène la poignée dans la troisième position. En mettant la poignée dans la quatrième position, au contraire, on obtient un serrage presque simultané de tous les freins, et on n'a jamais à craindre de desserrage intempestif en tête quand on revient à la troisième position.

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages
I. ITINÉRAIRE.	7
II. GÉNÉRALITÉS SUR LES CHEMINS DE FER VISITÉS.	8
New-York Central and Hudson River Railroad.	9
Pennsylvania Railroad.	15
Michigan Central Railroad.	20
Chicago, Burlington and Quincy Railroad.	22
III. ORGANISATION DU SERVICE DE LA TRACTION.	24
IV. SERVICE DES MÉCANICIENS ET CHAUFFEURS.	27
Emploi de la double équipe par le New-York Central.	34
Service des mécaniciens sur le Pennsylvania Railroad. — Machines banales.	42
V. DIMENSIONS PRINCIPALES DES MACHINES. LEUR PUISSANCE, LEUR VITESSE, LEURS CHARGES ET LEUR CONSOMMATION DE CHARBON.	53
Machines à voyageurs.	60
Machines à marchandises.	67
VI. PARCOURS DES MACHINES.	71
VII. DÉPENSES DE L'ENSEMBLE DU SERVICE.	74
VIII. DÉTAILS DE CONSTRUCTION DES LOCOMOTIVES.	78
IX. FREINS CONTINUS. LEUR APPLICATION AUX TRAINS DE MARCHANDISES.	87

GRANDE-BRETAGNE

LOI DE 1887 SUR LES MINES DE HOUILLE

NOTICE ET TRADUCTION

Par M. L. AGUILLON, ingénieur en chef des mines.

Le législateur anglais vient d'édicter, à la date du 16 septembre 1887, une nouvelle loi, en quatre-vingt-quatre articles, sur l'exploitation des mines de houille. C'est la huitième (*) rendue sur ce sujet depuis la loi de lord Ashley du 10 août 1842, par laquelle, pour la première fois, le Parlement se décida à imposer quelques prescriptions, bien timides au début, à l'absolue liberté dont avait joui jusqu'alors l'exploitant de mines anglais. La nouvelle loi de 1887 abroge toute la législation antérieure, et constituera à elle seule le nouveau Code pour

(*) Le texte complet de toutes les lois anglaises relatives à la police des mines a été publiée dans les *Annales des mines*, savoir :

L. 10 août 1842, partie administrative,	1854,	p. 103.
L. 14 août 1850,	—	1854, p. 112.
L. 14 août 1855,	—	1858, p. 65.
L. 28 août 1860,	—	1873, p. 242.
L. 7 août 1862,	—	p. 197.
L. 10 août 1872,	—	p. 41.
L. 25 juin 1886, 8 ^e série, t. X,	1886,	p. 449.

V. la note suivante sur une loi du 41 août 1881.

la police de l'exploitation des mines de houille et des autres substances assimilées légalement à la houille (*). A vrai dire, la loi de 1887 n'est qu'une reproduction, modifiée seulement dans les règles de détail de l'application, de la grande loi de 1872 en soixante-seize articles. Non seulement les principes fondamentaux des deux lois restent les mêmes, mais leur économie générale n'est pas changée, et un grand nombre d'articles restent inaltérés. Il aurait pu suffire au législateur anglais, comme il l'avait fait par la loi du 25 juin 1886, d'abroger quelques articles de la loi de 1872 et de substituer un nouveau texte à celui de divers autres passages ; il a préféré, suivant son habitude, refaire la loi d'un bout à l'autre. Cette facilité du législateur anglais, de cette contrée des traditions par excellence, à refondre incessamment et en entier d'aussi grandes lois dès qu'il croit utile de les modifier sur quelques points, la rapidité relative avec laquelle il aboutit dès qu'il en a pris la résolution, ne laissent pas d'étonner quand on compare cette pratique à celle de pays qui poussent le culte des vieux textes jusqu'au respect scrupuleux du numérotage de lois même courtes, et qui mettent des années à réaliser la moindre réforme législative, alors même que tout le monde est d'accord sur sa nécessité.

Les principes généraux du droit minier anglais sont aujourd'hui assez connus en France et assez familiers, en

(*) A la série ci-dessus citée des lois applicables aux mines de houille et par suite aux mines de substances assimilées, il y aurait lieu de joindre, en ce qui concerne spécialement une des catégories de mines de ces dernières substances, une loi du 11 août 1881 (44 et 45 Vict., ch. 26) dont il n'a pas encore été fait mention dans les *Annales*. Cette loi a eu exclusivement pour objet de donner au secrétaire d'Etat le droit de dispenser les mines de fer en couche de la formation liasique de l'obligation, stipulée dans la règle générale 8 de la loi de 1872, de n'introduire et détenir dans la mine de la poudre ou autres explosifs qu'en cartouches.

particulier, aux lecteurs des *Annales des mines* pour qu'il soit utile de les rappeler ici. On sait, notamment, que toutes les lois anglaises faites jusqu'ici en matière de mines ne sont que des lois de police rendues exclusivement en vue de prévenir les accidents des personnes qui y sont occupées, d'assurer leur sécurité et en vue de régler certains rapports entre employeurs et employés. Tout ce qui touche, en Angleterre, au droit même de la propriété des mines et de ses démembrements, aux relations avec la surface, n'a jamais été réglé par le législateur et reste entièrement en dehors du domaine de l'administration; tout découle du droit coutumier commun anglais, de la *common law*, et se règle comme pour les propriétés terriennes ordinaires.

Ce que nous venons de dire de la loi de 1887 comparée à celle de 1872, nous a même porté à penser qu'il serait inutile de refaire l'exposé des principes particuliers sur lesquels repose la législation de police spéciale constituée par ces textes et de rappeler leur économie générale. Il nous a paru qu'après l'excellente notice dont M. l'ingénieur Amiot avait fait précéder la traduction de la loi de 1872 et tous les travaux publiés depuis cette date sur la législation des mines en Angleterre, il nous suffisait d'indiquer, avant de donner la traduction complète de la loi de 1887 (*), les différences qu'elle présente avec celle de 1872. Cette comparaison permettra de mieux comprendre les motifs, la nature et la portée des modifications introduites dans la législation des mines en Angleterre.

La loi de 1887 s'applique exactement aux mêmes mines

(*) Afin de garder, dans la traduction française, la similitude des textes anglais de 1872 et de 1887, nous nous sommes efforcés de conserver, autant que possible, la traduction même, au reste excellente, donnée par M. Amiot. Dans les parties nouvelles nous avons cherché comme lui à suivre mot à mot le texte anglais, sans nous laisser rebuter par ses infinies répétitions.

que celle de 1872 (art. 3 des deux lois), à savoir les mines de houille et celles des substances assimilées, qui sont : le minerai de fer en couche, le schiste argileux et l'argile réfractaire. Rien n'a été, jusqu'ici, modifié dans la législation de l'autre catégorie des mines, dite des mines métalliques, dont l'exploitation continue à rester soumise à une loi de 1872 (*), rendue en même temps que la loi sur les mines de houille.

Le texte de la loi de 1887 se trouve partagé dans les trois mêmes parties que présentait le texte de la loi de 1872, et chacune de ces parties dans les deux lois est subdivisée entre les mêmes titres.

PREMIÈRE PARTIE

Cette première partie traite, on le sait, des sujets les plus divers. Dans chacune des neuf divisions, qui sont restées les mêmes dans les deux lois, il y a lieu de relever des modifications plus ou moins importantes, sauf en ce qui concerne la division d'une mine en parties distinctes (art. 19, L. 1887; art. 25, L. 1872), pour laquelle les deux textes restent identiques (**).

Je passerai en revue ces modifications, en suivant l'ordre des matières, qui est le même dans les deux lois.

Travail des jeunes garçons, des jeunes filles et des femmes. — La loi de 1887 a supprimé les dispositions des

(*) M. Amiot a donné la traduction de cette loi, avec notice préalable, à la suite de sa traduction de la loi sur les mines de houille.

(**) Je signale pour mémoire entre ces deux articles cette différence que la loi de 1872 ne mettait en action, dans l'application de cette disposition, que le propriétaire ou le gérant, tandis que celle de 1887, plus conforme en cela à l'esprit général de la nouvelle législation, dit : le propriétaire, le gérant et le directeur.

articles 8, 9, 10 et 11 de la loi de 1872 relatives à l'instruction des enfants employés dans les mines, comme étant inutiles par suite de la législation générale sur l'instruction des enfants; mais elle a conservé le principe (art. 10, L. 1887; 12, L. 1872) de la possibilité de retenues sur les salaires des enfants pour payer les rétributions scolaires qui leur incombent.

La loi de 1887 a fait disparaître la possibilité d'exemption, prévue par l'article 5 de la loi de 1872, en vue d'occuper souterrainement, dans certaines mines à couches de faible puissance, des garçons de dix à douze ans, et le droit d'occuper au jour des garçons ou filles de cet âge. Désormais, dans toutes les mines, tant au jour qu'au fond, des enfants ne pourront être occupés qu'après douze ans. Toutefois, par mesure transitoire, les enfants de dix à douze ans actuellement employés pourront être conservés (art. 52, L. 1887). La durée du travail au jour des enfants des deux sexes et des femmes (*) a été atténuée, particulièrement pour les enfants de douze à treize ans.

Salaires. — Parmi les dispositions relatives aux salaires, il y a deux innovations à signaler.

La dispense que, d'après la loi de 1872 (art. 17), le secrétaire d'État pouvait accorder discrétionnairement à la règle du paiement des salaires au poids de la substance abattue, se trouve beaucoup plus étroitement limitée par la loi de 1887. D'après l'article 12, le secrétaire d'État ne peut accorder pareille dispense que sur demande pré-

(*) Un parti considérable avait réclamé en Angleterre l'interdiction de l'emploi des femmes aux travaux du jour; la majorité du Parlement, d'accord avec le gouvernement, a refusé d'accepter cette innovation qui paraissait inspirée par le désir de provoquer une hausse des salaires des ouvriers des mines par l'exclusion de la concurrence de la main-d'œuvre féminine.

sentée à la fois par l'exploitant et les ouvriers, et il ne peut l'accorder que pour des mines n'occupant pas plus de trente ouvriers souterrainement.

La seconde modification n'est pas, à proprement parler, une innovation, puisqu'elle consiste à avoir inséré dans la nouvelle loi les dispositions sur le contrôleur de pesage qui avaient été introduites dans la législation anglaise par la loi de 1886 (*). Mais il n'est pas sans intérêt de mentionner que, sans rien changer au rôle et aux attributions de cet agent, la loi de 1887 a tenu à insister explicitement sur l'interdiction qui lui est faite, à peine d'encourir le renvoi, de sortir de ses attributions de simple constatateur, notamment en se mettant en relation avec les ouvriers ou en intervenant dans la direction de la mine.

Puits uniques. — La nouvelle loi a donné encore plus d'importance aux dispositions sur les puits ou issues multiples, introduites dans la législation anglaise avec la loi spéciale de 1862 à la suite de l'accident de Hartley, de trop lugubre mémoire. La distance minimum entre les deux puits ou issues, pour les installations nouvelles, est portée de 3 mètres à 13^m,50 (art. 16). Parmi les causes admissibles d'exemption à la clause des issues multiples, on a fait disparaître, à l'article 18 de la nouvelle loi, celles mentionnées à l'article 22 de la loi de 1872 (2^o, b) pour une mine non grisouteuse dont le puits aurait un revêtement de pierre, de brique ou de fer.

Certificats de directeurs. — Une des grandes innovations de la loi de 1887 consiste dans la création d'une seconde classe de certificats destinée à des sous-directeurs;

(*) Nous avons particulièrement signalé ces dispositions dans une notice dont nous avons fait précéder la loi de 1886 (*Annales des mines, loc. cit.*).

ces certificats, d'après les indications de l'article 25, semblent avoir été créés pour être plus spécialement à la portée des ouvriers. Il est à remarquer que si, comme par le passé, toute mine doit avoir un directeur muni d'un certificat, et, aujourd'hui, d'un certificat de 1^{re} classe, aucune prescription n'oblige à avoir nécessairement un sous-directeur avec certificat de 2^e classe. Cette innovation ne répond donc pas complètement peut-être aux réclamations présentées depuis longtemps déjà par le parti ouvrier, dont les représentants demandaient que les agents subalternes, tels que les maîtres-mineurs ou agents subordonnés au directeur pour la surveillance immédiate de la mine, fussent nécessairement munis d'un certificat approprié (*).

Les certificats de l'une ou l'autre classe se délivreront en principe comme par le passé, d'après des examens. Toutefois, comme la loi de 1872 l'avait fait lors de l'institution des certificats de directeurs, la loi de 1887 prévoit, pour les certificats de sous-directeurs (art. 80), que le certificat normal de capacité délivré après examen pourra être remplacé par un certificat de service, qui sera donné sans examen à certaines personnes justifiant de certaines conditions d'emploi au moment de la promulgation de la nouvelle loi. C'est une mesure transitoire, qui s'explique comme celle de 1872 pour les certificats de directeurs; pour ceux-ci, le certificat de service de la loi de 1872 a très rationnellement disparu dans la nouvelle loi. Il est à souhaiter que les certificats de service des sous-directeurs ne donnent pas lieu à des difficultés analogues à celles

(*) Dans notre Rapport de mission en Angleterre, après avoir signalé (p. 19) l'organisation du personnel des mines anglaises, nous avons prémuni contre les illusions que peuvent susciter ces certificats et ces directeurs à certificat responsables. Bien souvent les agents responsables en droit ne font que couvrir les ingénieurs responsables en fait (p. 25-26, *loc. cit.*). Sous ce rapport il n'y a rien de changé dans la nouvelle législation.

engendrées jadis par les certificats de service des directeurs. (V. Pernolet et Aguillon, *Rapport de mission*. Angleterre, p. 19).

Il convient de noter la nouvelle disposition qui figure à l'article 23, § 1, suivant laquelle aucun certificat de l'une ou l'autre classe ne peut être délivré à qui n'a pas cinq ans d'expérience pratique dans une mine.

Signalons aussi que les représentants des ouvriers qui sont appelés à faire partie du comité d'examen de district pourront être pris désormais (art. 23, § 2, *b*) parmi les anciens ouvriers du district comme parmi les ouvriers actuels (*).

Comptes rendus, plan, avis et abandon des mines. — Si, dans les dispositions (art. 33 à 38) qui sont comprises dans ce titre il n'y a pas à citer de modifications bien importantes, on y retrouve néanmoins, en maints endroits, par des règles de détail, des applications d'un des principes qui paraissent bien avoir inspiré la refonte de la législation, à savoir l'accroissement de l'intervention de l'État à l'encontre de la liberté individuelle de l'exploitant, de plus en plus étroitement réglementé. C'est ainsi que (art. 33), alors qu'autrefois le secret devait être scrupuleusement gardé sur toute déclaration individuelle de l'exploitant, il ne le sera plus désormais que pour son extraction, tous les autres éléments de sa déclaration pourront être publiés à part sans être confondus dans des totaux par comté ou district. C'est ainsi encore (art. 34) que le plan de la mine doit être mis à jour tous les trois mois au moins au lieu de tous les six mois, et que l'inspecteur a désormais le droit de prendre copie du plan qu'il ne pouvait que consulter jadis.

(*) C'est ici seulement que la loi vise les anciens ouvriers; elle les écarte, comme nous le dirons, des fonctions de délégués à la visite de la mine pour le compte des ouvriers.

Je mentionnerai, enfin, la disposition de l'article 35, qui oblige l'exploitant, après un accident, à laisser les lieux en état, à moins de motifs supérieurs, jusqu'à l'arrivée de l'inspecteur, ou tout au moins pendant le temps nécessaire à son arrivée.

Inspection. — Les modifications dans les dispositions actuellement en vigueur sur l'inspection et les inspecteurs sont à peu près insignifiantes. On ne peut, en effet, que passer sur des innovations telles que celles de l'article 33, § 1, qui exige que, à qualités égales, l'inspecteur du pays de Galles parle le gallois (*), ou de l'article 41, 3°, qui charge l'inspecteur de veiller sur les soins et le traitement des chevaux et autres animaux occupés dans la mine. Si nous ne mentionnons pas comme innovation les dispositions fort importantes, au contraire, de l'article 45 sur les enquêtes approfondies (*formal investigations*) qui ne figuraient pas dans la loi de 1872, c'est que ces dispositions ne sont que la reproduction de celles de la loi de 1886 (**), avec cette différence que, d'après cette loi, l'enquêteur devait être nécessairement l'inspecteur du district, tandis que, d'après le nouveau texte, il peut être, au choix du ministre, une personne compétente quelconque.

Arbitrages (art. 47). — Sur la procédure des arbitrages qui jouent un rôle si capital dans la réglementation des mines anglaises, il n'y a lieu de signaler que la disposition nouvelle du § 15, édictée en vue d'abréger la durée

(*) C'est une concession faite à un parti nombreux qui demandait, en faveur des ouvriers, que la connaissance du gallois fut obligatoire pour l'inspecteur du pays de Galles.

(**) Nous avons signalé la nature et la portée de cette nouvelle procédure dans la notice dont nous avons fait précéder la loi de 1886.

et de diminuer les frais de la procédure, d'après laquelle l'instruction doit se poursuivre simultanément devant les arbitres et le tiers arbitre, quand bien même celui-ci pourrait ne pas être appelé à intervenir.

La loi de 1872 n'avait rien spécifié relativement aux qualités requises pour être arbitre; la loi de 1887 (art. 47, 15°) limite, au contraire, assez étroitement le choix des arbitres et du tiers arbitre; mais, d'après la disposition de ce paragraphe, ce choix n'est pas d'ordre public, et il appartient seulement à l'une des parties de disqualifier un arbitre qui ne satisfait pas aux conditions prescrites avant que la sentence ne soit rendue; sinon, la sentence est définitive.

Coroners. — En ce qui concerne les enquêtes des coroners, la loi de 1887 ne modifie la loi de 1872 qu'en y introduisant la disposition de la loi de 1886 relative au droit des ouvriers et autres intéressés de prendre part à l'enquête.

DEUXIÈME PARTIE

RÈGLEMENTS.

La deuxième partie de la loi de 1887 (art. 49 à 58) comprend, comme dans la loi de 1872, trois sections, dont les deux premières concernent respectivement ce que l'usage a fait désigner, en France, sous les appellations de *Règlement général* et de *Règlements particuliers de mines*, et ce qui est si connu et joue un si grand rôle en Angleterre sous le nom de *General rules* et *Special rules*. En ce qui concerne les règlements particuliers ou *Special rules*, ainsi que l'affichage des règlements dont s'occupe la troisième section de cette seconde partie, les modifications de la nouvelle loi, lorsqu'elle en introduit, ont si peu

d'importance que nous croyons pouvoir les passer sous silence (*).

Au contraire, les *General rules* réunies dans l'article 49 (41 de la loi de 1872) sont incontestablement la partie de la législation qui a subi les changements les plus importants et les plus considérables. Il s'agit ici, on le sait, des règles techniques qui doivent être suivies dans toute exploitation en vue d'éviter les accidents. La transformation de ces règles est la conséquence évidente des travaux de la grande commission d'enquête qui avait fonctionné pendant sept ans, depuis 1879 (**); ce sont ces conclusions que le législateur anglais s'est appropriées et a fait passer dans la pratique de la réglementation. Il serait difficile, sans se lancer dans des développements exagérés, de signaler les différences nombreuses et capitales que présentent les trente-neuf règles actuelles par rapport aux trente et une règles anciennes. Nous sommes obligé de renvoyer au texte même, en nous bornant à attirer ici l'attention sur les points nouveaux les plus saillants, tels que : l'obligation de jaugeages anémométriques au moins mensuels (règle 1); l'interdiction de faire passer tout courant contaminé sur les foyers d'aérage (règle 2); l'obligation de mettre le jeu des ventilateurs à l'abri d'une explosion (règle 3); une réglementation beaucoup plus sévère dans la visite des chantiers avant et pendant le travail (règle 4); l'extension de l'em-

(*) L'article 53 de la loi de 1887, en reproduisant l'article 54 de la loi de 1872 y a bien ajouté un mot qui ne laisserait pas dans le système admis pour l'interprétation des lois en France d'avoir une grande importance. En effet, tandis que la loi de 1872 ne donnait droit à l'administration d'intervenir dans la rédaction des règlements particuliers qu'en égard à la sûreté (*safety*) des ouvriers, la loi de 1887 ajoute leur commodité (*convenience*).

(**) M. l'inspecteur général Lorieux a rendu compte (*Annales des mines*, 5^e série, t. X, p. 103), des résultats principaux de l'enquête de cette commission.

ploi obligatoire des lampes de sûreté dans un district reconnu grisouteux (règle 8); une prescription fort sévère sur le type des lampes de sûreté admissibles (règle 9) (*); une réglementation aussi complète que minutieuse et sévère du tirage à la poudre pour prévenir les inflammations de grisou et de poussières (règle 12) (**); les prescriptions sur les approvisionnements de bois dans la mine et la pose du boisage (règle 22); l'élévation de dix-huit à vingt-deux ans de l'âge du machiniste chargé d'assurer la circulation du personnel dans les puits (règle 24) (***) ; l'emploi obligatoire d'évite-molettes ou d'une vitesse très réduite pour la circulation du personnel (règle 26); l'obligation étendue à toute mine d'avoir un baromètre et un thermomètre (règle 33) (****); l'obligation de munir toute

(*) C'est au point qu'on peut se demander si les meilleures lampes actuellement connues, telles que les lampes à cheminée du type Muesler, ou les lampes à double tamis et cuirasses du type Marsaut pourraient satisfaire théoriquement, dans tous les cas, aux exigences de la règle 9.

(**) C'est surtout dans les longues et minutieuses prescriptions sur le tirage à la poudre que le législateur s'est approprié les conclusions de la commission d'enquête. Les poussières, quelles qu'elles soient, se trouvent officiellement déclarées en Angleterre à peu près aussi dangereuses que le grisou; l'école poussériste pourra s'en prévaloir comme d'un triomphe que d'autres pourront continuer à contester. La nouvelle loi paraît également reconnaître officiellement l'efficacité du bourrage à l'eau pour empêcher la production des flammes par certains explosifs et l'existence d'explosifs qui peuvent n'allumer ni le grisou ni les poussières. Si la nouvelle loi ne prohibe pas explicitement l'emploi de la poudre noire ordinaire dans les mines à grisou, elle paraît le condamner implicitement ou le rendre singulièrement difficile. Il sera extrêmement intéressant de voir les résultats que donnera dans la pratique une réglementation dont on doit reconnaître la hardiesse et la nouveauté.

(***) La prescription sur l'âge des machinistes ne figurait pas autrefois dans les *general rules*; elle se trouvait à l'article 14 de la loi de 1872 dans la section relative à l'emploi des enfants.

(****) Si la théorie de l'influence des variations barométriques et thermométriques sur le dégagement du grisou pouvait expliquer

mine de brancards pour le transport des blessés (règle 34); la possibilité pour toute personne intéressée ou autorisée par un intéressé à consulter les registres réglementaires et à en prendre copie (règle 37); la possibilité pour les ouvriers d'une mine de choisir en dehors d'eux, mais parmi d'autres ouvriers, les deux personnes qui peuvent, en leur nom et à leurs frais, inspecter la mine (règle 38) (*); enfin, la règle 39, sur certaines conditions d'apprentissage requises pour qu'un ouvrier puisse travailler isolément comme piqueur au front de taille (**).

Pour si minutieuse, si étendue et relativement si sévère que soit devenue la nouvelle réglementation technique, il n'échappera pas que le système sur lequel elle repose reste identiquement le même. L'action et les injonctions ou prohibitions éventuelles de la loi et du règlement ne se portent que sur le mode de conduite, dans le détail,

l'obligation faite anciennement à une mine grisouteuse d'avoir ces appareils, on ne se l'explique plus pour toutes autres mines; il semble y avoir là une renonciation officielle à l'influence du baromètre sur le dégagement du grisou.

(*) On n'ignore pas l'intérêt, tout au moins théorique, de cette clause, qui formait anciennement la règle générale 30 de la loi de 1872, puisqu'il semble que c'est elle qui a provoqué en France l'idée des délégués mineurs. Il conviendrait donc de faire remarquer que si, dans cette refonte de la législation anglaise, on a modifié l'ancienne règle, ça a été uniquement pour permettre aux ouvriers de choisir leurs délégués en dehors de la mine; mais ils ne doivent pas être d'anciens ouvriers, comme on paraît l'admettre chez nous pour les délégués mineurs; ils doivent être des ouvriers actuellement travaillant, *practical working miner*. Il n'a été fait une place éventuelle aux anciens ouvriers que dans les comités chargés de désigner les examinateurs pour la délivrance des certificats ainsi que nous l'avons relevé précédemment. Hors ce point, rien de modifié dans l'ancienne règle; la visite reste aux frais des ouvriers; et leurs délégués peuvent toujours être accompagnés par les agents de la mine.

(**) On a fait observer, non sans raison, que cette prescription restrictive de la liberté individuelle, ne ferait probablement que susciter dans la pratique des difficultés de toutes sortes pour son application.

des travaux d'exploitation. Mais, comme par le passé, l'exploitant anglais conserve la plus entière liberté, hors de toute intervention possible de l'administration (*), pour tout ce qui concerne l'assiette même des travaux d'aménagement et le choix d'une méthode d'exploitation (**).

TROISIÈME PARTIE

La troisième partie de la loi qui traite, dans une première section, des sanctions pénales, et dans une seconde, de mesures d'ordre diverses, n'est, en somme, que la reproduction, sinon toujours dans les termes, au moins dans le fond, de la loi de 1872. Nous n'avons à mentionner qu'une disposition qui ait quelque nouveauté, c'est celle de l'article 74, qui applique aux bâtiments des mines, à la surface les dispositions de l'article 38 de la loi de 1875 sur la santé publique. En vertu de ces dispositions, l'autorité locale peut enjoindre l'établissement de cabinets d'aisances ou d'urinoirs distincts pour chaque sexe, avec sanction pénale élevée en cas de refus ou de retard.

L'exposé que nous venons de faire des modifications introduites dans la législation actuelle par la loi de 1887,

(*) On ne peut citer que deux sortes de prescriptions qui atteignent l'exploitant anglais à cet égard : celle déjà ancienne relative aux doubles puits ou issues; et celle nouvelle qui interdit l'envoi d'un air contaminé sur un foyer d'aéragé.

(**) Nous avons eu occasion de faire déjà remarquer ailleurs (*Rapport de mission à la Commission de grisou*, Angleterre, p. 28 et suiv.) qu'à la rigueur le texte de l'article 42 (anciennement 44 dans la loi de 1872) pourrait autoriser l'intervention de l'administration dans ces matières, mais qu'une pareille interprétation avait toujours été et continuera vraisemblablement à être considérée comme inadmissible en Angleterre.

est de nature à montrer les motifs et la portée de ces changements. Le parti ouvrier, si puissamment représenté dans le pays et le Parlement, a de nouveau obtenu satisfaction, au moins partielle, sur un certain nombre de ses réclamations; telles sont, notamment, les dispositions relatives à l'emploi des enfants et des femmes, au contrôleur de pesage, aux certificats des sous-directeurs, etc. D'autre part, en vue de prévenir les accidents, la liberté de l'exploitant et, parfois, celle des ouvriers, a été restreinte par de nouvelles dispositions réglementaires de plus en plus étendues, minutieuses et sévères, bien que toujours conçues dans le même esprit général.

Enfin, l'action de l'administration sur l'exploitant, avec une même organisation générale, s'étend encore et devient plus puissante. La loi de 1887 représente donc un nouveau pas en avant, par rapport aux lois antérieures, dans la restriction à ces divers points de vue de la liberté de l'exploitant, jadis illimitée, et de plus en plus restreinte aujourd'hui, au moins dans les détails. On ne laisse pas d'être surpris du chemin fait en Angleterre, dans cette direction, en moins d'un demi-siècle.

LOI DE 1887 SUR LA RÉGLEMENTATION DES MINES DE HOUILLE

(COAL MINES REGULATION ACT, 1887)

[50 et 51 Vict., ch. 58.]

TABLE DES ARTICLES

DISPOSITIONS PRÉLIMINAIRES.

Articles

1. Titre abrégé.
2. Mise en vigueur de la loi.
3. Mines auxquelles la loi s'applique.

PREMIÈRE PARTIE.

Travail des jeunes garçons, des jeunes filles et des femmes.

Articles

4. Interdiction d'employer souterrainement les jeunes garçons au-dessous de 12 ans, les jeunes filles et les femmes.
5. Durée de l'emploi des jeunes garçons au-dessus de douze ans dans les travaux souterrains.
6. Prescriptions sur l'emploi dans les travaux souterrains des jeunes garçons entre douze et seize ans.
7. Travail des jeunes garçons, des jeunes filles et des femmes à la surface.
8. Registre à tenir des jeunes garçons, des jeunes filles et des femmes occupés.
9. Pénalités pour l'emploi de personnes en contravention avec la loi.
10. Retenues sur les salaires pour les rétributions scolaires.

Salaires.

11. Interdiction du payement des salaires dans les débits, etc.
12. Payement des salaires d'après le poids.
13. Désignation et renvoi du contrôleur de pesage par les ouvriers.
14. Rémunération du contrôleur de pesage.
15. Application de la loi des poids et mesures aux poids, etc., employés dans les mines.

Puits uniques.

16. Interdiction des puits uniques.
17. Nullité des conventions contraires.
18. Exceptions aux prescriptions sur les puits.

Division d'une mine.

19. Division d'une mine en quartiers.

Certificats de directeurs.

20. Désignation d'un directeur par mine.
21. Inspection quotidienne de la mine par le directeur ou le sous-directeur.
22. Incompatibilités pour les fonctions de directeur et de sous-directeur.
23. Constitution de la commission chargée de désigner les examinateurs pour la délivrance des certificats de capacité aux directeurs et sous-directeurs.
24. Fonctionnement et pouvoirs de la commission.
25. Règlements relatifs aux examens, établis par le secrétaire d'État.
26. Délivrance des certificats aux candidats après examen.
27. Enquête sur la capacité d'un directeur et annulation du certificat en cas d'incapacité.
28. Frais et dépenses de l'enquête.
29. Enregistrement de l'annulation d'un certificat; restitution du certificat dans certains cas.
30. Copie d'un certificat en cas de perte.
31. Dépenses et recettes relatives aux certificats.
32. Pénalités pour faux et déclarations mensongères en matière de certificats.

Comptes rendus, plans, déclarations et abandon de mines.

33. Comptes rendus des propriétaires, gérants ou directeurs de mines.
34. Tenue d'un plan au bureau de la mine.

Articles

35. Avis à donner des accidents de mine.
36. Avis à donner pour l'ouverture et l'abandon des mines.
37. Fermeture des mines abandonnées.
38. Envoi au secrétaire d'État des plans de mines abandonnées.

Inspection.

39. Nomination des inspecteurs des mines.
40. Incompatibilités avec les fonctions d'inspecteurs.
41. Pouvoirs des inspecteurs.
42. Avis donnés par les inspecteurs des causes de danger non prévues explicitement par les règlements.
43. Rapports annuels des inspecteurs.
44. Rapports spéciaux des inspecteurs.
45. Enquête approfondie ordonnée par le secrétaire d'État.
46. Publication des rapports.

Arbitrages.

47. Dispositions sur les arbitrages.

Coroners.

48. Dispositions sur les enquêtes des coroners en cas de mort par suite d'accident de mine.

DEUXIÈME PARTIE.

RÈGLEMENTS.

Règlement général.

49. Règlement général : aérage; stations d'aérage et inspection des conditions d'aérage, etc.; inspection de la machinerie, etc., au jour et au fond; fermeture des chantiers non occupés; retrait des ouvriers en cas de danger; emploi des lampes de sûreté en certains points; type des lampes de sûreté; inspection des lampes de sûreté; stations de rallumage; usage des explosifs dans les travaux souterrains; eaux, trous de sonde; signaux et niches d'évitement pour plans inclinés à traction mécanique; niches d'évitement pour les autres galeries; fermeture des vieux puits; fermeture des accrochages; soutènement des puits; soutènement des toits et des parois; boisage; choix de la circulation par le puits d'entrée d'air; présence du machiniste; signaux de puits; couverture de la cage; chaînes; glissement du câble sur le tambour; frein et indicateur; couverture des mécanismes; soupapes de sûreté et manomètres des chaudières; baromètre, etc.; brancards; dégâts volontaires; soumission aux ordres; registres et copies des registres; inspection périodique de la mine par les ouvriers.
50. Pénalités pour inobservation du règlement.

Règlements particuliers.

51. Règlement particulier à chaque mine.
52. Mise en vigueur de nouveaux règlements particuliers.
53. Opposition par le secrétaire d'État à des règlements particuliers.
54. Révision des règlements particuliers.

Articles

55. Fausses déclarations et oubli de transmission de règlements particuliers.
56. Copie certifiée de règlements particuliers destinée à faire preuve.

Publication d'extraits de la loi et des règlements particuliers.

57. Publication d'extraits de la loi et d'une copie des règlements particuliers.
58. Lacération et destruction d'avis.

TROISIÈME PARTIE.

DISPOSITIONS SUPPLÉMENTAIRES.

Poursuites légales.

59. Pénalités pour infractions à la loi.
60. Emprisonnement pour négligence volontaire causant danger de mort ou de blessures graves.
61. Procédure sommaire pour contraventions, amendes, etc.
62. Dispositions générales sur la procédure sommaire.
63. Appel aux sessions trimestrielles.
64. Responsabilité des parents ou tuteurs pour tromperie sur l'âge.
65. Poursuite des propriétaires, gérants, directeurs, etc.
66. Rapport sur les résultats des poursuites contre les ouvriers.
67. Procédure sommaire pour les infractions en Écosse.
68. Réserve pour les poursuites en vertu d'autres lois.
69. Incompatibilité du propriétaire de mine, etc., pour siéger en justice, etc., dans les affaires soulevées en vertu de la loi.
70. Emploi des amendes.

Divers.

71. Question de savoir si une mine est soumise à la loi.
72. Pouvoirs du secrétaire d'État pour donner ou révoquer des ordres.
73. Transmission des avis.
74. Application de la loi sur la santé publique.
75. Définition des mots.
76. Application de la loi à l'Écosse.
77. Application de la loi à l'Irlande.

Dispositions transitoires et abrogations.

78. Maintien des inspecteurs et des commissions d'examen actuels.
79. Maintien des certificats et registres actuels.
80. Délivrance de certificats de service à certains sous-directeurs.
81. Maintien des règlements particuliers actuels.
82. Réserve temporaire pour l'emploi de jeunes garçons et filles entre dix et douze ans.
83. Valeur des documents, etc., s'appuyant sur les lois abrogées.
84. Abrogation des lois antérieures.

CÉDULES.

**LOI, DU 16 SEPTEMBRE 1887, POUR CONFIRMER ET AMÉLIORER
LES LOIS SUR LES MINES DE HOUILLE DE 1872 ET 1886 ET LA
LOI SUR LES MINES DE FER EN COUCHE DE 1881.**

[Traduction.]

DISPOSITIONS PRÉLIMINAIRES

1. *Titre abrégé.* — La présente loi pourra être désignée sous le titre suivant : *Loi de 1887 sur la réglementation des mines de houille (Coal mines regulation act, 1887).*

2. *Mise en vigueur de la loi.* — La présente loi ne sera appliquée qu'au 1^{er} janvier 1888 ; c'est à cette date qu'il est fait allusion quand il est parlé, dans la présente loi, de sa mise en vigueur.

3. *Objet de la loi.* — La présente loi s'applique aux mines de houille, de minerai de fer en couche, de schiste argileux (*shale*) et d'argile réfractaire ; dans la présente loi, à moins d'indications contraires du texte, le mot *mine* signifie une mine à laquelle la présente loi s'applique.

PREMIÈRE PARTIE

Travail des jeunes garçons, des jeunes filles et des femmes.

4. *Interdiction d'employer souterrainement les jeunes garçons au-dessous de 12 ans, les jeunes filles et les femmes.* — Aucun garçon de moins de douze ans, aucune fille ou femme, de quel que âge qu'elle soit, ne pourra être employé souterrainement dans une mine, ni autorisé à s'y trouver pour y être employé.

5. *Durée de l'emploi des jeunes garçons au-dessus de 12 ans dans les travaux souterrains.* — Aucun garçon de 12 ans et au-dessus ne pourra être employé souterrainement, ni autorisé à se trouver pour être employé souterrainement, plus de 54 heures dans la semaine, ni plus de 10 heures dans un jour, ni autrement que dans les conditions fixées dans la présente loi pour le travail souterrain des enfants dans les mines.

6. *Prescriptions sur l'emploi des jeunes garçons dans les travaux souterrains.* — En ce qui concerne l'emploi des jeunes

garçons dans les travaux souterrains des mines, on se conformera aux prescriptions suivantes :

1) Il y aura un intervalle d'au moins huit heures entre le travail du vendredi et celui du samedi suivant, et dans les autres cas, d'au moins 12 heures entre deux postes de travail consécutifs ;

2) La durée du travail sera comptée depuis l'instant du départ de la surface jusqu'à l'instant du retour à la surface ;

3) La semaine commencera le samedi soir à minuit et finira le samedi soir suivant à minuit.

7. *Travail des jeunes garçons, des jeunes filles et des femmes à la surface.* — En ce qui concerne les jeunes garçons, les jeunes filles et les femmes employés aux travaux du jour dans les dépendances d'une mine, on observera les prescriptions suivantes :

1) Aucun garçon ou fille de moins de 12 ans ne sera employé à ces travaux ;

2) Aucun garçon ou fille de moins de 13 ans ne pourra être employé :

a) Plus de six jours dans la semaine ;

b) Plus de six heures dans un jour s'il est employé plus de trois jours dans la semaine ;

c) Ou dans les autres cas plus de 10 heures dans un jour ;

3) Aucun garçon ou fille de plus de treize ans, ni aucune femme ne peut être employé plus de 54 heures dans la semaine ni plus de 10 heures par jour ;

4) Aucun garçon, fille ou femme ne peut être employé entre neuf heures du soir et cinq heures du matin, ni le dimanche, ni le samedi après deux heures de l'après-midi ;

5) Il sera accordé un intervalle de 8 heures au moins entre la fin du travail le vendredi et le commencement du travail le samedi suivant, et, dans les autres cas, un intervalle de 12 heures au moins entre la fin du travail d'un jour et le commencement du travail suivant ;

6) Une semaine est réputée commencer à minuit le samedi soir et finir à minuit le samedi soir qui suit ;

7) Aucun garçon, fille ou femme ne sera employé d'une façon continue plus de 5 heures, sans un intervalle d'une demi-heure au moins pour le repas, ni plus de 8 heures dans un jour sans un intervalle ou des intervalles pour repas montant ensemble à une heure et demie au moins.

Les dispositions du présent article sur le travail des garçons,

filles et femmes après deux heures de l'après-midi le samedi, ne s'appliqueront pas aux mines d'Irlande aussi longtemps qu'exemption en sera accordée par ordre du secrétaire d'Etat.

8. *Registres à tenir pour le travail des garçons, filles et femmes.* — Le propriétaire, gérant ou directeur de toute mine, tiendra au bureau, sur la mine, un registre et y fera inscrire, dans la forme que le secrétaire d'Etat peut de temps en temps prescrire ou sanctionner : le nom, l'âge, la résidence et la date d'entrée de tous les jeunes garçons employés souterrainement, et de tous les garçons, filles et femmes employés au jour dans les dépendances de la mine ; il devra, sur la demande qui lui en serait faite, présenter le registre, à la mine et à toute époque raisonnable, à tout inspecteur agissant en vertu de la présente loi et à tout officier d'une commission scolaire ou d'un comité d'assiduité scolaire du district de la situation de la mine ; le dit inspecteur ou officier pourra l'examiner et en prendre copie.

Le patron immédiat de tout garçon, autre que le propriétaire, gérant ou directeur de la mine, devra, avant de le faire travailler souterrainement, en faire la déclaration au directeur ou à une personne désignée par celui-ci à cet effet.

9. *Pénalités pour l'emploi de personnes en contravention avec la loi.* — Quiconque violera ou manquera à exécuter, ou permettra à un autre de violer ou de manquer à exécuter les prescriptions de la présente loi sur le travail des garçons, filles ou femmes, ou sur la déclaration d'emploi des garçons, sera coupable d'une infraction à la présente loi. Dans le cas d'une telle violation ou inexécution, quel qu'en soit l'auteur, le propriétaire, le gérant et le directeur de la mine seront coupables chacun d'une infraction à la présente loi, excepté, à l'égard de chacun d'eux, s'il prouve qu'il a fait son possible, dans la mesure raisonnable, pour prévenir cette violation ou cette inexécution, en publiant les prescriptions de la présente loi et en leur donnant vigueur de son mieux.

10. *Retenues sur les salaires pour rétributions scolaires.* — Sur la demande écrite du principal maître d'une école primaire publique qui est suivie par un garçon ou une fille employé dans une mine ou ses dépendances, la personne qui paie le salaire du garçon ou de la fille devra, aussi longtemps qu'il emploiera le

garçon ou la fille, payer au principal maître de ladite école, pour toute semaine pendant laquelle le garçon ou la fille aura suivi l'école, la somme hebdomadaire spécifiée dans la demande, sans qu'elle puisse excéder 2 *pence* (20 cent.) par semaine et le douzième du salaire du garçon ou de la fille ; la somme ainsi payée sera déduite du salaire dû au garçon ou à la fille.

Quiconque, après une semblable demande, refusera de payer la somme pouvant être due, encourra une amende de 10 *shillings* au plus (12^f,50).

Salaires.

11. *Interdiction du paiement des salaires dans les débits (*).* — Aucun paiement de salaires à une personne employée dans une mine ou ses dépendances, ne se fera dans un cabaret, un débit, un lieu où il se vend des liqueurs, de la bière, du vin, du cidre ou toute autre boisson spiritueuse ou fermentée, un lieu d'amusement quelconque, un bureau, jardin ou local appartenant ou contigu à un établissement de ce genre, ou occupé par celui qui le tient.

Quiconque violera le présent article ou manquera à l'exécuter, ou permettra à un autre de le violer ou de manquer à l'exécuter, sera coupable d'une infraction à la présente loi ; et dans le cas d'une telle violation ou inexécution, quel qu'en soit l'auteur, le propriétaire, le gérant et le directeur de la mine seront coupables chacun d'une infraction à la présente loi, excepté, à l'égard de chacun, s'il prouve qu'il a fait son possible, dans la mesure raisonnable, pour prévenir cette violation ou cette inexécution, en publiant les prescriptions du présent article et en leur donnant vigueur par tous les moyens à sa disposition.

12. *Paiement des salaires d'après le poids.* — Si le salaire dû à une personne employée dans une mine dépend de la quantité de matière abattue par elle, le paiement sera réglé d'après le poids de cette matière, et celle-ci sera pesée exactement en un point aussi voisin de l'orifice des puits qu'il sera raisonnablement possible.

Il demeure entendu que ces dispositions n'empêchent pas le

(*) Les dispositions du présent article avaient été d'abord édictées exclusivement pour l'industrie des mines en vertu de la loi de 1872 ; mais une loi du 20 août 1883 avait étendu cette disposition à toutes les industries.

propriétaire, gérant ou directeur de la mine de convenir avec les personnes employées dans la mine, qu'il sera fait déduction des pierres ou matières autres que celles dont l'extraction a été convenue, envoyées au jour avec celles-ci ; de même, il pourra être stipulé des déductions portant sur les bennes, paniers ou caisses mal remplis, dans le cas où le chargement est fait par celui qui opère l'abatage, par son rouleur ou par une personne placée immédiatement sous ses ordres ; ces déductions seront fixées de la manière convenue entre le propriétaire, le gérant ou le directeur de la mine d'une part, et les personnes employées d'autre part, ou par une personne désignée à cet effet par le propriétaire, le gérant ou le directeur, ou (si un contrôleur de pesage a été établi comme il sera dit ci-après) par cette personne et le contrôleur de pesage, ou en cas de divergence par un tiers choisi simultanément par le propriétaire, le gérant ou le directeur d'une part et les personnes employées d'autre part, ou à défaut d'entente désigné par le président d'une cour de sessions trimestrielles dans le ressort de laquelle se trouve un puits de la mine.

Quiconque violera cet article ou manquera à l'exécuter, ou permettra à un autre de le violer ou de manquer à l'exécuter, sera coupable d'une infraction à la présente loi ; et dans le cas d'une telle violation ou inexécution par qui que ce soit, le propriétaire, le gérant et le directeur de la mine seront coupables chacun d'une infraction à la présente loi, à moins qu'il ne prouve qu'il a pris toutes les mesures raisonnables, en publiant l'article et en faisant de son mieux pour en assurer l'exécution, à l'effet de prévenir cette violation ou cette inexécution.

S'il est établi à la satisfaction du secrétaire d'Etat, dans le cas d'une mine ou d'une catégorie de mines, employant souterrainement 30 personnes au plus, qu'il convient que les personnes y employées soient, sur la demande simultanée du propriétaire ou des propriétaires et desdites personnes, payées d'une autre manière que celle stipulée dans la présente loi, le secrétaire d'Etat peut, s'il le juge bon, permettre par ordonnance, cette dérogation, soit sans conditions, soit pour le temps et aux conditions à stipuler dans l'ordonnance.

13. *Désignation et renvoi du contrôleur de pesage par les ouvriers.* — Les personnes qui sont employées dans une mine et payées d'après le poids de matière abattue par elles, peuvent, à leurs frais, placer une personne, désignée dans la présente

loi sous le nom de *contrôleur de pesage* (*cheick weigher*), à tout endroit indiqué pour le pesage de la matière, et à tout endroit indiqué pour évaluer les déductions, dans le but de tenir note, pour le compte de ceux qui l'ont choisi, des pesées de la matière ou de déterminer exactement les déductions appropriées.

Le contrôleur de pesage devra avoir toutes les facilités nécessaires à l'accomplissement de son mandat, y compris les facilités pour examiner et éprouver la machine à peser et vérifier la tare des bennes et wagons si c'est nécessaire ; et si les facilités appropriées ne sont pas données à un contrôleur de pesage, ainsi que l'exige le présent article, le propriétaire, le gérant et le directeur de la mine sont coupables chacun d'une infraction à la présente loi, à moins qu'il ne prouve avoir pris les mesures raisonnables pour assurer, de leur mieux, les dispositions du présent article.

Le contrôleur de pesage ne sera autorisé, en aucune façon, à gêner ou interrompre le travail de la mine, à se mêler au pesage, à intervenir avec les ouvriers ou dans la direction de la mine ; il aura seulement le droit de tenir compte des pesées ou de faire les déductions comme il a été dit ci-dessus ; l'absence du contrôleur de l'endroit pour lequel il est désigné, ne sera pas une raison pour interrompre ou différer le pesage ou la fixation des déductions audit endroit ; les opérations seront faites par la personne désignée à cet effet par le propriétaire, le gérant ou le directeur, à moins que le contrôleur absent n'eût été raisonnablement fondé à croire que le pesage ou la détermination des déductions, suivant le cas, ne devaient pas avoir lieu. Il doit être entendu que rien dans cet article ne doit empêcher un contrôleur de renseigner un ouvrier sur la quantité de matière abattue par lui ou sur le pesage, ou sur la machine à peser ou sur la tare des bennes ou wagons, ou sur les déductions ou sur toute autre matière dans les limites de ses fonctions de contrôleur, le tout, néanmoins, pourvu que le travail de la mine ne soit ni interrompu ni entravé.

Si le propriétaire, l'agent ou le directeur désire la révocation d'un contrôleur de pesage par le motif qu'il a gêné ou interrompu le travail de la mine, ou qu'il s'est mêlé au pesage, ou qu'il est intervenu avec l'un des ouvriers, ou dans la direction de la mine, ou a fait quelque chose au détriment du propriétaire, de l'agent ou du directeur hors de prendre note des pesées ou de déterminer les déductions, ou de donner les renseignements précités, le propriétaire, l'agent ou le directeur pourra porter

plainte devant une *cour de juridiction sommaire* (*court of summary jurisdiction*), qui, si elle est d'avis que le propriétaire, l'agent ou le directeur présente des motifs valables *primâ facie* pour la révocation, appellera le contrôleur pour défendre à la mesure.

A l'appel de la cause, la Cour entendra les parties, et, si elle pense, après l'instruction, que le propriétaire, le gérant ou le directeur a établi des motifs suffisants pour justifier la révocation du contrôleur, elle rendra un ordre sommaire pour la révocation; et le contrôleur sera, par suite, révoqué, mais sans préjudice pour la désignation d'un autre contrôleur à sa place.

La Cour peut dans chaque cas ordonner, quant aux frais de la procédure, ce qu'elle jugera convenable.

Si, par suite d'une dispense du secrétaire d'Etat, les personnes employées dans une mine sont payées d'après un mesurage ou un jaugeage de la matière abattue par elles, les prescriptions du présent article s'appliqueront en substituant au mot de *peser* ceux de *mesurer* et de *jauger*, et les mots relatifs au pesage seront modifiés en conséquence.

14. *Rémunération du contrôleur de pesage.* — Lorsqu'un contrôleur de pesage a été nommé par la majorité, établie par un vote, des personnes employées dans une mine qui sont payées d'après le poids de matières abattues par elles et qu'il a fonctionné en cette qualité, il peut recouvrer de toute personne occupée à ce moment à la mine et ainsi payée la quote-part due par cette personne des salaires ou de la rémunération du contrôleur, nonobstant qu'une des personnes par lesquelles le contrôleur a été nommé, ait quitté la mine et que d'autres y soient entrées depuis sa nomination, et nonobstant toute prescription de loi ou règle d'équité contraires.

Il est licite au propriétaire ou directeur d'une mine, lorsque la majorité, reconnue comme ci-dessus, des personnes sus-désignées, y consent, de retenir, nonobstant les prescriptions des lois relatives au *truck-system*, la contribution consentie par les personnes ainsi employées et ainsi payées, et de la remettre au contrôleur.

15. *Application de la loi des poids et mesures aux poids employés dans les mines.* — La loi de 1878 (41 et 42 Vict., ch. 49), sur les poids et mesures s'appliquera aux poids, balances, romaines et bascules employés dans une mine pour déterminer les

salaires dus à toute personne travaillant dans la mine d'après le poids de matière abattue par elle, comme elle s'applique aux poids, balances, romaines et bascules en usage dans le commerce.

Un inspecteur des poids et mesures, nommé en vertu de la loi précitée, devra, tous les six mois au moins, inspecter et examiner de la manière indiquée dans ladite loi, les poids, balances, romaines et bascules employés ou possédés par une personne pour les usages susdits dans une mine située dans son district; et il devra faire une pareille inspection et un semblable examen à toute autre époque, dans le cas où il aurait une cause raisonnable de croire qu'il y a en service dans une mine un poids, une balance, romaine ou bascule faux ou inexacts.

L'inspecteur devra aussi inspecter et examiner les jauges et mesures en usage dans les mines de son district; mais rien dans cet article n'interdit ou n'entrave l'usage des mesures et jauges habituellement employés dans la mine.

Un inspecteur peut, pour l'application du présent article, sans aucune autorisation d'un juge de paix, exercer dans une mine, en ce qui concerne les poids, mesures, balances, romaines et bascules employés ou possédés par une personne pour l'usage de ladite mine, tous les pouvoirs qu'il pourrait exercer avec l'autorisation écrite d'un juge de paix en vertu de l'article 48 de la loi de 1878 sur les poids et mesures, en ce qui concerne les poids, mesures, balances, romaines et bascules ci-dessus mentionnés; et toutes les dispositions dudit article, y compris les responsabilités et pénalités, s'appliqueront à une pareille inspection.

L'inspecteur des poids et mesures ne devra pas, en remplissant les devoirs qui lui incombent d'après le présent article, empêcher ou entraver le travail de la mine.

Puits uniques.

16. *Interdiction des puits uniques.* — A dater de la mise en vigueur de la présente loi, le propriétaire, gérant ou directeur d'une mine, n'y fera travailler personne et n'autorisera personne à s'y trouver pour travailler à moins d'avoir satisfait aux conditions suivantes sur les puits ou issues :

a) Il doit y avoir au moins deux puits ou issues en communication avec toute couche en exploitation, de telle sorte que ces puits ou issues offrent des moyens distincts d'entrée et de sortie

à la disposition des personnes employées dans cette couche, que les puits ou issues appartiennent à une même mine ou à plus d'une mine ;

b) Ces puits ou issues devront être éloignés d'au moins 15 yards (13^m,50) ; il y aura entre eux une communication d'au moins 4 pieds (1^m,20) de large et 3 pieds de haut (0^m,90), et au moins 4 pieds (1^m,20) de haut en cas de communications faites après la mise en vigueur de la présente loi ;

c) Des engins, appropriés pour la montée et la descente des personnes à chaque puits ou issue, seront tenus dans des dépendances de la mine ; et ces engins, lorsqu'ils ne seront pas actuellement employés aux puits et issues, devront être constamment prêts à être employés.

Tout propriétaire, gérant ou directeur d'une mine qui viole ou manque d'exécuter le présent article sera coupable d'une infraction à la loi.

Toute Cour royale supérieure, qu'une autre procédure ait été ou non entreprise, peut, sur la requête de l'attorney général, défendre par injonction le travail d'une mine où une personne travaille ou est autorisée à se trouver pour travailler en contravention au présent article ; la Cour fixera comme elle le jugera convenable les frais de l'instance ; le tout sans préjudice de tous autres moyens légaux propres à assurer l'exécution de la présente loi.

Avis écrit de l'intention de requérir pareille injonction par rapport à une mine sera donné au propriétaire, gérant ou directeur, dans un délai de dix jours au moins avant l'instance.

17. *Nullité des conventions contraires.* — Il ne pourra être interdit à personne, par aucune convention, de prendre toutes les mesures nécessaires pour assurer à une mine un second puits ou issue dans les cas où la présente loi l'exige ; il ne sera encouru ni pénalité ni dédit, en vertu d'aucun engagement, pour le fait d'avoir pris les mesures nécessaires pour assurer l'exécution de la présente loi en ce qui concerne les puits et issues.

18. *Exceptions aux prescriptions sur les puits.* — Les prescriptions de la présente loi, en ce qui concerne les puits ou issues, ne s'appliqueront point dans les cas suivants, savoir :

1) Dans le cas d'une nouvelle mine ouverte :

a) A tout travail ayant pour objet d'établir une communication entre deux ou plusieurs puits ;

b) A tout travail ayant pour objet la recherche ou l'essai du gîte,

Aussi longtemps que 20 personnes au plus seront employées à la fois au travail souterrain dans l'ensemble des différentes veines reliées à un seul puits ou issue ;

2) Dans le cas d'une mine reconnue, en vertu d'une dispense délivrée par le secrétaire d'État sur l'un des motifs suivants :

a) Que la quantité de matière reconnue n'est pas suffisante pour dédommager des frais qui seraient occasionnés par le fonçage ou le percement d'un second puits ou issue, ou par l'établissement d'une communication avec un second puits ou issue, dans le cas où cette communication existait et est devenue impraticable ;

b) Que les travaux dans une couche de la mine ont atteint la limite de la propriété ou l'extrémité du champ minier dont cette couche fait partie, et qu'il convient d'enlever les piliers laissés dans l'exécution des travaux, nonobstant que ce dépilage doive avoir pour effet d'interrompre la communication avec un des puits ou issues,

En tant que 20 personnes ou plus seront employées souterrainement à la fois dans l'ensemble des différentes couches en communication avec un seul puits ou issue ;

3) A toute mine :

a) Lorsqu'un puits est foncé ou une issue ouverte ;

b) Ou lorsque l'un des puits ou issues, par suite de quelque accident, est devenu impropre à la circulation des personnes employées dans la mine,

Aussi longtemps qu'elle est dispensée par ordre du secrétaire d'État et que les conditions, s'il y a lieu, indiquées dans ledit ordre sont ponctuellement observées. La prescription de la présente loi exigeant entre les deux puits ou issues d'une mine une distance d'au moins 15 yards (13^m,50) ne s'appliquera pas à toute mine munie de deux puits foncés avant le 1^{er} janvier 1865 et à cette date séparés par une distance d'au moins 40 pieds (3 mètres), ou dont le fonçage a été commencé avant la mise en vigueur de la présente loi avec une distance de plus de 40 pieds (3 mètres), mais de moins de 15 yards (13^m,50).

Les prescriptions précédentes de la présente loi relatives aux dimensions de la communication entre les deux puits ou issues ne s'appliqueront pas à toute mine ou à toute catégorie de mines aussi longtemps que dispense en sera accordée par ordre du secrétaire d'État par raison de la faible puissance des couches

ou autres occurrences affectant cette mine ou cette catégorie de mines, et aussi longtemps que les conditions qui auraient pu être fixées par l'ordre de dispense seront dûment observées.

Division d'une mine.

19. *Division d'une mine en plusieurs parties.* — Si une mine est divisée en deux ou plusieurs parties exploitées séparément, le propriétaire, le gérant ou le directeur peut le notifier par écrit à l'inspecteur du district, et chacune de ces parties sera, en ce qui concerne l'application de la présente loi, traitée comme une mine distincte.

Si le secrétaire d'État est d'avis que la division d'une mine conformément au présent article tend à éluder les prescriptions de la présente loi ou à nuire, en quelque façon que ce soit, à son exécution, il pourra s'opposer à cette division par un avis communiqué au propriétaire, au gérant ou au directeur; si celui-ci ne consent pas à se soumettre à cette opposition, il pourra, dans les vingt jours après la réception de l'avis, le faire connaître par une déclaration envoyée à l'inspecteur du district; la question sera alors résolue par des arbitres de la manière prescrite par la présente loi, et le jour où la susdite déclaration aura été reçue marquera la date du début de l'arbitrage.

Certificats de directeurs.

20. *Désignation d'un directeur de la mine.* — Toute mine est placée sous un directeur (*manager*) qui sera responsable du contrôle, de la conduite et de la direction de la mine; le propriétaire ou gérant de toute mine se désignera lui-même ou désignera une autre personne pour être directeur, et notifiera par écrit à l'inspecteur du district le nom et l'adresse du directeur.

Nul n'aura qualité pour être directeur d'une mine s'il n'est pourvu d'un certificat délivré et enregistré conformément à la présente loi.

Si une mine est exploitée plus de quatorze jours sans avoir un directeur comme l'exige le présent article, le propriétaire et le gérant seront passibles respectivement d'une amende s'élevant au plus à 50 *livres* (1.250 francs) augmentée de 10 *livres* (250 fr.) au plus par jour de durée de l'exploitation irrégulière.

Il est entendu que :

a) Le propriétaire n'encourt pas cette amende s'il prouve qu'il

a pris toutes les mesures raisonnables pour mettre le présent article à exécution et empêcher la mine d'être exploitée contrairement aux prescriptions dudit article;

b) Si, pour un motif raisonnable, une mine n'a point, à un moment donné, de directeur remplissant les conditions exigées par la présente loi, le propriétaire ou le gérant peut désigner comme directeur, sans qu'elle soit pourvue du certificat imposé aux directeurs par la présente loi, une personne compétente, pour deux mois ou pour le temps plus long qui doit s'écouler avant que cette personne ait l'opportunité d'obtenir dans le district, après examen, le certificat exigé de la présente loi; le propriétaire ou le gérant notifiera par écrit à l'inspecteur du district le nom et l'adresse du directeur et le motif de sa désignation;

c) Une mine dans laquelle trente personnes au plus sont employées souterrainement sera dispensée des prescriptions du présent article, à moins que l'inspecteur du district, par avis écrit adressé au propriétaire ou gérant, ne réclame de mettre la mine sous le contrôle d'un directeur.

21. *Inspection quotidienne de la mine par le directeur ou le sous-directeur.* — Dans toute mine qui, d'après la présente loi, doit être sous le contrôle d'un directeur pourvu d'un certificat, une surveillance personnelle quotidienne devra être exercée soit par le directeur, soit par un sous-directeur (*under-manager*) nommé par écrit par le propriétaire ou le gérant.

Toute personne ainsi désignée doit être pourvue d'un des certificats de première ou de seconde classe définis dans la présente loi; elle aura, en l'absence du directeur, la même responsabilité et sera soumise aux mêmes obligations que celles stipulées pour les directeurs dans la présente loi; mais la nomination d'un sous-directeur ne dégage pas la responsabilité personnelle du directeur établie par la présente loi.

22. *Incompatibilités pour les fonctions de directeur et de sous-directeur.* — L'entrepreneur de l'exploitation ou toute personne employée par cet entrepreneur ne peut être choisi pour le poste de directeur ou de sous-directeur.

23. *Constitution du comité chargé de désigner les examinateurs pour la délivrance de certificats de capacité aux directeurs et sous-directeurs.* — Il y aura deux sortes de certificats de capacité

d'après la présente loi : 1° des certificats de première classe ou certificats de capacité pour être directeur; 2° des certificats de seconde classe ou certificats de capacité pour être sous-directeur; personne ne pourra être pourvu d'un certificat sans avoir acquis une expérience pratique dans une mine pendant cinq ans au moins.

Pour la délivrance, dans un district du Royaume-Uni, suivant une division qui pourra être remaniée de temps en temps par un ordre du secrétaire d'État, des certificats de capacité aux fins de la présente loi, des examinateurs seront désignés par un comité ainsi composé :

- a) Trois personnes propriétaires de mines dans le district;
- b) Trois personnes employées ou qui ont été employées dans ou pour une mine dudit district et n'étant ni propriétaires, gérants ou directeurs d'une mine;
- c) Trois personnes exerçant dans le district comme ingénieurs, gérants ou directeurs de mines, ou surveillants supérieurs (*coal viewers* (*));
- d) Un inspecteur institué en vertu de la présente loi.

Les membres du comité sont nommés et peuvent être révoqués par le secrétaire d'État; ils restent en fonctions à sa volonté.

24. *Fonctionnement et pouvoirs du comité.* — Chaque comité fonctionnera conformément aux règles contenues dans la cédule I de la présente loi.

Il désignera de temps en temps des examinateurs qui ne pourront, sauf le consentement du secrétaire d'État, être membres du comité, pour procéder dans le district aux examens des candidats aux certificats de capacité; il pourra de temps en temps faire, modifier et rapporter les règles relatives à la conduite de ces examens et aux conditions à remplir par les candidats, de telle sorte, toutefois, qu'à tout examen on ait égard aux connaissances nécessaires à l'exploitation pratique des mines du district, et que l'examen et les conditions pour les candidats aux certificats de seconde classe soient appropriés à des ouvriers mineurs travaillant effectivement.

Chaque comité adressera de temps en temps au secrétaire d'État un rapport sur ses opérations et sur toutes autres questions que le secrétaire d'État pourrait de temps en temps lui soumettre.

(*) Le *coal viewer* est un agent supérieur au directeur (*manager*), qui correspond sensiblement au gérant (*agent*) ou au *mining engineer*.

25. *Règlements relatifs aux examens établis par le secrétaire d'État.* — Le secrétaire d'État pourra de temps en temps faire, modifier et rapporter les règles relatives aux lieux et temps des examens pour les candidats aux certificats de capacité, au nombre et à la dénomination des examinateurs, aux droits à payer par les candidats, sans que ces droits puissent dépasser ceux indiqués dans la cédule II de la présente loi. Chacun de ces règlements devra être observé par le comité auquel il s'applique.

26. *Délivrance des certificats aux candidats après examen.* — A tout candidat que les examinateurs auront déclaré avoir subi l'examen d'une façon satisfaisante et avoir donné une preuve satisfaisante de sa tempérance, de son expérience, de son aptitude et de sa bonne conduite en général, le secrétaire d'État délivrera le certificat de capacité que le cas comporte. Le certificat sera de la forme que le secrétaire d'État fixera de temps en temps.

Un registre des possesseurs de ces certificats sera tenu par telle personne et de telle manière que le secrétaire d'État fixera de temps en temps.

27. *Enquête sur la capacité d'un directeur et annulation du certificat en cas d'incapacité.* — Si un secrétaire d'État est informé à quelque époque que ce soit, par un inspecteur, ou de toute autre manière, qu'un directeur ou sous-directeur pourvu d'un certificat est, par incapacité ou négligence grossière, impropre à remplir ses fonctions, ou a été convaincu d'infraction à la présente loi, le secrétaire d'État pourra, s'il le juge bon, provoquer une enquête sur la conduite du directeur ou du sous-directeur; en ce qui concerne cette enquête, on observera les prescriptions suivantes :

1) L'enquête sera publique et faite, à tel lieu que le secrétaire d'État aura désigné, par un juge d'une cour de comté, un magistrat de la police métropolitaine, un magistrat rétribué, par une ou plusieurs autres personnes, le tout suivant décision du secrétaire d'État, avec ou sans l'assistance d'un ou plusieurs assesseurs qui peuvent être nommés par le secrétaire d'État;

2) Avant le commencement de l'enquête, le secrétaire d'État notifiera au directeur ou au sous-directeur la plainte qui donne lieu à enquête;

3) Le secrétaire d'État désignera une personne chargée de soutenir ladite plainte;

4) Le directeur ou sous-directeur peut suivre l'enquête par lui-même, ou par un conseil, un *solicitor* (avoué) ou tout autre mandataire; il peut, s'il le juge bon, déposer sous serment et être interrogé comme un témoin ordinaire;

5) La personne ou les personnes chargées de procéder à l'enquête, et désignées dans la présente loi par l'expression : le *conseil d'enquête (court)*, enverront au secrétaire d'État, après la clôture de l'enquête, un rapport contenant le détail des faits de la cause, l'opinion du conseil, le compte rendu ou des extraits des témoignages selon que le conseil jugera bon;

6) Le conseil aura le pouvoir d'annuler ou de suspendre le certificat du directeur ou sous-directeur, s'il trouve que celui-ci, par incapacité ou négligence grossière, ou pour avoir été convaincu d'infraction à la présente loi, est impropre à remplir ses fonctions;

7) Le conseil pourra, s'il le juge bon, enjoindre à un directeur ou sous-directeur de lui remettre son certificat; si le directeur ou sous-directeur manque, sans cause jugée valable par le conseil, à se conformer à cette injonction, il sera passible d'une amende qui ne pourra excéder 100 livres (2.500 francs); le conseil gardera le certificat qui lui aura été ainsi remis jusqu'à la fin de l'enquête, et pourra alors le rendre, l'annuler ou le suspendre suivant le jugement rendu dans l'affaire;

8) Le conseil aura en vue de l'enquête tous les pouvoirs d'une cour de juridiction sommaire et tous ceux d'un inspecteur institué en vertu de la présente loi;

9) Le conseil peut aussi, par assignations signées par lui, requérir la présence de toutes personnes qu'il jugerait bon de citer et d'interroger en vue de l'enquête; toute personne ainsi assignée recevra l'indemnité allouée à un témoin comparaisant *sub pœnâ* devant une *court of record*; en cas de contestation sur le montant de l'indemnité, le témoin sera envoyé devant un maître (*master*) d'une des cours royales supérieures, qui, sur requête signée par le conseil, déterminera et certifiera le montant approprié de l'indemnité.

28. *Frais et dépenses de l'enquête.* — Le conseil pourra ordonner ce qu'il jugera bon quant aux frais et dépenses de l'enquête; sa décision sera, sur la demande de l'un des intéressés, rendue exécutoire par une cour de juridiction sommaire comme si ces frais et dépenses étaient une amende imposée par ladite cour.

Le secrétaire d'État pourra, s'il le juge bon, allouer à la personne ou aux personnes constituant le conseil d'enquête, y compris les assesseurs, la rémunération qu'il voudra, avec le consentement de la trésorerie.

Les frais et dépenses mis par le conseil à la charge du secrétaire d'État et les rémunérations payées en vertu du présent article seront imputés sur les fonds votés par le Parlement.

29. *Enregistrement de l'annulation d'un certificat et restitution dans certains cas.* — Lorsque le certificat d'un directeur ou sous-directeur est annulé ou suspendu par application de la présente loi, le secrétaire d'État fera inscrire l'annulation ou la suspension dans le registre des possesseurs de certificats.

Le secrétaire d'État peut, à toute époque, s'il lui est montré qu'il est juste d'en agir ainsi, renouveler ou rendre, dans tels délais qu'il juge bon, tout certificat annulé ou suspendu par application de la présente loi, et il fera inscrire le renouvellement ou la restitution dans le registre susmentionné.

30. *Copie d'un certificat en cas de perte.* — Si une personne prouve à la satisfaction du secrétaire d'État que, sans faute de sa part, il a subi la perte ou a été dépouillé d'un certificat à lui délivré par application de la présente loi, le secrétaire d'État, moyennant paiement, s'il le veut, du droit qu'il fixera, sans excéder les limites indiquées dans la cédule II de la présente loi, fera faire et certifier par la personne qui tient le registre une copie du certificat auquel le requérant apparaît avoir droit d'après le registre et la fera délivrer au requérant; la copie faite et certifiée comme il vient d'être dit aura tous les effets du certificat original.

31. *Dépenses et recettes relatives aux certificats.* — Toutes les dépenses faites par le secrétaire d'État avec le concours de la Trésorerie pour assurer l'exécution des prescriptions de la présente loi en ce qui concerne les certificats de capacité seront imputées sur les fonds votés par le Parlement.

Tous les droits payables par les candidats aux examens ou pour les requérants à fin de copie de certificat seront versés en recette à l'Echiquier de Sa Majesté suivant le mode qui pourra être de temps en temps prescrit par la Trésorerie, et ils seront ajoutés aux fonds consolidés.

32. *Peines pour faux et déclarations mensongères en matière*

de certificats. — Quiconque commettra l'un des actes suivants :

1) Fabrication, contrefaçon ou altération volontaire d'un certificat de capacité prévu par la présente loi, ou d'un certificat de service délivré en vertu de cette loi ou de toute autre loi abrogée par celle-ci, ou d'une copie officielle d'un pareil certificat;

2) Emploi fait sciemment d'un certificat ou d'une copie ainsi fabriqué, contrefait ou altéré;

3) Ou qui, dans le but d'obtenir pour lui-même ou pour une autre personne un emploi comme directeur ou sous-directeur pourvu de certificat, ou la délivrance, le renouvellement ou la restitution d'un certificat, ou une copie,

a) Fera ou donnera une déclaration, une affirmation, une attestation ou témoignage qui serait faux sur quelque point;

b) Usera ou produira sciemment une pareille déclaration, affirmation, attestation ou un pareil témoignage, ou un document le contenant,

Sera coupable d'un délit (*misdeemeanour*) et passible, s'il en est convaincu, d'un emprisonnement d'au plus deux ans, avec ou sans travail forcé.

Comptes rendus, plan, avis et abandon de mines.

33. *Comptes rendus des propriétaires, gérants ou directeurs de mines.* — Le 21 janvier de chaque année au plus tard, le propriétaire, gérant ou directeur de toute mine, enverra à l'inspecteur du district, pour le secrétaire d'État, un compte rendu pour l'année finissant au 31 décembre précédent, donnant les renseignements indiqués, en leur teneur, dans la cédule III de la présente loi, ou suivant toute autre forme qui pourra être prescrite en remplacement par le secrétaire d'État; il est entendu que, dans le cas d'une mine pour laquelle la présente loi n'exige pas la surveillance d'un directeur muni de certificat, il ne sera pas exigé de compte rendu pour les renseignements contenus dans la partie B dudit modèle, à moins que le secrétaire d'État n'en décide autrement.

Des états destinés à recevoir les renseignements prescrits par le présent article seront, de temps en temps, sur demande, fournis par l'inspecteur du district pour le compte du secrétaire d'État.

Le secrétaire d'État peut publier les totaux résultant de ces déclarations en ce qui concerne un comté ou un district d'inspecteur, ou une grande partie d'un comté ou d'un district d'inspecteur; il peut aussi publier, en ce qui concerne toute déclara-

tion individuelle, tout ce qui ne se rapporte pas à la quantité de matière extraite ou élaborée; mais la partie de toute déclaration individuelle relative à la quantité de matière extraite ou élaborée ne sera pas publiée sans le consentement de l'auteur de la déclaration ou du propriétaire de la mine à laquelle elle se rapporte; personne excepté un inspecteur ou le secrétaire d'État ou une commission constituée par acte du Parlement pour l'épuisement des mines et autorisée à imposer et percevoir des taxes dépendant des matières extraites desdites mines, ne sera autorisé, sans un pareil consentement, à prendre connaissance de ladite partie d'une déclaration individuelle.

Tout propriétaire, gérant ou directeur d'une mine qui manque à observer le présent article ou fait une déclaration sciemment erronée sur quelque point, sera coupable d'une infraction à la présente loi.

34. *Tenue d'un plan au bureau de la mine.* — Le propriétaire, gérant ou directeur de toute mine doit tenir au bureau, à la mine, un plan exact des travaux indiquant leur état jusqu'aux trois derniers mois au plus, ainsi que le sens et le degré de la plongée des couches, avec une coupe des terrains traversés, ou, si ce n'est pas raisonnablement possible, un état de la profondeur du puits avec une coupe de la couche.

Le propriétaire, le gérant ou le directeur, devra, sur la requête d'un inspecteur et à toute époque, lui présenter au bureau, à la mine, le plan et les coupes; il devra aussi, sur pareille requête, marquer sur le plan et la coupe l'état actuel des travaux; l'inspecteur aura le droit d'examiner le plan et les coupes, et, pour les besoins du service seulement, d'en prendre copie en tout ou partie.

Si le propriétaire, le gérant ou le directeur manque à tenir le plan et les coupes, ou refuse volontairement de les représenter ou de les laisser examiner, ou en retient volontairement une partie, ou refuse volontairement, sur demande à lui faite, d'y marquer l'état des travaux, ou dissimule une partie des travaux, ou produit un plan ou une coupe imparfait ou inexact, il sera coupable — à moins qu'il ne prouve ne pas avoir eu connaissance du détournement, de l'imperfection ou de l'inexactitude — d'une infraction à la loi; en outre, l'inspecteur peut, par avis écrit (qu'il y ait eu ou non pénalité infligée pour l'infraction) requérir le propriétaire, le gérant ou le directeur de faire dresser un plan, avec coupe, exact, donnant les renseignements précités,

dans un délai raisonnable aux frais du propriétaire de la mine. Ce plan sera dressé à une échelle au moins égale à celle du *survey* officiel de 25 pouces au mille (0^m^m^m,4 par mètre) ou à la même échelle en usage à la mine.

Si le propriétaire, le gérant ou le directeur manque, dans les vingt jours de la réquisition de l'inspecteur ou dans un délai plus long qui aurait été accordé par le secrétaire d'État, à faire dresser ce plan avec coupe ainsi qu'il est exigé, il sera coupable d'une infraction à la loi.

35. *Avis à donner des accidents de mines.* — Si dans une mine ou ses dépendances, au jour ou au fond, il survient :

1) Mort ou blessure d'une personne employée, par suite d'une explosion de gaz, d'un explosif ou d'une chaudière à vapeur ;

2) Mort ou blessure grave d'une personne employée, par suite d'un accident quelconque,

Le propriétaire, gérant ou directeur devra, dans les vingt-quatre heures après l'explosion ou l'accident, donner avis écrit à l'inspecteur du district, pour le compte du secrétaire d'État, de l'explosion ou de l'accident et des morts et blessures en résultant ; il devra indiquer, dans sa déclaration, les circonstances de l'explosion ou de l'accident et le nombre des personnes tuées ou blessées.

Si la mort ou des blessures graves ont été la conséquence immédiate d'une explosion ou d'un accident, le lieu où est survenu cette explosion ou cet accident sera laissé dans l'état où il était immédiatement après l'explosion ou l'accident, au moins pendant les trois jours qui suivent l'envoi de l'avis précité, ou jusqu'à la visite de l'inspecteur, quel qu'il soit, qui arriverait le premier, à moins que l'observation de cette prescription n'eût pour effet d'augmenter ou de continuer le danger, ou ne fût de nature à entraver le travail de la mine.

Si une blessure de la nature de celles dont déclaration doit être faite entraîne la mort de la personne blessée, avis écrit de la mort doit être donnée à l'inspecteur du district, pour le secrétaire d'État, dans les vingt-quatre heures après que le propriétaire, le gérant ou le directeur a connaissance du décès.

Tout propriétaire, gérant ou directeur qui manquera à exécuter cet article sera coupable d'une infraction à la loi.

36. *Avis à donner pour l'ouverture et l'abandon d'une mine.* — Dans un des cas suivants, à savoir :

1) Lorsqu'un travail est commencé en vue d'ouvrir un nouveau puits ou une nouvelle couche d'une mine ;

2) Lorsqu'un puits ou une couche est abandonné ou que le travail y est suspendu ;

3) Lorsque le travail d'un puits ou d'une couche d'une mine est repris après un abandon ou une suspension de plus de deux mois ;

4) Lorsque un changement survient dans le nom d'une mine ou dans le nom du propriétaire, du gérant ou directeur, ou dans les principaux officiers d'une compagnie incorporée qui est propriétaire de la mine, le propriétaire, le gérant ou le directeur doit donner avis à l'inspecteur du district dans les deux mois après le commencement, l'abandon, la suspension, la reprise ou le changement précités ; et, si l'avis n'est pas donné, le propriétaire, le gérant ou le directeur est coupable d'une infraction à la loi.

37. *Fermeture des mines abandonnées.* — Lorsqu'une mine est abandonnée ou que le travail y est suspendu, à quelque temps que l'abandon ou la suspension survienne, le propriétaire et toute personne ayant un intérêt dans le gîte, devra faire fermer d'une manière solide et entretenir ainsi fermé l'orifice du puits et de toute galerie d'entrée partant de la surface, de manière à prévenir les accidents.

Il demeure entendu que :

1) Sauf toute stipulation contraire, le propriétaire de la mine, à l'exclusion de toute autre personne ayant un intérêt dans le gîte, sera tenu de faire exécuter les prescriptions du présent article et de payer les coûts, frais et dépenses supportés par toute autre personne ayant un intérêt dans le gîte, qui aurait fait exécuter les prescriptions du présent article ;

2) Le présent article ne dégagera personne d'une responsabilité encourue en vertu d'une autre loi ou autrement.

Quiconque manquera à exécuter le présent article sera coupable d'une infraction à la présente loi.

Personne ne pourra être empêché par contrat de faire le nécessaire pour satisfaire aux prescriptions du présent article, ni passible, par suite d'un contrat, de dommages, pénalité ou dédit pour avoir fait le nécessaire à cet effet.

Si le détenteur d'un terrain ou toute autre personne empêche volontairement le propriétaire d'une mine ou toute autre personne ayant l'intérêt précité de faire de pareils actes, il sera coupable d'une infraction à la présente loi.

Tout puits ou toute entrée de galerie qui ne serait pas fermé, comme l'exige le présent article, et qui serait à une distance de 50 yards (45 mètres) d'une grande route, d'un chemin, sentier ou d'un lieu de passage public, ou dans un terrain ouvert ou non clos, sera réputé être une nuisance dans le sens de l'article 91 de la loi sur la santé publique (*).

38. *Envoi au secrétaire d'État des plans de mines abandonnées.* — En cas d'abandon d'une mine ou couche, le propriétaire, au moment de son abandon, de ladite mine ou couche devra, dans les trois mois après l'abandon, envoyer au secrétaire d'État un plan exact donnant les limites des travaux de la mine ou couche jusqu'au moment de l'abandon, la situation des travaux par rapport à la surface, le sens et le degré de la plongée des couches, avec une coupe des terrains traversés, ou, si ce n'est pas raisonnablement possible, un état de la profondeur du puits, avec une coupe de la couche. Ce plan sera dressé à une échelle au moins égale à celle du *survey* officiel de 25 pouces par mille (0^m^m^m,4 par mètre) ou à la même échelle que celle du plan de la mine au moment de l'abandon.

Le plan avec ses coupes sera conservé par les soins du secrétaire d'État; mais personne, excepté un inspecteur institué en vertu de la présente loi, n'aura le droit, sans le consentement du propriétaire de la mine ou de la couche, d'examiner le plan ainsi envoyé avant qu'il se soit écoulé dix ans depuis l'abandon.

Le propriétaire précité doit aussi, dans les trois mois de l'abandon, envoyer à l'inspecteur du district, pour le secrétaire d'État, un compte rendu exact donnant, en ce qui concerne la période écoulée depuis la fin de l'année pour laquelle a été dressé le dernier compte rendu réglementaire annuel, les renseignements qui doivent figurer dans ce compte rendu; les prescriptions de la présente loi relative au compte rendu annuel s'appliqueront au compte rendu ainsi envoyé.

Si le propriétaire d'une mine ou d'une couche manque à exécuter le présent article, il sera coupable d'une infraction à la loi et passible d'une amende de 30 livres (750 francs) au plus.

Une plainte en dénonciation pour infraction aux dispositions

(*) Cette loi permet à l'autorité locale d'enjoindre à l'auteur de cette nuisance, ou, à défaut de le connaître, au propriétaire ou à l'occupant du terrain, d'enjoindre à la faire disparaître dans un délai donné; faute de quoi, injonction est réclamée à l'autorité judiciaire sous la sanction de lourdes pénalités pour inexécution ou retard d'exécution.

du présent article peut être faite ou déposée, à toute époque, dans les six mois après l'abandon d'une mine ou couche, ou après l'envoi audit propriétaire d'un avis d'avoir à satisfaire aux prescriptions du présent article, à quelque époque que ce soit.

Inspection.

39. *Nomination des inspecteurs des mines.* — Le secrétaire d'État peut, de temps en temps, désigner des personnes compétentes pour être inspecteurs des mines (ou sous tout autre titre qu'il peut fixer de temps en temps), leur assigner leurs fonctions, leur allouer le traitement qu'aura approuvé la trésorerie, les révoquer. Il est entendu qu'en cas de nomination d'inspecteurs dans le pays de Galles et dans le Monmouthshire, auront la préférence, entre candidats également méritants par ailleurs, ceux ayant la connaissance du gallois.

Avis de la nomination de tout inspecteur sera publié dans la *Gazette de Londres*.

C'est un pareil inspecteur qui est désigné dans la présente loi comme un *inspecteur*, et l'*inspecteur d'un district* désigne l'inspecteur auquel est attribué, au moment dont il s'agit, le district ou la région du Royaume-Uni dont il est question.

Toute personne nommée ou agissant comme inspecteur en vertu de la loi de 1872 sur la réglementation des mines métalliques peut, sur l'ordre du secrétaire d'État d'agir comme inspecteur en vertu de la présente loi, intervenir de la sorte, et il sera réputé être inspecteur en vertu de la présente loi.

Le traitement des inspecteurs et les dépenses faites par eux ou par le secrétaire d'État pour l'exécution de la présente loi continueront à être payés sur les fonds votés par le Parlement.

40. *Incompatibilités avec les fonctions d'inspecteur.* — Toute personne qui exerce ou agit en qualité, ou est l'associée d'une personne exerçant ou agissant en qualité de gérant de propriété, ingénieur de mines, directeur, surveillant-chef (*viewer*), gérant ou expert de mines, ou arbitre dans une contestation entre des propriétaires, gérants ou directeurs de mines, ou est autrement occupée dans ou pour une mine, ou est un agent des ouvriers mineurs ou un propriétaire de mine (que la mine soit ou non de celles auxquelles s'applique la présente loi), ne pourra agir comme inspecteur des mines en vertu de la présente loi; aucun inspecteur ne sera associé ou n'aura un intérêt direct ou indirect dans une mine de son district.

41. *Pouvoirs des inspecteurs.* — Un inspecteur institué en vertu de la présente loi aura le pouvoir de faire tout ou partie des actes suivants :

1° Se livrer aux constatations et aux enquêtes qui peuvent être nécessaires pour vérifier si les prescriptions de la présente loi, en matière de travaux du jour ou du fond, sont exécutées dans une mine ;

2° Visiter, inspecter et examiner une mine, ou l'une de ses parties, à toute heure raisonnable de jour et de nuit, mais de manière à ne pas empêcher ou entraver les travaux de la mine ;

3° Rechercher et examiner l'état et les conditions d'une mine ou d'une de ses parties, la ventilation, l'efficacité des règlements particuliers actuellement en vigueur, et tout ce qui touche ou se rapporte à la sûreté des personnes employées dans la mine ou ses dépendances ou dans une mine contiguë, ainsi que les soins et le traitement des chevaux et autres animaux employés dans la mine ;

4° Exercer tous autres pouvoirs qui peuvent être nécessaires pour assurer l'exécution de la présente loi.

Toute personne qui entrave volontairement un inspecteur dans l'accomplissement de ses fonctions, et tout propriétaire, gérant ou directeur de mine qui refuse ou néglige de fournir à l'inspecteur les moyens nécessaires pour pénétrer, inspecter, examiner ou rechercher en vertu de la présente loi, en ce qui concerne ladite mine, sera coupable d'une infraction à la loi.

42. *Avis donnés par les inspecteurs des causes de danger non prévues explicitement par les règlements.* — Si, pour une raison qui n'est prévue par aucune disposition expresse de la présente loi ou par un règlement particulier, un inspecteur trouve une mine ou une de ses parties, ou une matière, une chose ou une pratique y existant ou en dépendant, ou sous le contrôle, la conduite ou la direction du directeur, dangereuse ou défectueuse au point, dans son opinion, de menacer ou de tendre à menacer une personne de blessures corporelles, il peut en donner avis écrit au propriétaire, gérant ou directeur ; il indiquera, dans cet avis, les particularités pour lesquelles il considère dangereuse ou défectueuse la mine ou une de ses parties, ou une matière, chose ou pratique ; à moins qu'il n'y soit ensuite porté remède, il en fera rapport au secrétaire d'État.

Si le propriétaire, le gérant ou le directeur se refuse à porter remède à la défectuosité signalée dans l'avertissement, il envoie,

par écrit, dans les dix jours de la réception de l'avis, son opposition motivée au secrétaire d'État ; l'affaire devra être alors réglée par arbitrage de la manière prévue dans la présente loi ; la date de la réception de l'opposition sera réputée celle de l'ouverture de l'arbitrage.

Si le propriétaire, le gérant ou le directeur manque, lorsque aucune opposition n'a été formulée comme il vient d'être dit, à se conformer à la réquisition de l'avis dans les dix jours après l'expiration du délai pour produire opposition, ou manque, s'il y a eu arbitrage, à se conformer à la sentence dans le délai y imparti, il sera coupable d'une infraction à la loi, et l'avis ou la sentence sera respectivement réputé être un avis écrit de l'infraction.

Il est entendu que la Cour, si elle acquiert la conviction que le propriétaire, le gérant ou le directeur a pris des mesures actives pour se conformer à l'avis ou à la sentence, peut ajourner la poursuite entamée devant elle en vue de réprimer l'infraction, et, si les travaux sont terminés dans un délai raisonnable, il ne sera infligé aucune pénalité.

Personne ne pourra être empêché, par contrat, de faire, ou responsable, par contrat, d'une pénalité ou d'une forclusion en faisant les actes nécessaires pour se conformer aux prescriptions du présent article.

43. *Rapports annuels des inspecteurs.* — Tout inspecteur d'un district doit faire au secrétaire d'État un rapport annuel de ses opérations dans l'année précédente ; ce rapport sera déposé aux deux chambres du Parlement.

44. *Rapports spéciaux des inspecteurs.* — Lorsque, dans une mine, une explosion ou un accident a entraîné mort d'homme ou blessures, le secrétaire d'État peut, à toute époque, ordonner à un inspecteur de faire un rapport spécial sur l'explosion ou l'accident.

45. *Enquête approfondie ordonnée par le secrétaire d'État.* — Si le secrétaire d'État juge utile une enquête approfondie (*formal investigation*) sur une explosion ou un accident, sur ses causes et circonstances, il pourra la provoquer, en se conformant en ce cas aux dispositions suivantes :

1° Le secrétaire d'État peut désigner une personne compétente pour faire l'enquête, et une ou plusieurs personnes possédant

des connaissances légales ou spéciales pour fonctionner comme assesseurs dans l'enquête ;

2° La personne ou les personnes ainsi désignées [ci-dessous appelées la *commission (court)*] procéderont publiquement, de la manière et dans les conditions qu'elles estimeront les plus propres à déterminer les causes et les circonstances de l'explosion ou de l'accident, et à les mettre en mesure de fournir le rapport mentionné dans le présent article ;

3° La commission aura, pour procéder à l'enquête, tous les pouvoirs d'une cour de juridiction sommaire appelée à connaître d'une infraction à la présente loi, et tous les pouvoirs d'un inspecteur agissant en vertu de la présente loi, et, en outre, les pouvoirs suivants :

a) Elle peut s'introduire, pour l'inspecter, dans tout lieu ou toute construction dont l'accès et l'inspection lui paraissent utiles ;

b) Elle peut, par citations signées d'elle, requérir la comparution de toutes personnes qu'elle juge utile d'appeler devant elle, les interroger dans ce but, et réclamer toute réponse ou renseignement à toutes questions qu'elle croit bon de poser ;

c) Elle peut requérir la production de tous livres, papiers et documents, si elle le trouve important ;

d) Elle peut déférer le serment et contraindre toute personne interrogée à certifier, par écrit, l'exactitude des renseignements fournis par elle dans son interrogatoire ;

4° Les personnes assignées comme témoins devant la commission auront droit aux indemnités à allouer aux témoins comparissant devant une *court of record* ; en cas de contestation sur le montant de la taxe, le témoin sera renvoyé par la commission devant le *master* d'une des cours royales supérieures, qui, sur requête signée par la commission, déterminera et certifiera le montant exact des frais ;

5° La commission adressera au secrétaire d'État un rapport faisant connaître les causes de l'explosion ou de l'accident et ses circonstances, et présentant, en outre, toutes les observations que la commission croirait devoir faire ;

6° Toutes les dépenses faites à l'occasion de l'enquête (y compris la rémunération des personnes désignées pour fonctionner comme assesseurs) seront considérées comme des dépenses faites par le secrétaire d'État pour l'exécution de la présente loi ;

7° Toute personne qui, sans excuse raisonnable (la charge de la preuve lui incombant) manque, après offre des frais auxquels

elle aurait éventuellement droit, à se rendre à la citation ou à se conformer à une réquisition de la commission, ou empêche ou entrave l'accomplissement des devoirs de la commission, sera, pour chaque infraction, passible d'une amende de 10 *livres* (250 francs) au plus, et, dans le cas de refus de se conformer à une réquisition à l'effet de produire un renseignement ou de fournir un document, l'amende sera de 10 *livres* (250 francs) au plus par jour de retard.

46. *Publication des rapports.* — Le secrétaire d'État peut faire publier le rapport spécial d'un inspecteur ou le rapport d'une commission d'enquête à telle époque et de telle manière qu'il le juge convenable.

Arbitrage.

47. *Dispositions sur les arbitrages.* — En ce qui concerne les arbitrages en vertu de la présente loi, les prescriptions suivantes seront observées :

1) Les parties en présence sont considérées être dans le présent article : le propriétaire, le gérant ou le directeur de la mine, d'une part, l'inspecteur des mines (pour le compte du secrétaire d'État), d'autre part ;

2) Chacune des parties peut, dans les quatorze jours de la date de l'ouverture de l'arbitrage, désigner un arbitre ;

3) Nul ne peut agir comme arbitre ou tiers arbitre s'il est employé à l'exploitation ou dans la direction de la mine que l'arbitrage concerne, ou s'il y a un intérêt ;

4) La désignation de l'arbitre sera faite par écrit ; avis en sera donné à la partie adverse ; l'arbitre désigné ne pourra plus être révoqué sans le consentement de cette partie ;

5) La mort, le renvoi ou tout autre changement de l'une des parties n'arrêtera pas les opérations engagées conformément au présent article ;

6) Si, dans les quatorze jours précités, l'une des parties omet de désigner un arbitre, l'arbitre désigné par l'autre partie peut instruire l'affaire et statuer sur le litige ; et, en ce cas, la sentence d'un seul arbitre sera définitive ;

7) Si, avant que la sentence ne soit rendue, un arbitre désigné par l'une ou l'autre partie meurt ou devient incapable d'agir, ou pendant sept jours refuse ou néglige d'agir, la partie par laquelle cet arbitre avait été nommé peut désigner une autre personne

pour fonctionner à sa place; et s'il manque à le faire dans les sept jours après l'avis écrit donné par l'autre partie à cet effet, l'arbitre restant peut instruire l'affaire et statuer sur le litige, et, dans ce cas, la sentence d'un seul arbitre sera définitive;

8) Dans l'un et l'autre des cas précités où un arbitre est autorisé à agir seul, par suite du défaut de désignation de l'une des parties, la partie défaillante peut, avant que le seul arbitre ait effectivement procédé à l'arbitrage, désigner un arbitre, qui agira alors comme si nul défaut n'était survenu;

9) Si les arbitres manquent à rendre leur sentence dans les vingt et un jours après celui où le dernier arbitre a été désigné, ou dans le délai plus long, s'il y a lieu, qui a pu être fixé par les deux arbitres, sous leur signature, il sera statué sur le litige par le tiers arbitre désigné comme il sera dit ci-dessous;

10) Les arbitres, avant de commencer l'instruction de l'affaire qui leur est soumise, doivent désigner par écrit sous leur signature un tiers arbitre qui statuera sur les points qui pourraient les diviser;

11) Si le tiers arbitre meurt ou devient incapable d'agir avant qu'il ait rendu sa sentence, ou refuse de rendre sa sentence dans un délai raisonnable après que l'affaire lui a été remise, les personnes ou la personne qui avaient désigné ce tiers arbitre en désigneront un autre à sa place;

12) Si les arbitres refusent ou s'abstiennent ou, dans les sept jours de la requête à eux adressée par l'une ou l'autre partie, négligent de désigner un tiers arbitre, le tiers arbitre, sur la demande de l'une ou l'autre partie, peut être désigné par le président des sessions générales ou trimestrielles des juges de paix (*general ou quarter sessions of the peace*) dans le ressort desquelles se trouve la mine ou un de ses puits;

13) La décision de tout tiers arbitre sur une affaire à lui remise est définitive;

14) Si un arbitre agissant seul manque à rendre sa sentence dans les vingt-un jours après celui où il a été désigné, la partie qui l'a désigné peut en choisir un autre à sa place;

15) Les dispositions seront prises autant qu'il sera possible pour que le litige soit instruit simultanément par les arbitres et le tiers arbitre;

16) Les arbitres et le tiers arbitre ou l'un d'eux peut interroger les parties et leurs témoins sous la foi du serment; ils peuvent aussi consulter un conseil, un ingénieur ou une personne de science à qui ils jugeraient utile de s'adresser;

17) Le montant, s'il y a lieu, des honoraires dus à un arbitre ou tiers arbitre sera fixé par le secrétaire d'État; ils seront payés avec les frais de l'arbitrage et de la sentence par les parties ou par l'une d'entre elles suivant ce qu'en décidera la sentence. Ces frais peuvent être taxés par un *master* d'une des cours royales supérieures qui, sur demande écrite de l'une ou l'autre partie, en déterminera et certifiera le montant. Le montant, s'il y a lieu, incombant au secrétaire d'État, sera payé au titre des dépenses faites par les inspecteurs en vertu de la présente loi. Le montant, s'il y a lieu, dû par le propriétaire, le gérant ou le directeur peut être recouvré, en cas de non-paiement, de la même manière que les amendes imposées en vertu de la présente loi;

18) Toute personne désignée comme arbitre par application du présent article doit être un ingénieur des mines pratiquant, ou une personne habituée aux travaux des mines; toute personne désignée comme tiers arbitre doit être un juge d'une cour de comté, un magistrat de police ou rétribué, un magistrat (*recorder*) de bourg ou un greffier (*registrar*) d'une cour de comté; mais lorsqu'une sentence aura été rendue en exécution du présent article l'arbitre ou le tiers arbitre qui l'aura rendue sera réputé avoir eu les qualités requises par le présent article.

Coroners.

48. *Dispositions sur les enquêtes des coroners relatives aux morts par suite d'accidents de mines.* — En ce qui concerne les enquêtes des *coroners* sur le corps des personnes dont la mort peut avoir été causée par des explosions ou des accidents dans les mines ou leurs dépendances, on observera les dispositions suivantes :

1) Quand un *coroner* aura à procéder à une enquête sur le corps d'une personne dont la mort peut avoir été causée par une explosion ou un accident dont la présente loi exige qu'avis ait été donné à l'inspecteur du district, le *coroner* ajournera l'enquête jusqu'à ce qu'un inspecteur ou toute autre personne représentant le secrétaire d'État soit présent pour en suivre les opérations;

2) Le *coroner*, quatre jours au moins avant de reprendre l'enquête ajournée, enverra à l'inspecteur du district un avis écrit du lieu et de l'heure où se tiendra l'enquête ajournée;

3) Le *coroner*, avant l'ajournement, peut recueillir les témoi-

gnages nécessaires pour établir l'identité du décédé et peut ensuite ordonner l'inhumation ;

4) Si une explosion ou un accident n'a pas occasionné la mort de plus d'une personne, et si le *coroner* a envoyé à l'inspecteur du district avis du lieu et de l'heure où l'enquête doit être tenue, assez tôt pour toucher l'inspecteur vingt-quatre heures au moins avant l'ouverture de l'enquête, il ne sera pas obligatoire pour lui d'ajourner l'enquête par application du présent article, si la majorité du jury ne juge pas cet ajournement nécessaire ;

5) L'inspecteur aura la faculté dans l'enquête d'interroger tout témoin, en se conformant néanmoins aux ordres du *coroner* ;

6) Si des témoignages signalent à une enquête où l'inspecteur n'est pas présent une négligence qui aurait causé ou contribué à causer l'explosion ou l'accident, ou une défectuosité dans la mine ou ses dépendances qui paraît au *coroner* ou au jury réclamer qu'on y remédie, le *coroner* enverra avis écrit à l'inspecteur du district de cette négligence ou défectuosité ;

7) Toute personne ayant un intérêt personnel dans la mine où est survenu l'explosion ou l'accident, ou qui est employé dans les travaux de son exploitation ou de sa direction, ne pourra faire partie du jury appelé à se prononcer sur l'enquête ; le constable et tous autres officiers ne doivent pas assigner une pareille personne et le *coroner* ne doit pas lui permettre de prêter serment et de siéger comme juré ;

8) Tout parent d'une personne dont la mort peut avoir été causée par explosion ou accident au sujet de laquelle l'enquête est ouverte, et le propriétaire, l'agent ou le directeur de la mine dans laquelle l'explosion ou l'accident est survenu, et toute personne désignée par un ordre écrit émanant de la majorité des ouvriers employés à ladite mine, aura la faculté d'assister à l'enquête et d'interroger les témoins soit en personne, soit par son conseil, *solicitor* (avoué), ou agent, en se conformant toutefois aux ordres du *coroner*.

Toute personne qui manque à se conformer aux dispositions du présent article sera coupable d'une infraction à la présente loi.

DEUXIÈME PARTIE

RÈGLEMENTS

Règlement général.

49. *Règlement général.* — Les règles générales suivantes seront observées dans toute mine autant qu'il sera raisonnablement possible.

Aérage de la mine : Règle 1. — Un aérage suffisant sera constamment produit dans toute mine de manière à diluer les gaz dangereux et à les rendre inoffensifs, à un degré tel que les chantiers des puits, les niveaux, écuries et travaux de la mine, les voies de circulation pour aller à ces chantiers ou en venir soient dans une condition convenable pour y travailler et y circuler.

Dans les mines assujetties par la présente loi à la surveillance d'un directeur avec certificat, la quantité d'air dans chaque branche ou courant sera mesurée une fois par mois au moins et inscrite dans un registre tenu à cet effet à la mine.

Règle 2. — Si la ventilation est produite par foyer dans une mine nouvellement ouverte après la mise en vigueur de la présente loi, le retour d'air, à moins d'être dilué de façon à ne plus être inflammable, sera évacué au delà du foyer par une canalisation spéciale.

Règle 3. — Si un engin mécanique pour la ventilation est établi dans une mine après la mise en vigueur de la présente loi, il sera placé dans un point et dans des conditions qui tendent à le garantir de toute avarie en cas d'explosion.

Règle 4. Points d'arrêt et inspection de l'état de l'aérage, etc. — Un point d'arrêt ou des points d'arrêt seront indiqués à l'entrée de la mine ou des différentes parties de la mine, suivant les nécessités, et les prescriptions suivantes seront observées :

1° En ce qui concerne l'inspection avant la reprise du travail, une personne compétente ou des personnes compétentes désignées à cet effet par le propriétaire, le gérant ou le directeur, prises hors des entrepreneurs de l'abatage, devront, immédiatement avant chaque poste et dans le temps qui sera fixé par le règlement particulier, inspecter toutes les parties de la mine, situées au delà du point d'arrêt ou des points d'arrêt, dans lesquelles des ouvriers ont à travailler ou à circuler pendant le poste ; elles devront reconnaître leur état en ce qui concerne la

présence du gaz, l'aérage, les conditions du toit, des parois et généralement pour tout ce qui touche à la sûreté.

Aucun ouvrier ne franchira le point d'arrêt jusqu'à ce que la partie de la mine au delà ait été ainsi examinée et reconnue sûre par une personne compétente.

L'inspection sera faite avec une lampe de sûreté fermée à clef, excepté pour les mines dans lesquelles du gaz inflammable n'aurait pas été rencontré dans les douze mois précédents.

Un rapport faisant connaître, s'il y a lieu, les points où ont été observés du gaz nuisible ou inflammable, des défauts du toit ou des parois, ainsi que toute autre cause de danger, sera consigné sans délai dans un registre tenu à la mine à cet effet et mis à la disposition des ouvriers; le rapport sera signé et, pour toutes les parties non imprimées, écrit par la personne qui aura fait l'inspection.

Pour l'accomplissement des dispositions de la présente règle qui précèdent, deux ou plusieurs postes se succédant sans intervalle seront considérés comme un seul poste.

2° En ce qui concerne l'inspection pendant le poste,

Une semblable inspection aura lieu dans le courant de tout poste dans toutes les parties de la mine où des ouvriers ont à travailler ou circuler pendant ce poste; mais il ne sera pas nécessaire de dresser un rapport et de le consigner dans le registre; il est entendu que si la mine est exploitée d'une façon continue pendant vingt-quatre heures par des postes successifs, le rapport d'une de ces inspections sera consigné au registre comme il a été dit ci-dessus.

Règle 5. Inspection de la machinerie, etc., au fond et au jour. — Une ou plusieurs personnes compétentes, désignées à cet effet par le propriétaire, le gérant ou le directeur, devront, une fois au moins par 24 heures, examiner l'état des parties extérieures des machines, l'état du guidage dans les puits, l'état du chevalement, des câbles, chaînes et autres appareils de la mine actuellement en service au jour et dans le fond; une fois par semaine au moins, elles examineront l'état des puits par lesquels circulent des personnes; elles feront un rapport fidèle des résultats de leur examen; et ce rapport sera inscrit sans délai dans un registre tenu à cet effet à la mine et signé par la personne qui aura fait l'inspection.

Règle 6. Clôture des entrées. — Toute entrée dans un chantier qui n'est pas actuellement en activité sera convenablement fermée par le travers, de façon à prévenir tout accès inadventif.

Règle 7. Retrait des ouvriers en cas de danger. — Si, à un moment quelconque, la personne ayant alors charge de la mine ou de l'un de ses quartiers s'aperçoit que par suite de l'abondance de gaz inflammable dans cette mine ou ce quartier, ou pour toute autre raison, la mine ou le quartier présente du danger, tous les ouvriers seront retirés de la mine ou du quartier, et une personne compétente, désignée à cet effet, inspectera ladite mine ou ledit quartier. Si le danger provient de la présence du gaz inflammable, elle fera cet examen avec une lampe de sûreté fermée à clef; puis, dans tous les cas, elle fera un rapport sincère sur l'état de la mine ou du quartier. Nul ouvrier ne sera admis à rentrer, sauf autant qu'il est nécessaire pour examiner la cause du danger ou la faire disparaître ou explorer la mine ou le quartier dangereux, jusqu'à ce que le rapport en question constate la disparition du danger. Ce rapport sera, à chaque fois, inscrit dans un registre tenu à cet effet sur la mine; il sera signé par celui qui l'aura fait.

Règle 8. Emploi des lampes de sûreté en certains points. — Il ne pourra être autorisé ou employé pour l'éclairage que des lampes de sûreté fermées à clef :

a) Dans tout point de la mine où est probable l'existence d'une quantité de gaz inflammable susceptible de rendre dangereux l'emploi des feux nus;

b) Dans tout chantier se rapprochant d'un point où est probable une accumulation de gaz inflammable.

S'il est nécessaire d'employer des lampes de sûreté à l'abatage de la houille, dans un quartier d'aérage, il ne sera pas permis d'employer, pour l'abatage, des lampes à feu nu à tout autre point du quartier situé entre le premier et le retour d'air.

Règle 9. Conditions que doivent remplir les lampes de sûreté. — Lorsqu'on emploiera des lampes de sûreté, elles devront être construites de manière à pouvoir résister au courant d'air qui circule habituellement dans le quartier de la mine où elles sont employées, même si ce courant est inflammable.

Règle 10. Inspection des lampes de sûreté. — Dans toute mine ou tout quartier de mine où l'emploi des lampes de sûreté est exigé en vertu de la présente loi ou des règlements particuliers faits pour son exécution,

1° Une personne compétente désignée à cet effet par le propriétaire, le gérant ou le directeur devra, soit à la surface, soit à une station à ce désignée, examiner toute lampe de sûreté immédiatement avant qu'elle soit introduite dans les travaux

pour y être employée, et vérifier qu'elle est en bonne condition pour le travail et bien fermée à clef; de pareilles lampes ne seront pas employées avant qu'elles aient été ainsi examinées et reconnues en bon état et bien fermées à clef;

2° Une lampe de sûreté ne sera ouverte qu'à la station à ce désignée, ou dans le but d'allumer un coup de mine en se conformant aux prescriptions qui seront ultérieurement indiquées;

3° Nul, à moins qu'il n'ait été désigné pour examiner les lampes de sûreté ou allumer les coups de mine, n'aura en sa possession d'engins de nature à ouvrir une lampe de sûreté;

4° Personne ne peut avoir en sa possession des allumettes ou des engins quelconques susceptibles de donner de la flamme, sauf dans une boîte hermétiquement close attachée à la mèche des coups de mine.

Règle 11. Stations de rallumage. — Lorsque l'emploi des lampes de sûreté est exigé, les stations de rallumage ne pourront pas être placées dans le retour d'air.

Règle 12. Emploi des explosifs dans les travaux souterrains. — Tout explosif ne peut être employé souterrainement que sous les conditions suivantes :

a) Il ne sera pas emmagasiné dans la mine;

b) Il ne sera introduit dans la mine qu'en cartouches, dans une caisse ou boîte solide ne contenant pas plus de 5 livres (2^k, 25) (*).

Étant entendu que, sur requête du propriétaire, du gérant ou directeur d'une mine, le secrétaire d'État peut accorder dispense d'exécuter cet article en tant qu'il interdit d'introduire une substance explosive dans la mine autrement qu'en cartouches (**);

c) Un ouvrier n'emploiera simultanément en un même point qu'une des caisses ou boîtes précitées;

d) Pour le chargement et le bourrage, personne ne pourra employer ou avoir en sa possession une épinglette, un racloir ou un bourroir en fer ou en acier; la houille et la poussière de houille ne pourront être employés pour le bourrage;

e) Aucun explosif ne sera pressé avec force dans un trou de dimension insuffisante; lorsque le coup aura été chargé, l'explosif

(*) La loi de 1872 ne permettait que 4 livres (1^k, 80).

(**) La loi de 1872 ne prévoyait pas de dispense à la règle de l'introduction exclusive des explosifs en cartouches; et la loi de 1881 n'avait ultérieurement prévu cette dispense que pour les mines de fer liasiques.

ne pourra en être retiré; aucun trou ne sera foré pour être chargé à une distance de 6 pouces (150 millimètres) d'un coup ayant raté;

f) Dans tout endroit où l'emploi de la lampe de sûreté se trouve exigé par application de la présente loi, ou qui est sec et poussiéreux, aucun coup de mine ne sera tiré excepté par l'intermédiaire ou sous la direction d'une personne compétente désignée par le propriétaire, le gérant ou le directeur de la mine; et cette personne n'allumera pas le coup ou ne le laissera pas allumer jusqu'à ce qu'elle ait inspecté l'endroit même où le coup doit être tiré et tous les endroits contigus accessibles de la même couche dans un rayon de 25 mètres et qu'elle ait reconnu que le tirage peut avoir lieu avec sûreté;

g) Si dans une mine, du gaz inflammable a été signalé, à l'une des quatre inspections mentionnées à la règle 4, aucun coup ne sera tiré dans un quartier d'aérage.

1) A moins que la personne compétente ci-dessus désignée ait examiné le point où la présence du gaz a été signalée et ait trouvé que le gaz a disparu et qu'il n'y a pas, en ce point ou aux environs, de gaz se dégageant ou accumulé au point de rendre dangereux le tirage du coup de mine;

2) Ou à moins que l'explosif destiné à faire partir le coup ne soit employé avec de l'eau ou un autre dispositif de nature à prévenir l'inflammation du gaz, ou qu'il ne soit de nature à ne pas pouvoir enflammer le gaz;

h) Si l'endroit où le coup doit être tiré est sec et poussiéreux, le coup ne pourra être tiré qu'en se conformant à l'une des prescriptions suivantes :

1) Le point où le coup doit être tiré et tous les points contigus accessibles dans un rayon de 20 yards (18 mètres) doivent être, au moment de l'allumage, humectés, par aspersion d'eau ou autre système équivalent à l'aspersion, dans toutes les parties où la poussière est logée, sol, toit et parois;

2) Là où l'aspersion endommagerait le toit ou le sol, l'explosif doit être employé avec de l'eau ou autre dispositif de façon à prévenir l'inflammation du gaz ou de la poussière, ou être de telle nature qu'il ne puisse enflammer le gaz ou la poussière;

i) Si un endroit sec et poussiéreux se trouve dans une galerie principale de trainage mécanique ou lui est contigu et présente de la poussière adhérente au toit et aux parois, aucun coup ne sera tiré,

1) Sans que les deux conditions mentionnées sous la lettre h aient été observées;

2) Sans que l'une de ces conditions, qui puisse être applicable, ait été observée et qu'en outre tous les ouvriers se soient retirés de la couche dans laquelle le coup doit être tiré et de toutes les couches communiquant avec le puits au même niveau, à l'exception des hommes occupés au tirage du coup et des autres personnes, au nombre de dix au plus, dont la présence est nécessaire pour le service des foyers d'aéragé, chaudières à vapeur, machines, outillage, machines d'extraction, signaux, chevaux, ou pour l'inspection de la mine;

k) Dans la présente loi, un *quartier d'aéragé* (*ventilating district*) signifie une partie de couche qui a une galerie d'entrée d'air indépendante commençant à la galerie d'entrée d'air principale, et un retour d'air indépendant se terminant à un retour d'air principal; une *voie principale de traînage mécanique* (*main haulage road*) signifie une voie qui a été ou qui est actuellement employée pour mouvoir des wagons à la vapeur ou par d'autre moyen mécanique;

l) Lorsqu'une couche de mine n'est pas divisée en quartiers d'aéragé distincts, les prescriptions de la présente loi relatives aux quartiers d'aéragé seront entendues en ce sens que le mot *couche* sera substitué aux mots *quartier d'aéragé*;

m) Les prescriptions du présent article, concernant l'introduction en cartouches des explosifs dans la mine, les prescriptions du § *f* relatives aux endroits secs et poussiéreux, et les prescriptions des §§ *g*, *h*, *i*, *k* et *l* ne s'appliqueront pas aux couches d'argile ou de minerai de fer stratifié qui ne sont pas exploitées en connexité avec une couche de houille et qui ne contiennent pas de houille.

Règle 13. *Eaux et sondages*. — Si un endroit doit vraisemblablement contenir une accumulation d'eau dangereuse, les travaux qui s'en approchent dans un rayon de 40 yards (36 mètres) n'auront pas plus de 8 pieds (2^m,40) de large; et l'on tiendra constamment en avant, à une distance suffisante, d'au moins 5 yards (4^m,50), au moins un sondage au centre du travail et des sondages latéraux suffisants de chaque côté.

Règle 14. *Signaux et niches d'évitement pour plans inclinés exploités mécaniquement*. — Tout plan incliné souterrain sur lequel des personnes circulent, qu'il soit automoteur, desservi par une machine ou un treuil, sera muni, s'il dépasse 30 yards (27 mètres) de longueur, de moyens convenables de communication et de signaux définis entre les points d'arrêt et les extrémités du plan; en tout cas, il sera muni de niches d'évitement

suffisantes pour points de refuge, à des intervalles d'au plus 20 yards (18 mètres), ou, s'il n'y a pas place suffisante pour qu'une personne puisse se tenir entre le bord d'un wagon et la paroi du plan, à intervalles de 10 yards au plus (9 mètres) à moins que les wagons ne soient mus par chaîne ou câble sans fin.

Règle 15. *Niches d'évitement pour autres voies de circulation*. — Toute voie sur laquelle des personnes circuleront souterrainement et où la charge est tirée par un cheval ou un autre animal sera muni, à des intervalles de 50 yards (45 mètres) au plus, de niches d'évitement suffisantes ou de places de refuge; un pareil refuge aura une longueur suffisante, avec une largeur d'au moins 3 pieds (0^m,90), entre le bord des wagons circulant sur la voie et la paroi de la galerie. Il y aura au moins deux voies de circulation convenables entre toute machine à vapeur et la galerie des chaudières.

Règle 16. *Tenue des niches d'évitement*. — Toute niche d'évitement ou tout refuge sera constamment tenu dégagé, et personne n'y pourra déposer quoi que ce soit.

Règle 17. *Dimensions des voies de circulation*. — Toute voie de circulation dans laquelle on emploie souterrainement un cheval ou autre animal de trait, aura les dimensions suffisantes pour permettre au cheval ou à tout autre animal de passer sans donner de la tête contre le toit ou le boisage.

Règle 18. *Fermeture des vieux puits*. — L'orifice de tout puits qui est hors de service ou employé seulement comme puits d'aéragé devra être et sera tenu solidement clos.

Règle 19. *Fermeture des accrochages*. — On devra clore convenablement l'orifice et tous les accès de tout puits d'extraction, d'aéragé ou d'épuisement, du sommet au fond, y compris s'il y a lieu, le puisard; ce qui n'interdit pas d'enlever momentanément la clôture en vue de réparations ou d'autres opérations, en prenant les précautions convenables.

Règle 20. *Soutènement des puits*. — Partout où les assises naturelles du sol ne sont pas solides, tout puits d'extraction ou d'épuisement sera dûment boisé ou murailonné, ou rendu sûr par tout autre moyen.

Règle 21. *Soutènement du toit et des parois*. — Le toit et les parois de toutes les voies de circulation et de tous les chantiers seront solidement soutenus; personne, sauf les personnes désignées pour inspecter ou réparer la mine, ne pourra circuler ou travailler dans une galerie ou chantier qui ne serait pas ainsi consolidé.

Règle 22. Boisage. — Lorsque le boisage est fait par les ouvriers des chantiers, le bois nécessaire sera approvisionné au chantier, à la traverse, coupure, parallèle, ou autre endroit convenable pour les ouvriers; la distance entre les butes ou montants, lorsqu'il en est besoin, n'excédera pas 6 pieds (1^m,80) ou toute autre distance inférieure fixée par le propriétaire, le gérant ou le directeur.

Règle 23. Choix de la circulation par le puits d'entrée d'air. — Lorsqu'il y a sur une même couche un puits d'entrée d'air et un puits d'aérage par foyer, et que ces deux puits sont munis des appareils nécessaires pour monter et descendre les personnes, tout individu employé dans la mine, en en donnant avis d'une façon raisonnable, aura la faculté de se servir du puits d'entrée.

Règle 24. Présence du machiniste. — Dans toute mine où l'entrée du personnel se fait par des moyens mécaniques, une personne compétente du sexe masculin, d'au moins vingt-deux ans, sera désignée pour la manœuvre de l'engin employé à descendre et monter le personnel; il devra être présent à cet effet tout le temps qu'une personne se trouvera au fond.

Si un puits, un plan ou un niveau sert à établir une communication entre deux parties d'une mine, et que le personnel circule dans ce puits, plan ou niveau au moyen d'une machine ou d'un treuil, actionné ou conduit par la vapeur ou toute autre force mécanique, ou au moyen d'un animal, ou à la main, la personne chargée de la machine, du treuil, ou d'une portion de la machinerie, câbles, chaînes ou harnais, doit être une personne compétente, du sexe masculin, et d'au moins dix-huit ans.

Lorsque l'engin est mu par un animal, la personne sous la direction de laquelle agit le conducteur de l'animal, sera, pour l'application de la présente règle, réputée être la personne chargée de la machinerie.

Règle 25. Signaux pour puits d'extraction. — Tout puits en activité servant à l'extraction ou à la circulation du personnel, excédant une profondeur de 50 yards (45 mètres), sera pourvu, sauf dispense écrite de l'inspecteur du district, d'un guidage et de moyens suffisants pour permettre l'envoi de signaux complets et bien définis, du fond du puits et de chaque accrochage en service à la surface, et inversement de la surface au fond et à chaque accrochage.

Règle 26. — Si l'appareil d'extraction d'une mine n'est pas pourvu de quelque engin automatique pour éviter une mise aux molettes, la cage, lorsque des hommes sont élevés, ne sera pas

ménée à une vitesse excédant trois milles à l'heure (4^{kil},8 à l'heure) dès que la cage aura atteint un point qui sera fixé par le règlement particulier.

Règle 27. Couverture de la cage. — Un chapeau suffisant sera employé pour toute cage ou benne servant à la circulation du personnel dans un puits en activité, à moins que la cage ou la benne ne soit mue par un treuil, ou que les personnes soient occupées à un travail dans le puits, ou qu'une dispense écrite ait été donnée par l'inspecteur du district.

Règle 28. Chaînes. — On n'emploiera pas une simple chaîne pour monter ou descendre les personnes dans un puits en activité ou un plan incliné, excepté la courte chaîne d'attache de la cage ou de la benne.

Règle 29. Glissement du câble hors du tambour. — Le tambour de toute machine employée à monter ou à descendre des personnes sera muni de rebords ou saillies, et, si le tambour est conique, d'autres dispositions suffisantes pour éviter le glissement du câble.

Règle 30. Frein et indicateur. — Toute machine mue par la vapeur, l'eau ou tout autre agent mécanique, qui sert à monter et descendre des personnes, doit être munie d'un frein ou de freins suffisants, et d'un indicateur convenable (en addition à toute marque sur le câble) pour montrer à la personne qui manœuvre la machine la position de la cage ou de la benne dans le puits.

Si l'arbre du tambour n'est pas attaqué directement, il y aura un frein suffisant sur l'arbre du tambour.

Règle 31. Couverture des mécanismes. — Tout volant et toute partie saillante et dangereuse de machines employées dans une mine et ses dépendances sont et seront maintenues bien couvertes.

Règle 32. Soupapes de sûreté, manomètres et indicateurs pour chaudières. — Toute chaudière à vapeur isolée ou appartenant à une batterie doit être munie d'une soupape de sûreté convenable ainsi que d'un manomètre et d'un indicateur du niveau de l'eau pour montrer respectivement la pression de la vapeur et la hauteur de l'eau dans chaque chaudière.

Règle 33. Baromètre, etc. — Un baromètre et un thermomètre seront placés à la surface, en un point bien apparent, près de l'entrée de la mine.

Règle 34. Brancards. — Lorsque des personnes sont employées souterrainement, des brancards ou ambulances avec des bandages

et des attelles seront tenus à la mine prêts à un usage immédiat en cas d'accident.

Règle 35. Dégâts volontaires. — Nul n'endommagera volontairement, n'enlèvera ou ne mettra hors de service, sans y être dûment autorisé, les barrières, clôtures, niches d'évitement, plans de refuge, muraillement, boisage, guides, appareils de transmission des signaux, signaux, couvertures des cages, chaînes, rebords, saillies, frein, indicateur, manomètre, indicateur du niveau de l'eau, soupape de sûreté ou autre choses et dispositions placées dans une mine par application de la présente loi.

Règle 36. Soumission aux ordres. — Chacun doit se soumettre aux ordres donnés, en ce qui concerne l'exploitation, pour assurer l'exécution de la présente loi et des règlements particuliers en vigueur.

Règle 37. Registres et copies de leurs inscriptions. — Les registres mentionnés dans les présentes règles sont fournis par le propriétaire, le gérant ou le directeur; les registres, en original ou copie régulière, seront tenus au bureau à la mine; tout inspecteur, toute personne employée dans la mine, tout individu muni d'une autorisation écrite de l'inspecteur ou d'une desdites personnes, peut, à toute heure raisonnable, inspecter ces registres, en prendre copie ou en faire des extraits; mais rien dans les présentes règles ne sera considéré comme imposant l'obligation de conserver ces registres ou leur copie plus de douze mois après que le registre aura cessé de servir à des inscriptions.

Tout rapport dont la présente loi exige l'inscription sur un registre peut être partiellement imprimé ou lithographié, et partiellement écrit à la main.

Règle 38. Inspection périodique de la part des ouvriers. — Les personnes employées dans une mine peuvent de temps en temps désigner deux d'entre elles ou deux personnes qui ne soient pas ingénieurs des mines, mais qui travaillent actuellement et effectivement comme ouvriers mineurs, pour inspecter la mine à leurs frais; les personnes ainsi désignées pourront au moins une fois par mois, accompagnées, si le propriétaire, le gérant ou le directeur le juge bon, par lui-même ou par un ou plusieurs officiers de la mine, aller dans toutes les parties de la mine, et inspecter les puits, niveaux, plans inclinés, chantiers, retours d'air, appareils d'aérage, vieux travaux et machinerie. Toute facilité devra leur être donnée pour l'inspection de la mine, par le propriétaire, le gérant ou le directeur et par tout le personnel de la mine; les personnes ainsi désignées feront un rapport sincère

des résultats de leur inspection; ce rapport sera inscrit dans un registre tenu à la mine à cet effet et sera signé par les personnes qui auront fait l'inspection; et si le rapport signale l'existence ou l'appréhension d'un danger, le propriétaire, le gérant ou le directeur devra faire une copie sincère du rapport et l'enverra à l'inspecteur du district.

Règle 39. — Aucune personne, qui ne serait pas actuellement employée comme piqueur au charbon ou au minerai de fer, ne pourra être autorisée à travailler seule comme piqueur au charbon ou au minerai de fer tant qu'elle n'aura pas acquis deux années d'expérience d'un pareil travail sous la surveillance d'un ouvrier expérimenté, ou tant qu'elle n'aura pas été, au préalable, employée pendant deux ans au front de taille ou au service du front de taille d'une mine.

50. Pénalités pour infraction aux règles. — Toute personne qui viole ou n'observe pas une des règles générales de la présente loi, sera coupable d'une infraction à la loi; et, dans le cas d'une violation ou d'une inobservation d'une desdites règles générales à l'occasion d'une mine à laquelle s'applique la présente loi, par quelque personne que ce soit, le propriétaire, le gérant et le directeur seront chacun coupables d'une infraction à la loi, à moins qu'il ne prouve, chacun en ce qui le concerne, qu'il avait pris toutes les mesures raisonnables, en les publiant et en faisant de son mieux pour faire exécuter lesdites règles comme des règlements pour l'exploitation de la mine, en vue de prévenir cette violation ou inobservation.

Règlements particuliers.

51. Règlement particulier de chaque mine. — Il sera établi dans chaque mine, pour conduire et guider toutes les personnes intervenant dans la direction de la mine ou employées dans la mine et ses dépendances, un règlement [appelé dans la présente loi *règlement particulier (special rules)*], qui, suivant la situation spéciale et les circonstances de la mine, paraîtra le mieux calculé pour éviter les accidents dangereux, et pour assurer la sécurité et la discipline des personnes employées dans la mine ou ses dépendances.

Ce règlement particulier, une fois établi, sera signé en double par l'inspecteur qui sera inspecteur du district au moment de l'établissement du règlement; et il sera observé dans la mine et

ses dépendances (y compris ses extensions) de la même manière que s'il faisait partie de la présente loi.

Si une personne qui est tenue à observer le règlement particulier établi pour une mine, viole ou manque à observer quelque-une de ces prescriptions, elle sera coupable d'une infraction à la loi; le propriétaire, le gérant et le directeur seront également coupables chacun d'une infraction à la loi à moins qu'il ne prouve, chacun en ce qui le concerne, avoir pris les mesures raisonnables pour prévenir cette violation ou inobservation, en publiant le règlement et en faisant de son mieux pour assurer son exécution comme règlement de l'exploitation de la mine.

52. *Établissement d'un nouveau règlement particulier.* — Le propriétaire, le gérant ou le directeur de toute mine doit préparer et transmettre à l'inspecteur du district, pour être approuvé par le secrétaire d'État, un règlement particulier pour ladite mine dans les trois mois de la mise en vigueur de la présente loi, ou dans les trois mois du début, postérieur à cette mise en vigueur, du travail ayant pour objet d'ouvrir une nouvelle mine ou de reprendre les travaux d'une ancienne mine.

Le projet de règlement particulier, — avec un avis imprimé faisant connaître que toute objection, fondée sur ce qu'il contient ou ce qu'il a omis de contenir, peut être envoyée par l'une quelconque des personnes employées dans la mine à l'inspecteur du district ou à son adresse indiquée dans ledit avis, — sera affiché, pendant au moins deux semaines avant l'envoi du règlement à l'inspecteur, de la manière prescrite par la présente loi pour la publication des règlements particuliers, en vue de renseigner les personnes employées dans la mine; une attestation de l'affichage régulier du règlement et de l'avis précité, signée par la personne qui transmet le règlement, sera envoyée à l'inspecteur avec deux exemplaires dudit règlement.

Si le secrétaire d'État ne fait pas opposition au règlement dans les quarante jours après sa réception par l'inspecteur, le règlement se trouvera, dès lors, définitivement arrêté.

53. *Opposition du secrétaire d'État aux règlements particuliers.* — Si le secrétaire d'État estime que le règlement particulier qui lui est transmis ou quelque-une de ses dispositions n'est pas suffisant pour prévenir des accidents dangereux dans la mine, ou pour assurer la sûreté ou la commodité des personnes employées dans la mine ou ses dépendances, ou n'est pas raison-

nable, il peut, dans les quarante jours après la réception du règlement par l'inspecteur, faire opposition au règlement et proposer par écrit au propriétaire, gérant ou directeur une modification par voie de suppression, changement, substitution ou addition.

Si, dans les vingt jours après la réception de cette proposition de modification émanée du secrétaire d'État, le propriétaire, gérant ou directeur n'y fait pas d'opposition par écrit, le règlement proposé sera arrêté avec lesdites modifications.

Si le propriétaire, gérant ou directeur envoie son opposition par écrit au secrétaire d'État dans lesdits vingt jours, l'affaire sera soumise à l'arbitrage prévu par la présente loi; la date de la réception de l'opposition par le secrétaire d'État sera réputée celle de l'ouverture de l'arbitrage; le règlement particulier sera arrêté ainsi qu'il ressortira de la sentence arbitrale.

54. *Modifications au règlement particulier.* — Après que le règlement particulier d'une mine a été arrêté, le propriétaire, gérant ou directeur peut de temps en temps proposer par écrit à l'inspecteur du district, pour être approuvé par le secrétaire d'État, une modification du règlement particulier ou un nouveau règlement particulier; les dispositions de la présente loi relatives au règlement original s'appliqueront à cette modification ou à ce nouveau règlement particulier de la même manière, autant que possible, qu'elles s'appliquent au règlement original.

Le secrétaire d'État peut de temps en temps proposer par écrit au propriétaire, gérant ou directeur d'une mine un nouveau règlement particulier ou une modification au règlement particulier; les dispositions de la présente loi relatives aux propositions du secrétaire d'État en vue de modifier le règlement particulier transmis par le propriétaire, le gérant ou le directeur de la mine s'appliqueront à ce nouveau règlement particulier ou à cette modification de la même manière, autant que possible, qu'elles s'appliquent à ces propositions.

55. *Fausse déclaration et omission d'envoi en matière de règlements particuliers.* — Si le propriétaire, le gérant ou directeur d'une mine fait une fausse déclaration en ce qui concerne l'affichage du règlement et de l'avis, il sera coupable d'une infraction à la présente loi; si le règlement particulier pour une mine n'est pas envoyé à l'inspecteur, pour être approuvé par le secrétaire d'État, dans le délai fixé par la loi, le propriétaire, le gérant et le

directeur seront chacun coupables d'une infraction à la présente loi, à moins qu'il ne prouve, chacun en ce qui le concerne, avoir pris toutes les mesures raisonnables pour assurer l'envoi du règlement, en faisant de son mieux pour exécuter les prescriptions de la présente loi.

56. *Copie certifiée du règlement produite en témoignage.* — Un inspecteur, sur demande à lui adressée, certifiera l'exemplaire qui lui sera montré être une vraie copie du règlement particulier actuellement et régulièrement en vigueur dans une mine; une copie ainsi certifiée fera foi, jusqu'à preuve contraire, du règlement particulier et du fait qu'il a été dûment établi conformément à la présente loi et signé par l'inspecteur.

Publication d'un extrait de la loi et du règlement particulier.

57. *Publication d'un extrait de la loi et du règlement particulier.* — Pour porter les dispositions de la présente loi et celles du règlement particulier à la connaissance de toutes les personnes employées dans une mine et ses dépendances, un extrait de la présente loi fourni, sur la demande du propriétaire, du gérant ou du directeur, par l'inspecteur du district de la part du secrétaire d'État, et une copie exacte du règlement particulier seront publiés comme suit :

1) Le propriétaire, le gérant ou le directeur d'une mine fera afficher, en caractères lisibles, l'extrait et la copie précitées, avec le nom de la mine, le nom et l'adresse de l'inspecteur du district, et le nom du propriétaire ou du gérant ou du directeur y indiqués, en un point bien apparent à ou près de la mine, de façon à pouvoir être convenablement lus par les personnes employées; en cas où ces affiches seraient effacées, endommagées ou détruites, il les fera renouveler avec toute la diligence raisonnable;

2) Le propriétaire, le gérant ou le directeur devra fournir gratuitement un exemplaire imprimé de l'extrait et du règlement particulier à chaque personne, employée dans la mine ou ses dépendances, qui demanderait un pareil exemplaire au bureau où sont payées les personnes immédiatement employées par le propriétaire, le gérant ou le directeur;

3) Tout exemplaire du règlement particulier devra rester distinct de toutes règles qui dépendent exclusivement du contrat entre l'employeur et l'employé.

En cas d'inobservation des dispositions du présent article par quelque personne que ce soit, le propriétaire, le gérant et le directeur seront chacun coupables d'une infraction à la loi; mais le propriétaire, le gérant ou le directeur ne sera pas réputé coupable s'il a pris toutes les mesures raisonnables pour éviter cette inobservation, en faisant de son mieux pour l'exécution du présent article.

58. *Lacération ou destruction des avis.* — Quiconque enlèvera, endommagera ou effacera un extrait, avis, projet de règlement particulier, ou règlement particulier, affiché en exécution de la présente loi, ou tout avis affiché en exécution d'un règlement particulier, sera coupable d'une infraction à la loi.

TROISIÈME PARTIE

DISPOSITIONS SUPPLÉMENTAIRES.

Poursuites légales.

59. *Pénalités pour infractions à la loi.* — Toute personne employée dans une mine ou ses dépendances, autre que le propriétaire, le gérant ou le directeur, qui est coupable d'un fait ou d'une omission qui, pour un propriétaire, gérant ou directeur, constituerait une infraction à la loi, sera réputé coupable d'une pareille infraction.

Quiconque est coupable d'une infraction à la loi pour laquelle une pénalité spéciale n'a pas été explicitement prévue, sera passible, par infraction, d'une amende d'au plus 20 livres (500 francs) s'il est propriétaire, gérant, directeur ou sous-directeur, et de 2 livres (50 francs) s'il s'agit de toute autre personne. Si un inspecteur a donné avis par écrit d'une telle infraction, il sera infligé une autre amende de 1 livre (25 francs) au plus par jour que l'infraction continuera à être commise après cet avis.

60. *Emprisonnement pour négligence volontaire causant danger de mort ou de blessures.* — Si une personne, propriétaire, gérant, directeur ou sous-directeur, ou toute autre personne employée dans la mine ou ses dépendances, est coupable d'une infraction à la loi qui, dans l'opinion du tribunal saisi de l'affaire, a été raisonnablement calculée pour menacer la sûreté des personnes employées dans la mine ou ses dépendances, ou pour occasion-

ner des blessures graves à quelqu'une desdites personnes, ou pour occasionner un accident dangereux, et a été volontairement commise par action personnelle, par omission personnelle ou négligence personnelle de l'inculpé, cette personne sera passible, si le tribunal estime qu'une amende est disproportionnée aux circonstances de l'affaire, de l'emprisonnement avec ou sans travail forcé pour une période de trois mois au plus.

61. *Procédure sommaire pour infractions, amendes, etc.* — Toutes infractions à la présente loi non qualifiées délits (*misdeemeanours*), toutes amendes infligées en vertu de la présente loi, toutes sommes et frais que la présente loi stipule devoir être recouvrés comme des amendes, seront poursuivis et recouvrés de la manière fixée par les lois sur la juridiction sommaire par-devant une Cour de juridiction sommaire.

La procédure en révocation d'un contrôleur de pesage sera réputée une affaire sur laquelle une cour de juridiction sommaire a pouvoir légal de délivrer un ordre d'exécution en conformité des lois de juridiction sommaire; des ordres sommaires, en vertu de la présente loi, peuvent être délivrés, sur plainte, par une cour de juridiction sommaire de la manière prescrite par les lois de juridiction sommaire.

62. *Dispositions générales sur les procédures sommaires.* — Dans toutes les parties du Royaume-Uni on observera les prescriptions suivantes :

1° Toute plainte ou poursuite faite ou entamée en exécution de la présente loi (sauf si elle en a autrement et explicitement décidé) sera faite ou entamée dans les trois mois de la date à laquelle remonte le fait objet de la plainte ou de la poursuite;

2° Toute personne inculpée d'une infraction à la loi peut, si elle le juge bon, prêter serment et être interrogée comme un témoin ordinaire dans l'affaire;

3° La Cour peut, sur requête de l'une ou l'autre partie, décider qu'il sera dressé et conservé procès-verbal des témoignages.

63. *Appel aux sessions trimestrielles.* — Si une personne se trouve atteinte et convaincue par une cour de juridiction sommaire prononçant sur une poursuite intentée par application de la présente loi, et, à ce titre, frappée d'emprisonnement ou d'une amende de moitié au moins du maximum, elle peut interjeter appel devant une cour de sessions trimestrielles, de la manière prescrite par les lois sur la juridiction sommaire.

64. *Responsabilité pour erreur sur l'âge, etc.* — S'il est établi qu'un jeune garçon ou une jeune fille a été employé sur les déclarations du père, de la mère ou du tuteur qu'il ou qu'elle était d'âge auquel son emploi n'était pas en contravention avec les dispositions de la loi, et sous la croyance de bonne foi qu'il ou qu'elle avait l'âge légal, ou si une personne a travaillé seule comme piqueur au charbon ou au minerai de fer sur sa déclaration qu'elle a deux ans d'expérience sous la surveillance d'un ouvrier expérimenté ou qu'elle a été antérieurement occupée pendant deux ans au front de taille d'une mine ou au service d'un front de taille, et sous la croyance de bonne foi qu'elle a cette expérience ou qu'elle a été ainsi occupée, le propriétaire, le gérant ou le directeur de la mine et l'employeur seront exemptés de toute pénalité, et les parents ou le tuteur ou la personne qui a ainsi travaillé seule, suivant le cas, seront, pour cette fausse déclaration, réputés coupables d'une infraction à la loi.

65. *Poursuites des propriétaires, gérants, directeurs, etc.* — Aucune poursuite ne pourra être intentée contre un propriétaire, gérant, directeur ou sous-directeur de mines pour une infraction à la loi non commise personnellement par lui, lorsque cette poursuite devra être intentée devant une cour de juridiction sommaire, que par un inspecteur ou avec le consentement écrit du secrétaire d'État; et, dans le cas d'une infraction dont le propriétaire, gérant, directeur ou sous-directeur n'est pas responsable s'il prouve qu'il a pris toutes les mesures raisonnables pour empêcher l'omission, un inspecteur ne pourra intenter de poursuites contre le propriétaire, le gérant, le directeur ou le sous-directeur s'il a acquis la conviction que les mesures raisonnables précitées ont été effectivement prises. Aucune poursuite ne peut être intentée contre un *coroner* pour infraction à la présente loi qu'avec le consentement écrit du secrétaire d'État.

66. *Rapport sur les résultats des poursuites contre les ouvriers.* — Lorsque le propriétaire, le gérant ou directeur d'une mine a intenté des poursuites en vertu de la présente loi contre une personne employée dans la mine ou ses dépendances à raison d'une infraction commise contre la loi, il devra, dans les vingt et un jours après les débats, faire connaître le résultat à l'inspecteur du district.

67. *Procédure sommaire pour infractions en Écosse.* — En Écosse on se conformera aux dispositions suivantes :

1) La Cour de juridiction sommaire pour instruire et statuer sur une information ou une plainte, sera le shérif ;

2) Toute juridiction, tous pouvoirs et tous droits nécessaires à une cour de juridiction sommaire en vertu de la présente loi, sont conférés à cette Cour ;

3) Toute personne déclarée passible d'une amende en vertu de la présente loi par une cour de juridiction sommaire, ou condamnée à payer une somme ou des frais que la présente loi prescrit de recouvrer comme des amendes, sera passible, à défaut de paiement immédiat, d'un emprisonnement pour un délai de trois mois au plus ; la condamnation et le mandat sont rendus dans la forme du n° 3 de la cédule K de la loi de juridiction sommaire de 1864 ;

4) Une amende supérieure à 50 livres (2.500 francs) sera recouvrée de la même manière qu'une amende due à Sa Majesté ;

5) Un appel ne pourra être interjeté d'une condamnation prononcée par un shérif que devant la prochaine Cour de circuit, ou, à défaut de cour de circuit devant la Haute-Cour de judicature à Édimbourg, de la manière prescrite par les dispositions de la loi 20 Georges II, ch. 43, et de toutes lois l'ayant amendée en ce qui concerne les appels en matière criminelle, et par et sous les règles, exceptions, conditions et restrictions contenues dans lesdites dispositions.

68. *Réserve pour les procédures suivant d'autres lois.* — Rien dans la présente loi ne peut empêcher une personne d'être poursuivie ou passible, en vertu d'une autre loi, d'une autre amende ou peine plus élevée que celle prévue pour une infraction à la présente loi, à la condition, toutefois, que nul ne soit puni deux fois pour la même infraction.

Si la Cour devant laquelle une personne est poursuivie pour infraction à la présente loi estime que la poursuite aurait dû être intentée contre cette personne pour cette infraction en vertu d'une autre loi ou autrement, la Cour peut ajourner l'affaire pour permettre à cette poursuite d'avoir lieu.

69. *Incompatibilité des propriétaires, etc., pour fonctionner en justice, etc., dans les procédures en vertu de la loi.* — Une personne qui est le propriétaire, le gérant ou le directeur d'une mine, ou un ouvrier mineur ou un agent des ouvriers mineurs, ou le père, fils ou frère, ou le beau-père, beau-fils ou beau-frère dudit propriétaire, gérant ou directeur ou d'un ouvrier mineur ou d'un

agent des ouvriers mineurs, ou qui est le directeur d'une Compagnie propriétaire d'une mine ne pourra pas, excepté avec le consentement des deux parties en cause, fonctionner comme une cour ou comme membre d'une cour de juridiction sommaire ayant à connaître d'une infraction à la présente loi.

70. *Emploi des amendes.* — Si une amende est infligée en vertu de la présente loi pour omission d'envoi d'un avis d'explosion ou d'accident ou pour une infraction à la loi qui a occasionné mort ou blessure d'homme, le secrétaire d'État peut ordonner, s'il le juge bon, que cette amende sera payée ou distribuée aux personnes blessées, aux parents des décédés ou à quelques-uns d'entre eux.

Il est entendu que :

1° Ces personnes ne doivent pas, dans son opinion, avoir occasionné ou contribué à occasionner l'explosion ou l'accident, ni commis ou avoir contribué à commettre l'infraction ;

2° Le fait du versement ou de la distribution ne devra exercer aucun effet ni être reçu comme une preuve dans toute poursuite légale relative ou succédant à l'explosion, l'accident ou l'infraction ;

Sauf ce qui vient d'être dit,

Toutes les amendes recouvrées en Angleterre et en Écosse par application de la présente loi, seront payées au crédit de l'Échiquier de Sa Majesté et versées aux Fonds consolidés ;

Toutes les amendes recouvrées en Irlande recevront l'emploi indiqué dans la loi de 1851 sur les amendes pour l'Irlande ou toute loi ayant modifié celle-ci.

Divers.

71. *Détermination des mines auxquelles s'applique la présente loi.* — Si la question est soulevée (ailleurs que dans une poursuite légale) de savoir si une mine est de celles auxquelles s'applique la présente loi ou la loi de 1872 sur la réglementation des mines métalliques ou toute autre loi en vigueur relative aux mines métalliques, la question sera soumise au secrétaire d'État, dont la décision sur ce point sera définitive.

72. *Pouvoirs du secrétaire d'État d'émettre et de révoquer des ordres.* — Tout ordre ou toute dispense à rendre par le secrétaire d'État en vertu de la présente loi peut être rendu et révoqué de

temps en temps ou modifié par lui, soit sans conditions, soit sous les conditions qu'il jugerait utiles, et sera signé par le secrétaire d'État ou le sous-secrétaire adjoint.

73. *Envoi des avis.* — Tous avis à donner en vertu de la présente loi (à moins que leur impression ne soit explicitement spécifiée) sera soit manuscrit, soit imprimé ou lithographié, ou partiellement manuscrit et partiellement imprimé ou lithographié; tous avis et documents dont la présente loi prescrit l'émission par un inspecteur ou la transmission à un inspecteur peuvent être soit remis directement, soit envoyé ou transmis par la poste au moyen d'une lettre affranchie; s'ils sont transmis par la poste, ils seront réputés avoir été reçus à la date où la lettre d'envoi devait être délivrée d'après le service normal de la poste; et, pour prouver la notification, il suffira de prouver que la lettre d'envoi a été correctement adressée et remise à la poste.

74. *Application des lois sur la santé publique.* — L'article 38 de la loi de 1875 sur la santé publique (*) (lequel concerne l'aménagement particulier de toute maison en nature de fabrique ou de construction où les deux sexes sont employés) s'appliquera aux parties d'une mine situées au jour, dans lesquelles des jeunes filles et des femmes sont occupées, de même manière que si cet article faisait partie intégrante de la présente loi avec la substitution de ces mots : *parties de mine* au mot : *maison*, dans ledit article.

75. *Définition des mots.* — Dans la présente loi, à moins que le texte ne le spécifie autrement,

Le mot *mine* comprend tout puits en fonçage, tout niveau ou plan incliné en percement, et tous les puits, niveaux, plans inclinés, ouvrages, tramways, voies d'embranchement, au jour et au fond, dans la mine et adjacents à la mine, lui appartenant;

Le mot *puits (shaft)* comprend la fosse (*pit*);

Le mot *plan* comprend une copie exacte ou un calque d'un plan original;

(*) En vertu de cet article, l'autorité locale peut enjoindre au propriétaire ou à l'occupant d'une maison où se trouvent employées des personnes des deux sexes, d'avoir à établir, dans un délai donné, un nombre suffisant de cabinets d'aisances ou d'urinoirs, distincts pour chaque sexe, sous la sanction d'une pénalité principale de 500 francs et d'une pénalité de 50 francs par jour de retard.

Le mot *propriétaire*, employé par rapport à une mine, signifie une personne, physique ou morale, qui est le propriétaire immédiat ou le locataire, ou l'occupant d'une mine ou d'une de ses parties; il ne comprend pas une personne, physique ou morale, qui reçoit simplement une redevance, rente, ou prélèvement pour une mine, ou est simplement le propriétaire d'une mine soumise à un bail, cession, ou permission d'exploitation, ou est simplement le propriétaire du sol sans intérêt dans les substances minérales de la mine; mais tout entrepreneur de l'exploitation d'une mine ou d'une de ses parties sera assujéti à la présente loi de la même manière que s'il était le propriétaire, sans dégager toutefois le propriétaire d'aucune responsabilité;

Le mot *gérant (agent)*, employé par rapport à une mine, signifie toute personne désignée comme le représentant du propriétaire en ce qui concerne la mine ou une de ses parties, et, à ce titre, supérieur au directeur désigné par application de la présente loi;

Le mot *secrétaire d'État* signifie un des principaux secrétaires d'État de Sa Majesté;

Le mot *trésorerie* signifie les commissaires de la Trésorerie de Sa Majesté;

Le mot *jeune garçon* signifie un enfant du sexe masculin de moins de 16 ans;

Le mot *jeune fille* signifie une enfant du sexe féminin de moins de 16 ans;

Le mot *femme* signifie une personne du sexe féminin de plus de 16 ans.

76. *Application de la loi en Ecosse.* — Dans l'application de la loi à l'Ecosse,

Le mot *attorney général* signifie le lord avocat;

Le mot *injonction (injunction)* signifie interdit (*interdit*);

Le mot *délit (misdemeanour)* signifie crime et infraction (*crime et offence*);

Le mot *président des assises trimestrielles* signifie le shérif du comté;

Le mot *shérif* comprend le substitut du shérif;

Le mot *comparaissant sub pœna devant une court of record* signifie comparaissant sur citation devant la Cour de judicature (*court of judiciary*);

Le greffier (*auditor*) d'une Cour de shérif de comté ou d'un district de comté, dans lequel a lieu une enquête, remplira les

fonctions attribuées par la présente loi à un maître (*master*) de l'une des cours supérieures;

L'un des mots : juge d'une cour de comté, magistrat de police, magistrat rétribué, *recorder* (*) ou greffier (*registrar*) d'une cour de comté signifie le shérif ou son substitut;

Avis des explosions, accidents, morts ou blessures sera réputé envoyé à l'inspecteur du district au nom du lord avocat;

Les articles 41 et 16 de la loi de 1867 pour la santé publique en Écosse seront respectivement substitués aux articles 38 et 91 de la loi de 1875 sur la santé publique;

Le mot *école publique primaire* (*public elementary school*) signifie école subventionnée par l'État (*state-aided school*).

Rien dans la présente loi ne peut modifier une des dispositions des lois de 1872 à 1883 sur l'éducation en Écosse.

77. *Application de la loi en Irlande.* — Dans l'application de la loi en Irlande :

L'expression : *les lois sur la juridiction sommaire* (*the summary jurisdiction acts*) signifie, en ce qui concerne le district de la police métropolitaine de Dublin, les lois réglant les pouvoirs et les fonctions des justices de paix et des tribunaux de police de ce district, et ailleurs, en Irlande, la loi de 1851 sur les petites sessions (*petty sessions*) en Irlande et les lois qui ont amendé celle-ci ;

En instruisant et jugeant une poursuite en vertu de la présente loi, une cour de juridiction sommaire, partout ailleurs que dans le district de la police métropolitaine de Dublin, sera composée de deux ou plusieurs juges de paix ou d'un magistrat résidant, avec ou sans autres juges, siégeant en petites sessions (*petty sessions*) ;

Un magistrat résidant signifie un magistrat à ce désigné, procédant conformément à la loi 6 et 7, Guillaume IV, ch. 14 ;

Les articles 48 et 107 de la loi de 1878 sur la santé publique en Irlande seront respectivement substitués aux articles 38 et 91 de la loi de 1875 sur la santé publique ;

Le mot *magistrat de police* ou *magistrat rétribué* signifie un magistrat résidant ;

Le mot *maître* (*master*) d'une des cours royales supérieures signifie un maître taxateur de la Haute-Cour de justice d'Irlande ;

(*) Le *recorder* est un magistrat analogue au juge de paix.

Le mot *greffier* (*registrar*) d'une cour de comté signifie le clerc de la paix (*clerk of the peace*) ;

Le mot *gazette de Londres* signifie gazette de Dublin ;

Le mot *attorney général* signifie l'attorney général pour l'Irlande ;

Le mot *président des sessions trimestrielles* signifie un juge d'une cour de comté.

Dispositions transitoires et abrogation.

78. *Maintien des inspecteurs et des comités d'examen actuels.* — Les personnes qui, au moment de la mise en vigueur de la présente loi, fonctionnent comme inspecteurs en vertu de lois antérieures abrogées par celle-ci, et les comités chargés de désigner les examinateurs pour délivrer les certificats de directeurs, continueront à fonctionner au même titre et généralement à rester dans la même situation, comme s'ils avaient été respectivement nommés en vertu de la présente loi.

79. *Maintien des certificats et registres actuels.* — Tous ordres rendus par le secrétaire d'État en vertu de lois abrogées par la présente loi seront réputés avoir été rendus sous son empire ; tous certificats de capacité ou de service délivrés en vertu d'une loi abrogée par la présente loi, qui sont valables immédiatement avant la mise en vigueur de la présente loi, seront réputés être des certificats de première classe en vertu de la présente loi ; le registre des possesseurs de certificats et tous les autres registres tenus au moment de la mise en vigueur de la présente loi par application des lois qui vont être abrogées par elle, seront réputés être des registres ou des parties de registres tenus en vertu de la présente loi.

80. *Délivrance de certificats de service en faveur de certains sous-directeurs.* — Un certificat de service sera délivré par le secrétaire d'État à toute personne qui justifiera à sa satisfaction soit qu'avant la promulgation de la présente loi, il exerçait et qu'il a exercé depuis cette date des fonctions correspondant essentiellement à celles de sous-directeur de mine, soit qu'à toute époque dans le délai de cinq ans avant la promulgation de la présente loi, il a exercé pour douze mois au moins de pareilles fonctions.

Tout certificat de service de cette nature contiendra des ren-

seignements sur le nom, le lieu et la date de la naissance, la durée et la nature du service antérieur de la personne à laquelle il est délivré; un certificat de service peut être refusé à la personne qui omet de donner d'une façon complète et satisfaisante les renseignements précités ou de payer le droit d'enregistrement fixé par le secrétaire d'État dans les limites déterminées dans la cédule II de la présente loi.

Un certificat de service délivré en vertu du présent article aura le même effet dans l'application de la présente loi qu'un certificat de capacité de seconde classe.

81. *Maintien des règlements particuliers actuels.* — Les règlements particuliers qui, lors de la mise en vigueur de la présente loi, seront en vigueur en vertu de lois abrogées par celle-ci continueront à être les règlements particuliers de la mine en question jusqu'à ce que des règlements particuliers y soient établis en vertu de la présente loi; tant qu'ils seront maintenus, lesdits règlements particuliers auront même valeur que s'ils étaient établis en vertu de la présente loi.

82. *Dispense provisoire pour le travail des jeunes garçons et des jeunes filles entre dix et douze ans.* — Les dispositions de la présente loi n'empêcheront pas

a) Un jeune garçon de moins de douze ans qui, avant la mise en vigueur de la présente loi, était licitement employé souterrainement dans une mine, de continuer à être ainsi occupé;

b) Ni un jeune garçon ou une jeune fille qui, avant la mise en vigueur de la présente loi, était légalement employé au jour dans un travail dépendant de la mine, de continuer à travailler au jour pour le compte de ladite mine;

c) Ni une personne compétente du sexe masculin au-dessus de dix-huit ans qui, avant la mise en vigueur de la présente loi, était légalement employé à la conduite d'une machine servant à monter et à descendre le personnel, de continuer à être ainsi employé de la même manière et sous les mêmes dispositions et réglementations qu'avant la mise en vigueur de la présente loi; les dispositions des lois abrogées par celle-ci, en ce qui concerne l'emploi de ces jeunes garçons, jeunes filles ou ouvriers compétents continueront à être appliquées.

83. *Validité des actes antérieurs.* — Tout règlement ou acte fondé sur une loi abrogée par celle-ci ou sur un règlement en

découlant sera admis comme fondé sur la présente loi ou sur les règlements qui en découlent.

84. *Abrogation de lois.* — Sont abrogées les lois mentionnées dans la cédule IV de la présente loi.

Il est entendu que cette abrogation n'affecte pas toute dispense délivrée ou autre chose faite ou stipulée avant la mise en vigueur de la présente loi; toutes infractions commises, toutes amendes encourues et toutes poursuites entamées avant la mise en vigueur de la présente loi peuvent être atteintes, recouvrées, continuées et sanctionnées comme si la présente loi n'avait pas été rendue.

CÉDULES.

Cédule I. (Art. 24.)

Fonctionnement du comité pour examinateurs.

1. Le comité se réunira pour l'expédition des affaires; il fera de temps en temps des règlements relatifs à l'ordre du jour, à la conduite et à l'ajournement de ses réunions, et généralement sur tout ce qui se rapporte à l'instruction et à la conduite des affaires, y compris le quorum pour les réunions, le tout à sa convenance, sauf l'observation des conditions suivantes :

a) Tous règlements faits par le comité par application de lois abrogées par celle-ci et valables lors de la mise en vigueur de la présente loi continueront à être valables jusqu'à ce qu'ils aient été rapportés ou modifiés par le comité;

b) Une réunion extraordinaire peut avoir lieu à toute époque sur la demande écrite de trois membres du comité adressée au président;

c) Le quorum fixé par le comité sera d'au moins trois membres;

d) Toute question sera résolue à la majorité des membres présents et votant sur la question;

e) Mention sera faite des noms des membres présents et de ceux votant sur chaque question;

f) Aucune affaire ne sera traitée sans qu'avis écrit n'ait été adressé à chaque membre sept jours au moins avant la réunion.

2. Le comité désignera de temps en temps un président et un vice-président.

3. Si, à une réunion, le président n'est pas présent à l'heure fixée, la séance sera présidée par le vice-président; en cas d'absence du président et du

vice-président, les membres présents choisiront l'un d'entre d'eux pour président.

4. En cas d'égalité des votes, le président de la réunion aura une seconde voix ou voix prépondérante.

5. La nomination d'un examinateur peut être faite par un procès-verbal du comité signé par le président.

6. Le comité tiendra des procès-verbaux de ses séances; ils peuvent être inspectés ou copiés par le secrétaire d'État ou par toute personne autorisée par lui à cet effet.

Cedule II. (Art. 25 et 30).

Table des droits maxima à payer pour les certificats.

Certificats de première classe.

Pour un candidat à l'examen. 2 livres (50 francs).
 Pour une copie du certificat. 5 shillings (6^s,25).

Certificats de seconde classe.

Pour un candidat à l'examen 1 livre (25 francs).
 Pour une copie du certificat 2 shillings et 6 pence (3^s,10).

Cédule III. (Art. 33.)

Modèle de déclaration.

(A remplir exactement par le propriétaire, le gérant ou le directeur, et à envoyer à l'inspecteur du district, pour le secrétaire d'État, avant le 21 janvier de chaque année au plus tard.)

PARTIE A.

Année finissant au 31 décembre 18...

Nom de la mine.
 Situation de la mine.
 Comté
 Nom du propriétaire (compagnie)
 Nom du directeur.
 Nom du sous-directeur.
 Adresse postale.

Nombre de personnes habituellement employées dans l'année.

Souterrainement. . . { Garçons de 12 à 16 ans.
 Hommes au-dessus de 16 ans
 Total souterrainement.

Au jour. { Garçons de 12 à 13 ans.
 Jeunes filles de 12 à 13 ans.
 Garçons de 13 à 16 ans.
 Jeunes filles de 13 à 16 ans.
 Femmes au-dessus de 16 ans.
 Hommes au-dessus de 16 ans.
 Total au jour.
 Total au fond et au jour.

Quantité de matière extraite dans l'année.

NATURE DE LA SUBSTANCE	NOMBRE DE TONNES
Charbon)	
Argile réfractaire	
Minerai de fer	
Schiste bitumineux	
Schiste pour d'autres usages.	
Couperoses ou pyrites de fer.	
Autres substances, à savoir	
Total.	

Nombre de jours d'extraction par mois.

	NOMBRE DE JOURS D'EXTRACTION	
	1 Charbon	2 Minerai de fer
Janvier.		
Février		
Mars.		
Avril.		
Mai.		
Juin.		
Juillet.		
Août.		
Septembre.		
Octobre		
Novembre.		
Décembre.		

Date :

Signature :

PARTIE B.

Nom de la mine.

NOM de la couche	MODE et description de la ventilation	DIAMÈTRE et profondeur des puits d'entrée et de sortie d'air				NOMBRE et jaugeage des circuits d'aérage		GALERIES d'aérage		MOYENNE totale d'air frais
		Entrée		Sortie		Circuits	Jaugeage	Longueur des circuits	Section	
		Dia- mètre	Profon- deur	Dia- mètre	Profon- deur					

Cédule IV. (Art. 84.)

Lois abrogées.

DATE DE LA LOI	TITRE DE LA LOI	PORTÉE de l'abrogation
35 et 36 Vict., ch. 76 (1872).	Loi de 1872 sur la réglementation des mines de houille.	Toute la loi.
44 et 45 Vict., ch. 26 (1881).	Loi de 1881 sur les mines de minerai de fer en couche.	Toute la loi.
49 et 50 Vict., ch. 40 (1886).	Loi de 1886 sur les mines de houille.	Toute la loi.

NOTE

SUR LA SOCIÉTÉ COOPÉRATIVE

FORMÉE

POUR L'ASSOCIATION DES CARRIÈRES DE BOURRÉ

Par M. LESEURE, ingénieur en chef des mines.

Les départements de Loir-et-Cher, d'Indre-et-Loire et de la Vienne renferment un grand nombre de carrières souterraines ouvertes dans la craie tuffeau. Le régime d'entreprise suivi pour l'exploitation de ces carrières présente les formes les plus variées. Il nous a paru intéressant d'appeler l'attention sur la forme adoptée dans un groupe de carrières situé à Bourré. Il s'agit d'une Société en nom collectif fondée entre ouvriers carriers, c'est-à-dire, dans le langage actuel des économistes, d'une Société coopérative de production.

Origine de la Société.

En 1856, la production des carrières de la Touraine s'était développée outre mesure. La concurrence entre les extracteurs était devenue très vive, et le prix des 100 unités avait baissé, en quelques mois, de 7 à 8 francs. (L'unité, à Bourré, est la douelle jaugeant $66 \times 33 \times 22^{\text{cm}}$.) Même chute et aussi rapide sur les salaires, à tel point qu'ils étaient tombés à 15 francs les 100 unités, ce qui

ne représentait pas plus de 2 francs par journée de travail. Les carriers, impatients de supporter la plus forte part des frais de la lutte engagée entre les patrons, en vinrent à rechercher s'ils n'auraient pas avantage à s'associer pour entreprendre à leur compte l'extraction de la pierre.

Soixante à soixante-dix ouvriers, presque tous petits propriétaires, se mirent d'accord pour mener à bonne fin cette tentative qui offrait, à Bourré, des chances spéciales de réussite. Il n'était pas besoin d'acheter des propriétés ou des droits d'extraction pour commencer. L'exploitation des carrières remonte à un temps immémorial, et une assez grande étendue était devenue et restée banale, peut-être à la suite de la suppression des droits féodaux le 4 août 1789.

Le fonds de roulement était en revanche indispensable. Impossible de songer à une vente sérieuse si l'on n'avait pas un dépôt où les clients trouveraient les pierres qu'ils viendraient chercher ou commander pour leurs constructions. L'argent leur fut promis, sous la condition qu'ils en garantiraient tous solidairement le remboursement. Ils discutèrent entre eux les conditions du pacte qui devait cimenter leurs engagements mutuels et leur association, et, finalement, sur ces données, le notaire rédigea des statuts conformes à la loi et aux règles du Code civil sur les Sociétés. L'acte fut signé le 25 janvier 1857.

Ainsi donc, sans excitation venue du dehors, sans préoccupation du bruit qui s'était déjà fait à Paris et dans les grandes villes autour du mot association, au moment même où ce bruit semblait calmé et comme éteint dans les grands foyers d'agitation, se formait spontanément et par la force des choses la Société coopérative dite *Société des carrières de Saint-Roch*.

Débuts de l'Association.

Les débuts de l'association furent heureux, et ce premier succès contribua à rendre plus solides les assises de l'œuvre nouvelle.

Les patrons, craignant de se voir abandonnés de tous les ouvriers, consentirent à relever leurs salaires et, par conséquence, les prix de vente. Et, du même coup, les ventes reprenaient une certaine activité.

En revanche, les difficultés intérieures ne manquèrent pas aux premières années de la Société de Saint-Roch. Au cours de la quatrième année, le gérant disparut, emportant le total des modestes bénéfices déjà mis en réserve (8 à 10.000 francs). Faute de mieux on choisit, pour le remplacer, un instituteur que l'administration avait forcé de donner sa démission. Ce personnage s'occupait peu, point, ou mal des affaires de la Société, qui allèrent en périlicant. L'assemblée générale le révoqua, et comme les sociétaires avaient eu le temps de réfléchir, leur choix tomba cette fois sur un homme sérieux et actif, qui remit sur pied la situation. Après lui, le gérant qui est encore actuellement chargé de diriger les intérêts de la Société fit preuve de la même capacité et du même dévouement. Les bilans annuels ont, dès lors, constamment donné des résultats satisfaisants, aussi satisfaisants que le permettait la marche plus ou moins favorable du commerce des pierres de construction.

Examen des Statuts.

C'est le moment d'entrer dans l'examen des statuts sous l'autorité desquels a vécu et prospéré jusqu'à présent la Société de Saint-Roch. L'acte de société, signé le 25 janvier 1857, ne prévoyait qu'une durée de six ans. La Société s'est prorogée successivement par actes du

16 juin 1862, 28 octobre 1865, 8 juin 1867, 16 avril 1875, et, finalement, par acte du 1^{er} janvier 1887, elle s'est prorogée pour une durée de cinquante ans, sans avoir jamais apporté des modifications, sinon insignifiantes, à la rédaction des statuts primitifs.

Objet de la Société. — La Société a pour objet l'extraction et la vente des pierres.

Elle est en nom collectif, et, sans nous arrêter aux dispositions légales communes à toute société de ce genre, nous nous bornerons à signaler les traits originaux qui distinguent le contrat statutaire des carriers de Saint-Roch.

Capital social. — Il n'y a pas de capital social.

Le fonds de roulement nécessaire à la marche de la Société est constitué par un emprunt de quarante mille francs, pour le remboursement duquel tous les associés sont débiteurs solidaires.

Administration. — Les biens et affaires de la Société sont administrés par un gérant, qui a pleins pouvoirs. Il est nommé par l'assemblée générale et est toujours révocable par elle. Il verse un cautionnement de cinq mille francs.

Comptes rendus annuels. — Les écritures sont arrêtées tous les ans et le compte rendu en est présenté à l'assemblée générale, qui se réunit de droit le premier dimanche d'avril de chaque année.

Règlement des salaires et de la production. — Une assemblée générale se tient également dans la première huitaine de janvier. Suivant l'état plus ou moins actif de la vente, elle fixe, d'une part, le prix d'extraction à payer par 100 unités, et, d'autre part, le nombre maximum des unités à extraire dans l'année par chaque associé.

Tous les mois, le gérant fait le compte des sociétaires pour les fournitures faites par eux, et en opère le paiement au taux fixé ci-dessus.

Le prix d'extraction est fixé assez bas pour que, tous frais payés, il reste un bénéfice.

Répartition des bénéfices. — Le bénéfice est réparti de la manière suivante :

Prélèvement de 0',20 par 100 unités extraites pour constituer un fonds de réserve ;

Le surplus est attribué à chaque sociétaire, au prorata de sa production pendant l'année, mais sous cette condition — que nul ne peut toucher effectivement sa part, tant qu'il n'aura pas à son crédit une masse individuelle de 300 francs.

Masse individuelle. — Cette masse individuelle reste en caisse jusqu'à l'expiration de la Société, et ne produit pas d'intérêt.

Par les dispositions que nous venons d'indiquer, on peut apprécier que des avances mensuelles sont faites aux associés sans compromettre la situation financière, et que la constitution du fonds de réserve et des masses individuelles donne un gage sérieux du remboursement de l'emprunt.

Gage de l'emprunt statutaire. — Qu'on veuille bien, d'ailleurs, remarquer que depuis longtemps l'emprunt se compose uniquement des dépôts faits en compte courant par les sociétaires eux-mêmes, l'intérêt alloué étant de 5 p. 100.

On ne s'adresse aux banquiers que pour l'escompte des effets reçus en paiement des marchandises livrées, ou le placement des fonds excédant les besoins courants de la caisse sociale. Les banquiers doivent être agréés par le conseil d'administration.

Les sages dispositions des statuts ont assurément contribué à la prospérité durable de l'association ; mais, à notre sens, il y a eu d'autres causes, plus efficaces et plus dignes d'être signalées à l'attention de ceux que préoccupe l'avenir des sociétés coopératives de production.

Ces causes, les voici :

Causes morales des succès de l'association de Saint-Roch. — Les associés, habitant le même village, se connaissent tous ; ils n'ont pas hésité à se rendre solidaires les uns des autres pour tous les intérêts de la Société, et à avoir confiance les uns dans les autres.

Le règlement des comptes ne soulève jamais de difficultés, parce que tout se fait aux pièces, est calculé à la même unité : l'extraction et la vente.

Les ouvriers ayant confiance les uns dans les autres, ont toujours conservé entre eux le meilleur accord et sont restés animés envers l'œuvre commune de la même foi et du même dévouement qu'à l'origine.

Par-dessus tout, ils n'ont jamais laissé défailir cet esprit de discipline sans lequel on peut affirmer hautement — qu'aucune Société coopérative de production n'est possible :

Hoc virtutis opus!

Liberté individuelle des associés. — Signalons encore quelques particularités remarquables et propres à l'association de Saint-Roch. Nous ne connaissons pas d'association qui laisse une place aussi grande à la liberté individuelle et à l'indépendance de chaque associé dans le travail commun.

Les statuts sont muets sur le travail au chantier, c'est-à-dire que chaque associé est libre de choisir son chantier dans les tréfonds accessibles à la Société et de l'ex-

exploiter à ses risques et périls. Grâce à la grande étendue des carrières disponibles et au bon esprit d'accord des sociétaires, l'exercice de cette liberté n'a jamais causé ni gêne ni discussion.

A vraiment dire, l'association de Saint-Roch est formée entre de petits entrepreneurs pour acheter en commun les droits de propriété et vendre en commun la production de chacun d'eux.

Précautions contre l'excès de production. — L'assemblée générale détermine, avons-nous dit, le maximum des pierres à fournir annuellement par chaque associé. La Société se trouve par là garantie contre l'encombrement des stocks et l'avilissement des prix de vente qui suivrait fatalement.

Les ouvriers se résignent sans trop de peine à réduire leur production. Plusieurs sont petits propriétaires, et quand le travail de la carrière fait défaut, ils s'occupent plus activement au soin de leurs vignes et de leurs cultures pendant l'été et l'automne ; les autres vont s'engager pour les travaux des récoltes et des terrassements dans les grosses fermes jusqu'à une assez grande distance.

Le nombre des sociétaires a oscillé de 80 à 100. Il est actuellement réduit à 78.

Nous compléterons cet exposé en donnant les relevés des comptes rendus pour les années 1885 et 1886.

Actif.

ANNÉES	EXTRACTION en unités	VALEUR MOYENNE de l'unité	VALEUR TOTALE de l'extraction en francs
1885	184.721	0,547	101.012
1886	192.278	0,526	101.138

Passif.

ANNÉES	MAIN-D'ŒUVRE	FRAIS de transport divers	FRAIS généraux de direction, etc.	FRAIS de banque et d'emprunt	FONDS de réserve	TOTAL	MAIN-D'ŒUVRE par unité
1885	43.872	43 814	10.049	3.310	»	101.042	0,237
1886	42.301	39.905	10 204	6.386	2.342	101.138	0,220

Observations.

Main-d'œuvre. — Un ouvrier produit par jour de travail normal 15 unités (15 douelles jaugeant chacune $0,66 \times 0,33 \times 0,22^{\text{cm}}$). A raison de 0,237 par unité, le salaire journalier était de 3 fr. 55 en 1885 ; et, à raison de 0,22 par unité, il était réduit à 3 fr. 30 en 1886. La situation, loin de s'améliorer, semble devoir être plus critique en 1887 ; le taux de l'unité atteindra à peine 0,20 et le salaire des associés par jour de travail aura peine à s'élever jusqu'à 3 francs.

Les exploitants des carrières de la région ont réduit le prix de la tâche à 0,15 par unité, et il est question d'abaisser encore ce chiffre et de descendre à 0,12. A ce point, le prix de la journée ne dépasserait pas 1 fr. 80.

L'assemblée générale de Saint-Roch avait limité la production individuelle à 2.300 unités en 1885 et en 1886 ; elle a fixé à 2.000 la production maximum individuelle pour 1887.

Dans les années florissantes, la production individuelle s'était élevée jusqu'à 4.500 unités, et le prix de main-d'œuvre jusqu'à 30 centimes l'unité. A ce moment, les associés gagnaient 4 fr. 50 par jour et 1.300 francs par an.

Frais de transport. — Les frais de transport sont considérables ; mais cela ne doit pas surprendre si l'on fait

attention que pour sortir les pierres du chantier et les amener par galeries souterraines et chemins de traverse (1.200 mètres de parcours moyen) jusqu'au port, à la gare ou au dépôt de Bourré, il faut déjà déboursier 10 francs par 100 unités.

Ajoutons ensuite les frais de transport par chemin de fer, par eau ou par route de terre pour rendre à destination, car c'est à destination qu'est réalisé et calculé le prix de vente moyen de 0,547 en 1885 et de 0,526 en 1886.

Il serait facile de ramener ces prix de transport au mètre cube et au quintal en partant des données suivantes : 100 douelles font $4^{\text{m}^3},80$; le mètre cube de craie tuffeau à Bourré pèse 1.420 kilogrammes, et 100 douelles donnent ensemble un poids moyen de chargement de 6.800 kilogrammes.

Frais généraux. — Les frais généraux comprennent les frais de direction, les frais de bureau, les frais de voyage et de représentation, les locations des terrains de dépôt, les contributions, les travaux de réparation intérieure, et l'entretien des chemins extérieurs aboutissant aux entrées des galeries souterraines.

Frais de banque. — Les frais de banque et d'emprunt représentent les frais d'escompte des valeurs diverses, les intérêts des emprunts et des comptes courants, et le remboursement des masses individuelles des sociétaires démissionnaires ou décédés.

STATUTS DE LA SOCIÉTÉ DE SAINT-ROCH

TITRE I^{er}.**But de la Société. — Sa durée. — Sa composition.
Sa dénomination. — Son siège.**

Art. 1^{er}. — La Société en nom collectif établie pour l'extraction et la vente des pierres de Bourré est prorogée jusqu'au 1^{er} janvier 1937 par tous les comparants aux présentes.

Art. 2. — La Société conserve la dénomination de Société de Saint-Roch, et continuera son existence sous la raison sociale E. Lutier et Compagnie.

Art. 3. — Le siège de la Société est fixé à Bourré, bureau du gérant.

TITRE II.

Apport. — Capital social.

Art. 4. — Le capital social est fixé à la somme de quarante mille francs.

Art. 5. — Pour fournir cet apport, les sociétaires contractants déclarent autoriser le gérant à emprunter pareille somme de 40.000 francs au fur et à mesure des besoins de la Société, et aux conditions qu'il jugera convenable, tout en donnant la préférence aux sociétaires.

Pour le remboursement de ce capital social, tous les sociétaires actuels, et ceux qui par la suite pourront se joindre à la présente Société, seront débiteurs solidaires jusqu'à parfait remboursement.

TITRE III.

Comptes courants.

Art. 6. — Les sommes que chacun des associés pourra verser à titre d'avance, dans la caisse de la Société et selon ses besoins, seront versées en comptes courants et produiront du jour du dépôt, au profit du déposant, des intérêts à 5 p. 100 par an qui lui seront payés d'année en année.

Ces dépôts ne pourront être retirés que six mois après un avertissement par écrit donné au gérant.

TITRE IV.

Obligations et droits des sociétaires.

Art. 7. — Chacun des sociétaires doit à l'association sa capacité.

Art. 8. — Tous les associés devront se conformer et se soumettre aux règles et conditions qui sont établies par le présent acte de Société.

Art. 9. — Les pères de famille ayant des enfants susceptibles de pouvoir travailler pour le service de la Société ne pourront les laisser aller travailler ailleurs jusqu'à leur majorité, à moins toutefois que ces enfants ne se destinent à une autre industrie.

A leur majorité, ces enfants seront, sur leur demande, admis de droit comme sociétaires, s'il est justifié au conseil d'administration qu'ils jouissent de leurs droits civils et politiques.

Art. 10. — Les pères de famille qui contreviendront à l'article 9 seront passibles de dommages-intérêts qui seront fixés par le conseil d'administration, et au besoin par des arbitres amiablement nommés par les parties.

Art. 11. — Tout sociétaire pourra faire travailler, comme ouvrier de la Société, les petits-enfants, frères, beaux-frères et neveux n'ayant pas de père, sans avoir à payer de rétribution à la Société. Ils jouiront des mêmes droits que les fils des sociétaires.

TITRE V.

Administration. — Gérant.

Art. 12. — Les biens et affaires de la Société seront administrés par un gérant.

Art. 13. — Le gérant aura seul le droit de vendre et faire tous marchés ayant rapport au commerce de la pierre.

Art. 14. — Il aura également seul le droit de traiter pour le transport des pierres vendues; comme, de son côté, la Société aura seule le droit de décider en assemblée générale, du mode de sortie des ateliers, de la pierre extraite, et de la conduite sur les ports; elle se réserve donc, pour ce travail, de choisir les charretiers et de traiter avec eux.

Art. 15. — Le gérant fera tous les recouvrements, et à cet

effet tous les pouvoirs lui sont donnés pour actionner tous débiteurs de la Société devant tous tribunaux, plaider, obtenir tous jugements, les faire mettre à exécution par toutes voies de droit, donner quittances et main-levées.

Mais s'il y a lieu de transiger avec certains débiteurs d'une solvabilité douteuse, le gérant ne pourra le faire que sur un avis du conseil d'administration.

Art. 16. — Le gérant fera le compte des sociétaires pour les fournitures de marchandises ayant rapport au commerce qui fait l'objet de la Société.

Ce compte sera fait tous les mois, ainsi que le paiement des marchandises. Le gérant pourra même, sur la demande des sociétaires, leur avancer de l'argent dans le cours du mois, à valoir et en proportion des marchandises fournies.

Art. 17. — Il devra communiquer au conseil d'administration, au moins une fois par mois, tous les marchés et lettres relatifs au commerce.

Art. 18. — Il devra tenir un registre de copie de lettres, et classer celles qu'il recevra par numéros d'ordre.

Art. 19. — Il pourra contracter, mais seulement après l'autorisation du conseil d'administration, tous emprunts pour les besoins de la Société. Le conseil d'administration décidera dans ce cas, à la majorité des voix.

Les emprunts souscrits par le gérant avec autorisation, seront signés de lui et de deux membres du conseil d'administration, et dans ce cas, tous les sociétaires seront obligés solidairement, un d'eux seul pour le tout à l'égard des tiers.

Art. 20. — La signature pour tous autres engagements relatifs aux affaires de la Société appartiendra seulement au gérant, qui signera sous la raison sociale. Il pourra engager la Société, et rendre les sociétaires solidaires les uns pour les autres, en raison des engagements qu'il aura pris pour toutes choses relatives à la Société.

Art. 21. — A chaque fois que le gérant aura en caisse une somme de 4.000 francs, il devra en placer 2.000 en compte courant chez un banquier au choix du conseil d'administration, dans les trois jours de la recette, et conserver par devers lui les 2.000 autres francs pour les besoins journaliers de la Société.

Art. 22. — Le gérant devra donner tous ses soins aux affaires de la Société, et il lui est expressément interdit de s'intéresser dans aucun établissement ayant le même objet que la présente Société.

S'il venait à le faire, un des membres du conseil d'administration aura le droit de demander le retrait de ses pouvoirs, et le renvoi du gérant sous peine de tous dommages-intérêts.

On devra, ce cas échéant, réunir le conseil d'administration, qui décidera à la majorité absolue des voix, si on devra donner suite à cette demande; et dans le cas d'un vote affirmatif, le conseil devra, même à la requête d'un seul de ses membres, convoquer dans les huit jours une assemblée générale des sociétaires laquelle décidera sur la question, à la majorité des membres présents seulement, et nommera séance tenante un autre gérant.

Art. 23. — Le gérant ne pourra faire des absences de plus de deux jours, pour affaires étrangères à la Société, sans en prévenir le conseil d'administration.

Art. 24. — Il sera responsable des personnes qu'il se sera substituées dans les pouvoirs qui lui sont donnés par la Société, et il ne pourra les déléguer qu'à des sociétaires sachant lire et écrire.

Art. 25. — Il est alloué un traitement fixe au gérant. Ce traitement, qui lui est payé par douzième, sera fixé tous les ans en assemblée générale à la réunion annuelle du dimanche le plus rapproché du 1^{er} avril.

Art. 26. — Les frais de bureau, d'administration, voyages et autres déboursés quelconques, seront remboursés au gérant.

Art. 27. — Pour garantir l'exécution des engagements du gérant vis-à-vis la Société, il devra fournir, dans les huit jours de l'ouverture de l'association, un cautionnement de 5.000 francs.

Ce cautionnement sera fourni, soit en argent, soit en hypothèque, soit par des signatures données par des tiers qui s'engageront solidairement avec le gérant pour ladite somme de 5.000 francs.

Art. 28. — Si le cautionnement était fourni en argent, il sera déposé à la caisse de la Société, qui devra en payer au gérant les intérêts à 5 p. 100 par an, et la somme déposée ne sera remise ou la décharge du cautionnement donnée, qu'un mois après l'acceptation des comptes du gérant remis à la Société, pour raison de cessation de ses fonctions.

Art. 29. — Pour le cas de décès du gérant, avant l'expiration de ses pouvoirs, le conseil d'administration devra convoquer, dans les cinq jours du décès, une assemblée générale des sociétaires, pour pourvoir à la nomination d'un autre gérant.

Art. 30. — Et dès aujourd'hui, les comparants nomment M. Lutier, l'un d'eux, en qualité de gérant de ladite Société,

pour jusqu'au jour où il en aura été décidé autrement par l'assemblée générale.

M. Lutier accepte.

TITRE VI.

Conseil d'administration.

Art. 31. — Il y aura un conseil d'administration et de surveillance, composé :

Du gérant qui en fait partie de droit, comme président,

Et de neuf membres qui seront nommés tous les ans, par l'assemblée générale à la majorité relative des voix, à la réunion annuelle du dimanche le plus rapproché du 1^{er} avril.

Art. 32. — Le conseil d'administration sera présidé par le gérant, et à son défaut par un de ses membres désigné par le sort.

Art. 33. — La présence de cinq des membres du conseil est nécessaire pour la validation des délibérations. Les délibérations sont prises à la majorité des voix des membres présents, et en cas de partage la voix du président est prédominante.

Les délibérations seront constatées par des procès-verbaux qui seront portés sur un registre tenu au siège de la Société et signés par le président et les membres dudit conseil.

Art. 34. — Le conseil d'administration se réunira au siège social, aussi souvent que l'intérêt de la Société l'exigera, et au moins une fois par mois, le premier dimanche du mois sans convocation.

Il y aura convocation par le président pour les réunions qui se feront en dehors des jours ci-dessus fixés.

Art. 35. — A chaque fois qu'un membre du conseil d'administration ne se rendra pas à une réunion sans excuse légitime, il sera passible d'une amende de 50 centimes, versée au fonds de réserve.

Art. 36. — Le conseil d'administration aura qualité pour autoriser le gérant à souscrire tous emprunts nécessaires aux besoins de la Société, et à transiger avec tous débiteurs d'une solvabilité douteuse.

Il vérifiera une fois par mois les marchés et lettres relatifs au commerce, convoquera l'assemblée générale pour les cas prévus au titre 5.

Art. 37. — Le conseil d'administration fera faire tous les travaux qu'il reconnaîtra urgents et nécessaires, dans les carrières et ailleurs pour l'intérêt de la Société.

Art. 38. — Il fera, mais seulement avec l'autorisation de l'assemblée générale, toutes acquisitions et échanges d'immeubles, passera et résiliera tous baux.

Art. 39. — A chaque réunion mensuelle, le conseil d'administration se fera rendre compte par le gérant de la situation de la Société.

TITRE VII.

Contrôle de la comptabilité.

Art. 40. — Il sera nommé chaque année, en assemblée générale, une commission composée de quatre membres pris parmi les sociétaires.

Cette commission aura pour mission de vérifier au moins une fois par mois, le premier dimanche au moins, la caisse, les livres et la correspondance de la Société, en un mot tout ce qui concerne la comptabilité.

Art. 41. — Il sera alloué à titre d'indemnité, à chaque membre du comité de contrôle, une somme qui sera fixée tous les ans, en assemblée générale.

D'un autre côté, ceux des membres qui ne se rendront pas à une réunion de la commission sans excuse légitime, seront passibles, à chaque fois, d'une amende de 2 francs qui sera versée au fonds de réserve.

TITRE VIII.

Assemblée générale.

Art. 42. — Les associés se réuniront en assemblée générale ordinaire sans convocation, le dimanche le plus rapproché du 1^{er} avril de chaque année.

Art. 43. — L'assemblée générale pourra être convoquée extraordinairement, par le conseil d'administration, lorsqu'il le jugera convenable.

Cette convocation devra être faite trois jours à l'avance par simple lettre, contenant le motif de la réunion.

Art. 44. — L'assemblée est régulièrement constituée lorsqu'elle est composée de la moitié des associés plus un. Si cette condition n'est pas remplie, il sera convoqué à huit jours d'intervalle une assemblée dans laquelle aura lieu valablement la délibération, quel que soit le nombre des associés présents.

Art. 45. — L'assemblée générale sera présidée par le gérant,

ou à son défaut et pour le cas où cette assemblée serait convoquée d'office par le conseil d'administration, elle sera présidée par un des membres de ce conseil désigné par le sort.

Art. 46. — Les délibérations seront prises à la majorité des voix des membres présents, elles seront transcrites sur un registre et signées par les sociétaires sachant signer, auquel cas, elles deviendront obligatoires pour tous, et aucun sociétaire ne pourra se pourvoir contre elles pour quelque motif que ce soit.

Art. 47. — L'assemblée générale prononcera souverainement sur tous les intérêts de la Société, elle prendra connaissance des inventaires, entendra le compte du gérant et l'approuvera s'il y a lieu. Elle autorisera les ventes et échanges d'immeubles, ainsi que tous baux et résiliations de baux.

Art. 48. — L'assemblée générale pourra seule prononcer définitivement sur les admissions ou exclusion des associés, sur la nomination et la révocation du gérant et des employés chargés du contrôle et de la livraison des pierres, soit à Bourré, soit ailleurs. Elle fixera leur traitement.

Elle seule décidera des modifications à apporter aux règlements de la Société et aux statuts.

Art. 49. — La présence de la totalité des associés, et prononçant à l'unanimité, est nécessaire pour modifier les dispositions suivantes :

- 1° Le but actuel de la Société,
- 2° La durée de la Société,
- 3° Et sa dissolution anticipée.

Art. 50. — Dans la première huitaine de janvier, et sur convocation du conseil d'administration, les sociétaires se réuniront tous les ans, en assemblée générale, à l'effet de fixer le prix d'extraction à payer aux ouvriers, ainsi que le nombre de pierres à extraire dans l'année par chaque associé.

S'il y a lieu de modifier sur l'année, et le nombre des pierres à extraire, et le prix d'extraction, le conseil d'administration convoquera les sociétaires qui en décideront en assemblée générale.

TITRE IX.

Admissions. — Démissions. — Exclusions. — Décès.

Art. 51. — La Société peut toujours admettre de nouveaux membres, mais nul ne peut être admis dans la Société, qu'en se conformant aux présents statuts.

Art. 52. — Pour faire partie de la Société il faut être d'une conduite régulière et prouver son identité et sa moralité, il faut être admis par l'assemblée générale, et en cas d'admission payer les frais qu'elle aura occasionnés.

Art. 53. — Chaque sociétaire aura le droit de se retirer de l'association avant l'expiration de la Société, mais à la condition qu'il cessera immédiatement de travailler aux carrières ou de faire tous autres travaux relatifs au commerce dont s'agit pendant la durée de la période décennale au cours de laquelle il se sera retiré, et ce dans l'étendue du canton de Montrichard, à peine de payer à la Société une somme de 500 francs à titre de dommages et intérêts.

Art. 54. — Si un associé, d'après l'appréciation du conseil d'administration, est jugé indigne, pour quelque motif que ce soit, de continuer de faire partie de la Société, il peut en être exclu sur la proposition dudit conseil.

L'exclusion ne pourra être prononcée définitivement qu'après délibération de l'assemblée générale ordinaire.

Le membre dont l'exclusion sera demandée aura le droit d'être entendu personnellement pour sa défense, dans cette assemblée.

Il sera prévenu par simple lettre.

Art. 55. — En cas de décès, de démission ou d'exclusion d'un des associés pendant le cours de la Société, ses droits seront déterminés sur le dernier inventaire, et l'association aura trois mois pour se libérer envers l'associé démissionnaire ou exclu, ou les héritiers représentants ou ayants cause de l'associé décédé.

La masse individuelle dont il sera parlé ci-après ne sera remboursée qu'à l'expiration de chaque période décennale.

Art. 56. — Tout sociétaire démissionnaire ou exclu, ou les héritiers de l'associé décédé, continueront à être responsables solidairement avec les autres sociétaires des dettes de la Société qui existeront au moment où il cessera d'en faire partie.

Art. 57. — Les héritiers d'un associé ne pourront, sous quelque prétexte que ce soit, provoquer l'apposition des scellés sur les biens de la Société, ni en demander le partage ou la licitation, ni s'immiscer en aucune manière dans son administration.

TITRE X.

Comptabilité de la Société. — Ses charges.

Art. 58. — Les opérations et affaires de la Société seront constatées par des registres tenus dans les formes légales, et spécialement par un journal, un livre de caisse et des comptes courants au nom de chaque sociétaire.

Les délibérations du conseil d'administration et celles prises en assemblée générale seront transcrites sur des registres spéciaux comme il a été dit.

Art. 59. — Les charges de la Société seront :

1° Les loyers des carrières et des ports, du bureau, et les frais de bureau.

2° Les salaires à payer aux sociétaires ou ouvriers en raison des travaux par eux faits et de leurs livraisons; ceux des charretiers et voituriers pour la sortie et la conduite des pierres sur les ports et autres lieux de destination.

3° Le traitement du gérant et le salaire des employés du contrôle et de la livraison des pierres.

4° La patente et autres contributions, et généralement toutes les dépenses qui pourront être occasionnées par le commerce objet de la Société.

TITRE XI.

Inventaires. — Bénéfices. — Pertes.

Art. 60. — Un état de situation sera dressé tous les ans par le gérant, afin que tout sociétaire puisse, à l'aide de cet inventaire général, se rendre compte chaque année de l'état de la Société.

Ces états de situation seront transcrits sur un registre particulier, et seront communiqués à l'assemblée générale, en séance ordinaire annuelle.

Art. 61. — Les bénéfices seront partagés et les pertes, s'il y en a, seront supportées par chaque sociétaire en proportion de la marchandise qu'il aura livrée chaque année et dont le compte sera fait par le gérant.

Art. 62. — Tout sociétaire devra laisser ses premiers bénéfices à la caisse de la Société, jusqu'à concurrence de 300 francs, taux fixé pour la masse individuelle; ce n'est que lorsque le sociétaire aura complété sa masse qu'il aura droit à toucher sa part dans les bénéfices.

Cette masse restera en caisse jusqu'à l'expiration de la Société et ne produira pas d'intérêts.

Toutefois, l'associé démissionnaire ou exclu, ou la veuve, héritiers et représentants de l'associé décédé, toucheront à partir du jour de l'inventaire qui suivra la démission, l'exclusion ou le décès, l'intérêt à 5 p. 100 de la somme restant à la masse de la Société. A l'expiration de la période décennale qui suivra la démission, l'exclusion ou le décès, le capital sera remboursé à qui de droit.

Tout sociétaire qui ne sera plus en état de travailler, et qui sera considéré comme tel par l'assemblée générale, touchera de même, du jour de la décision de cette assemblée l'intérêt à 5 p. 100 de la somme restant à la masse de la Société, et le capital lui sera payé à l'expiration de la période décennale qui suivra la décision.

TITRE XII.

Fonds de réserve.

Art. 63. — Sur les bénéfices annuels, il sera prélevé 20 centimes pour chaque cent de pierres extraites, pour former un fonds de réserve.

Art. 64. — Ce fonds de réserve est destiné à payer les frais qui seront occasionnés par des affaisements du sol, ébranlements des voûtes des carrières, indemnités d'extraction qui pourraient être réclamées par des tiers, en cas d'avancement sous eux.

Cependant, il ne sera disposé de ce fonds de réserve pour les raisons ci-dessus, qu'à chaque fois que les frais s'élèveront à plus de 300 francs.

Art. 65. — En cas de prorogation de la Société, ce fonds de réserve sera acquis à la Société nouvelle, de sorte que, à quelque époque que ce soit, l'associé qui par suite de démission, décès ou exclusion cessera de faire partie de la Société, perdra son droit au fonds de réserve et ne pourra faire valoir aucune réclamation à ce sujet.

TITRE XIII.

Dispositions générales. — Modifications aux Statuts. Liquidation.

Art. 66. — Aucune modification aux présents statuts ne pourra être acceptée par l'assemblée générale, que sur la proposition

du conseil d'administration ou du cinquième des membres de la Société.

Art. 67. — A l'expiration de la Société et en cas de dissolution anticipée, l'assemblée générale réglera le mode de liquidation, nommera un ou plusieurs liquidateurs.

Pendant le cours de la liquidation, les pouvoirs de l'assemblée se continueront comme pendant l'existence de la Société, pour tout ce qui concernera cette liquidation.

Toutes les valeurs de la Société seront réalisées par les liquidateurs qui auront à cet effet les pouvoirs les plus étendus, et le produit après prélèvement des frais de liquidation sera réparti entre les associés.

Art. 68. — Dans tous les cas possibles de dissolution de la Société, ou de retrait de l'un des sociétaires, il ne pourra jamais être requis d'apposition de scellés.

TITRE XIV.

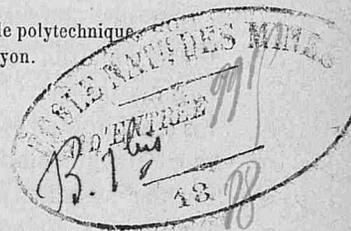
Règlement des contestations entre associés.

Art. 69. — Toutes contestations qui pourraient s'élever entre les associés ou les représentants de l'un d'eux pour choses relatives à la Société, seront jugées en dernier ressort par deux arbitres qui seront choisis entre le gérant et les autres parties, et à défaut d'accord à cet égard par M. le juge de paix du canton de Montrichard, à la requête de la partie la plus diligente.

Dans le cas de partage entre les deux arbitres ils s'en adjoindront un troisième pour les départager, et s'ils ne se mettaient pas d'accord sur le choix, il sera désigné par M. le juge de paix du canton de Montrichard.

LES RÉGULATEURS DE VITESSE

Par M. GEORGES MARIÉ, ancien élève de l'École polytechnique, ingénieur au chemin de fer de Lyon.



I. — DES PRINCIPES SERVANT DE BASE A L'ÉTUDE DES RÉGULATEURS.

Il y a quelques années déjà, nous avons publié dans les *Annales des mines* (livraison de novembre-décembre 1878), une étude théorique sur les régulateurs. Nous avons montré que les régulateurs isochrones, qui rendent de grands services dans la construction des petits moteurs donnant le mouvement aux appareils d'astronomie, ne trouvaient pas leur application dans les machines à vapeur. Nous avons, en outre, établi les principes sur lesquels doit reposer la construction des régulateurs de vitesse, de pression, de température, etc. Mais il était nécessaire de compléter cette étude théorique par l'examen détaillé de toutes les précautions à prendre pour le montage des régulateurs, des valves, etc., d'après les indications de la pratique; c'est ce qui fait l'objet de l'étude qui va suivre.

En outre, nous avons cru devoir reprendre brièvement toute la question des régulateurs, en rappelant les formules de notre ancien travail, afin que l'étude qui va suivre puisse suffire à ceux qui n'ont en vue que la pratique seule.

Commençons par rappeler les résultats de notre ancienne étude :

1° Il doit y avoir entre le manchon du régulateur et l'organe de réglage (valve ou distribution variable), une liaison invariable de telle façon que la puissance de la machine, à chaque instant, dépende uniquement de la position du manchon du régulateur au même moment. Cette condition est remplie dans les régulateurs à valve et dans les machines Corliss ; mais elle ne l'est pas dans les machines où le régulateur agit sur la détente par l'intermédiaire d'un embrayage ; aussi avons-nous montré que ce dernier système ne peut pas donner de bons résultats. D'ailleurs, il est aujourd'hui presque partout abandonné.

2° Dans les régulateurs à force centrifuge, le manchon s'élève quand la vitesse augmente. Si nous appelons n_1 le nombre de tours par minute du régulateur, lorsque son manchon est en bas de sa course utilisée, et n_2 , le nombre de tours quand le manchon est en haut, le rapport

$$\frac{n_2 - n_1}{\left(\frac{n_2 + n_1}{2}\right)}$$

est ce que nous avons appelé *l'écart relatif de vitesse du régulateur*.

Nous avons appelé régulateur *stable* pour la course utilisée du manchon, celui pour lequel ce rapport n'est pas nul, et *indifférent* ou *isochrone*, celui pour lequel ce rapport est égal à zéro. Nous avons montré que les deux vitesses n_1 et n_2 , exprimées en nombre de tours, sont les deux limites extrêmes de la vitesse de la machine. Si on suppose, par exemple, que $n_1 = 49$ tours et $n_2 = 51$ tours, l'écart relatif de vitesse est égal à

$$\frac{51 - 49}{\left(\frac{51 + 49}{2}\right)} = \frac{2}{50} = 4 \text{ p. } 100.$$

En d'autres termes, la vitesse de la machine ne pourra

varier que de 4 p. 100 de sa valeur, quelles que soient les variations du travail résistant entre son *maximum* et *zéro* et cela quelle que soit l'instantanéité de la variation de travail. Cela correspond le plus souvent à des variations de vitesse pratiques qui ne dépassent pas 1 p. 100 en plus ou en moins de la vitesse de régime, comme on le verra. C'est là un très beau résultat au point de vue pratique, et nous verrons qu'on peut l'obtenir sans difficulté (voir la première application numérique).

3° Nous avons montré qu'on ne pourrait faire usage d'un régulateur isochrone que si la machine avait un volant *de masse infinie*, et que l'écart relatif de vitesse devait être d'autant plus grand que le volant avait une masse plus faible par rapport à la puissance de la machine. Avec les volants qu'on emploie le plus souvent dans la pratique, les régulateurs doivent donner des écarts relatifs de vitesse de $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{50}$, suivant le volant.

Dans ces dernières années, l'attention s'est portée sur la régularisation de la vitesse des machines. On sait que les machines à vapeur qui mettent en mouvement les machines électriques, doivent avoir une grande régularité de marche ; or, les électriciens se plaignent généralement de l'insuffisance de la régularité des machines à vapeur. Le but principal de ce travail est de les satisfaire. Il existe dans l'industrie des machines modernes qu'on trouve toutes faites, et qui sont bien réglées, bien qu'il soit facile d'obtenir une régularisation plus parfaite encore. Mais il existe aussi un grand nombre de machines d'un type ancien, satisfaisantes au point de vue de l'économie de combustible et de la solidité, mais qui sont mal réglées. Nous montrerons qu'il est toujours facile de les munir d'un excellent régulateur, agissant sur une valve ou une soupape, ce qui est beau-

coup moins coûteux que d'acheter une machine neuve. On trouvera plus loin le résumé des formules que nous avons établies et qui servent dans les applications.

A moins d'une indication contraire, nous prendrons toujours pour unité : le mètre, le kilogramme et la seconde.

II. — CALCUL DU VOLANT ET DU RÉGULATEUR.

Calcul du volant et de l'écart relatif de vitesse du régulateur. — Dans notre précédente étude, nous avons signalé les causes des oscillations que subissent les régulateurs quand le volant n'est pas assez puissant pour l'écart relatif de vitesse du régulateur. Les principales de ces causes sont les suivantes :

1° — Dans l'intervalle d'une révolution du volant, la vitesse angulaire de l'arbre du volant subit des variations qui tiennent à ce que le moment du travail moteur varie incessamment pendant la course de chaque piston. Si le volant n'était pas suffisant, le manchon du régulateur oscillerait entre ses limites extrêmes, et cela plusieurs fois dans chaque révolution. C'est la cause classique des oscillations, mais non la seule, comme on va le voir.

2° — Lorsque le manchon du régulateur se déplace un peu trop vite, il peut dépasser sa position convenable en vertu de la force vive radiale des boules; en revenant en arrière, il peut dépasser de nouveau cette position, et de là des oscillations qui peuvent durer indéfiniment; si le volant est assez puissant, cela n'arrivera pas, car le manchon ne se déplacera alors que lentement. Cette cause d'oscillation a été étudiée par M. Worms de Romilly, ingénieur en chef des mines, comme nous l'avons dit.

3° — Les frottements de l'appareil de réglage et ceux du régulateur lui-même peuvent aussi donner lieu à des

oscillations; s'ils avaient toujours la même valeur, ils n'auraient pour effet que de retarder un peu le mouvement du manchon. Mais il arrive souvent que le frottement *au départ* est supérieur au frottement pendant le mouvement; alors le manchon, une fois en mouvement, se lance et dépasse le but; puis il revient en arrière, et ainsi de suite. Ce cas se présente, en outre, pour les valves qui ont un frottement d'autant plus grand qu'elles sont dans une position plus voisine de la fermeture.

4° — Le régulateur n'agit pas instantanément; il n'a aucune action sur la vapeur qui est située dans le tuyau d'admission, entre la valve et le cylindre; de là une nouvelle cause d'oscillations qui est d'autant plus faible que le volant est plus puissant.

5° — Enfin, si la variation de travail se produit pendant la détente, le régulateur n'agit qu'au moment de l'admission suivante. De là un temps perdu qui donne lieu à une variation de vitesse; l'action du régulateur est alors, tantôt exagérée, tantôt insuffisante, et de là une nouvelle cause d'oscillations, qui a été étudiée très complètement par M. Hirsch, ingénieur en chef, dans son cours de machines à vapeur à l'École des Ponts et Chaussées.

Pour éviter les oscillations, nous avons conseillé de régler une fois pour toutes, par tâtonnements, l'écart relatif de vitesse du régulateur, de manière à éviter les oscillations, et cela par l'emploi du contrepoids de Foucault, dont nous reparlerons plus loin.

Mais il est très utile de savoir d'avance quelle régularité on pourra donner à une machine dont on fait le projet ou, inversement, de savoir calculer le volant nécessaire pour obtenir une régularité donnée.

Comme la question nous a paru trop difficile à résoudre par le calcul d'une manière complète, nous avons établi les quatre formules empiriques suivantes, basées en partie sur la théorie des volants et en partie sur l'expé-

rience; elles indiquent la demi-force vive du volant suffisante pour éviter à coup sûr les oscillations :

1°	Machines à cylindre unique.	$\frac{1}{2} MV^2 = 34 \times \frac{60}{N} \times \frac{T}{E}$
2°	— Compound.	$\frac{1}{2} MV^2 = 25 \times \frac{60}{N} \times \frac{T}{E}$
3°	— à deux ou plusieurs cylindres.	$\frac{1}{2} MV^2 = 17 \times \frac{60}{N} \times \frac{T}{E}$
4°	— à grande vitesse.	$\frac{1}{2} MV^2 = 13 \times \frac{T}{E}$

Notations.

$\frac{1}{2} MV^2$	1/2 force vive de la jante du volant;
N	nombre de tours de la machine par minute;
T	puissance en chevaux de la machine;
E	écart relatif de vitesse du régulateur.

Ces quatre formules sont basées sur la théorie des volants que nous avons exposée dans notre premier Mémoire sur les régulateurs; on se rappelle que, dans ce travail, nous avons conseillé de calculer le volant de manière à éviter la première des causes d'oscillations rappelées ci-dessus; en d'autres termes, le volant doit être assez fort pour que l'écart relatif de vitesse *du volant* soit sensiblement inférieur à celui du régulateur; cette théorie montre, à première vue, que la demi-force vive du volant doit être en raison directe de T et en raison inverse de N et de E.

En ce qui concerne les quatre coefficients numériques (34, 25, 17 et 13), ils ont été établis de manière à tenir compte, en même temps, de cette première cause d'oscillations et des quatre autres qu'il faut bien se garder d'oublier; ils ont été fixés d'après des expériences spéciales que nous avons faites dans ce but, et aussi d'après l'observation des machines existantes.

Nous ajouterons, au sujet de ces formules, les remarques suivantes :

— Les chiffres indiqués pour calculer la puissance du volant sont un peu forts; ils sont établis de manière à éviter, *à coup sûr*, des oscillations, même en supposant les variations les plus fortes et les plus brutales du travail résistant. Si les variations sont faibles ou lentes, on pourra adopter des volants plus faibles; mais nous ne conseillons pas les volants faibles à moins qu'on n'ait un motif absolu pour les adopter.

— La dernière formule indique le minimum au-dessous duquel le volant ne doit jamais descendre, quand N augmente; cela correspond à 156 tours par minute pour les machines à un cylindre; 115 tours pour les machines compound et 78 tours pour les machines à deux cylindres.

Tableau donnant la relation entre le volant et le régulateur. — Nous avons résumé dans le tableau suivant l'application des trois formules précédentes à tous les cas qui peuvent se présenter dans la pratique. Ce tableau s'applique aux régulateurs à valve et à détente.

NATURE DE L'ATELIER	ÉCART RELATIF DE VITESSE E du régulateur	MAXIMUM de la variation relative de la vitesse en plus ou en moins de la vitesse normale		1/2 FORCE VIVE DE LA JANTE DU VOLANT par cheval de force motrice normale de la machine (en kilogrammètres)		
		Lorsque le travail résistant varie de son maximum à zéro	Lorsque le travail résistant varie de son maximum à la moitié de son maximum	Machines à cylindre unique	Machines Compound	Machines à deux ou plusieurs cylindres
Ateliers ne demandant que peu de régularité.	0,20	0,100	0,050	$170 \times \frac{60}{N}$	$125 \times \frac{60}{N}$	$85 \times \frac{60}{N}$
	0,15	0,075	0,037	$227 \times \frac{60}{N}$	$166 \times \frac{60}{N}$	$113 \times \frac{60}{N}$
	0,10	0,050	0,025	$340 \times \frac{60}{N}$	$250 \times \frac{60}{N}$	$170 \times \frac{60}{N}$
Ateliers demandant une assez grande régularité, comme les ateliers de construction, les usines diverses et l'éclairage élect. à arc . . .	0,10	0,050	0,025	$340 \times \frac{60}{N}$	$250 \times \frac{60}{N}$	$170 \times \frac{60}{N}$
	0,08	0,040	0,020	$425 \times \frac{60}{N}$	$312 \times \frac{60}{N}$	$213 \times \frac{60}{N}$
	0,06	0,030	0,015	$566 \times \frac{60}{N}$	$417 \times \frac{60}{N}$	$283 \times \frac{60}{N}$
Ateliers demandant une très grande régularité, comme les filatures et l'éclairage électrique à incandescence	0,06	0,030	0,015	$566 \times \frac{60}{N}$	$417 \times \frac{60}{N}$	$283 \times \frac{60}{N}$
	0,04	0,020	0,010	$850 \times \frac{60}{N}$	$625 \times \frac{60}{N}$	$425 \times \frac{60}{N}$
	0,02	0,010	0,005	$1.700 \times \frac{60}{N}$	$1.250 \times \frac{60}{N}$	$850 \times \frac{60}{N}$

Ces chiffres ont été établis pour des machines à vapeur à condensation, et, par suite, à longue détente. Pour des machines sans condensation, on pourrait réduire un peu le volant, mais nous ne conseillons pas de le faire si l'on tient à une grande régularité, sans oscillations du régulateur.

Dans ce tableau, la demi-force vive de la jante du volant par cheval est évaluée pour la vitesse normale N en nombre de tours par minute, et, pour la force normale de la machine, en chevaux. Il importe de bien préciser ce que nous entendons par la force normale de la machine. Il s'agit de la force évaluée sur les pistons, et non de la force au frein. Si l'atelier comporte plusieurs marches nor-

males représentant T', T'', T''',... chevaux, T doit être égal au plus élevé de ces chiffres pour éviter, dans tous les cas, les oscillations. Mais on ne doit tenir compte que des diverses marches *normales* et *habituelles*. Il est bon que la machine soit construite de manière à pouvoir donner, dans un cas exceptionnel, une puissance supérieure à T, mais il n'est pas nécessaire de calculer le volant en prévision de ce cas *exceptionnel*; on arriverait, en procédant ainsi, à lui donner des dimensions exagérées, ce qui causerait une perte de travail par suite du frottement de son arbre sur les coussinets. Mais alors, dans ce coup de collier exceptionnel, le volant sera trop faible et on pourra avoir quelques oscillations du manchon du régulateur. On y remédiera en augmentant l'écart relatif de vitesse E du régulateur, si la marche à grande puissance doit durer quelque temps. Il est facile d'augmenter E soit en augmentant la course du manchon, soit en employant un régulateur à écart variable.

Du reste, pour augmenter la puissance d'une machine, il est bien préférable d'augmenter sa vitesse autant que la sécurité le permet. Comme la force vive du volant croît comme le carré de la vitesse, l'augmentation de puissance obtenue en augmentant la vitesse n'exige pas une augmentation de E; au contraire, elle permet de le diminuer légèrement; ce procédé offre, en outre, l'avantage de marcher à faible admission, ce qui est économique.

Il est important de remarquer que les chiffres que nous donnons pour le volant sont largement suffisants; mais en donnant au volant une force vive plus grande que celle qui est donnée par le tableau, on aura une régularisation encore meilleure.

Par contre, il est certain qu'on peut arriver à régler, dans certains cas, d'une manière convenable, une machine avec un volant inférieur à celui qui est indiqué ci-dessus; c'est lorsque les transmissions et les machines

diverses ajoutent une force vive sensible à celle du volant; c'est bon dans certains cas particuliers, mais le constructeur de machines doit toujours établir le volant de manière qu'il puisse se suffire à lui-même.

Nous rappelons plus loin la formule à employer pour le calcul proprement dit de T; c'est la formule usuelle des machines à vapeur. Nous avons supposé que les frottements de l'organe d'obturation étaient assez faibles pour être sans influence sur la position du manchon en fonction de la vitesse. Cette condition n'est jamais parfaitement remplie, mais il suffit que la perturbation relative de vitesse $\frac{dn}{n}$ causée par le frottement de l'organe, soit sensiblement inférieure à l'écart relatif de vitesse E; il suffit qu'elle soit inférieure à $\frac{1}{5}$ de cet écart E pour que les conditions soient très satisfaisantes. Si cette condition n'était pas remplie, à cause de l'insuffisance de puissance du régulateur, on serait obligé de donner au régulateur un écart relatif de vitesse supérieur à celui qui résulte du tableau, au détriment de la régularité de la machine.

Cette condition est facile à remplir avec les valves et surtout avec les soupapes équilibrées, mais très difficile à obtenir avec les distributions variables qu'on a proposées jusqu'à présent, comme on le verra plus loin.

Dans tous nos calculs nous évaluons la vitesse de la machine en nombre de tours par minute; mais il faut bien remarquer que les règles que nous avons posées suffisent à assurer non seulement la régularité moyenne pendant une minute, mais même la constance de vitesse angulaire considérée pendant une seconde ou une fraction de seconde, par exemple. Or, il est bien évident que les variations de la vitesse angulaire, dans l'intervalle d'une seconde, sont souvent plus funestes que celles qui se produisent en une minute. Lorsque l'on n'a en vue

que la constance du nombre de tours par minute, comme dans un atelier d'ajustage, les règles que nous avons données suffisent *à fortiori*. Mais, dans ce cas particulier, on peut obtenir un nombre de tours par minute rigoureusement constant tout en se contentant d'un volant moindre, en employant le régulateur à compensation Denis (machines Weyher et Richemond); nous avons dit quelques mots de cet ingénieux appareil dans notre précédente étude; il est déjà très répandu et rend de grands services dans l'industrie.

III. — RÉGULATEURS AGISSANT SUR UNE VALVE OU UNE SOUPAPE.

Des cas où il faut employer les régulateurs à valve ou à soupape. — Il est incontestable que les machines à vapeur dans lesquelles le régulateur agit directement sur la distribution au moyen d'un déclenchement, jouissent d'une grande vogue. Nous pensons qu'on en a peut-être un peu exagéré les avantages. Elles peuvent donner lieu à une certaine économie de combustible, mais elles sont plus délicates que les machines à tiroir, Compound ou non. Il y a encore des cas où il est préférable d'employer la distribution ordinaire à tiroirs; on doit alors employer une distribution variable comme le système Meyer, par exemple; mais, dans ce genre de distribution, on ne peut faire varier l'admission qu'en faisant faire plusieurs tours à une vis assez dure à mouvoir; il faut, dès lors, renoncer à l'action directe du régulateur sur la distribution.

Dès lors, on est obligé de faire agir le régulateur, non plus sur la distribution, mais sur une valve ou une soupape équilibrée. Cela n'empêche pas de conserver la distribution variable à la main. Lorsque le travail diminue brusquement, le régulateur à valve agit instantané-

ment et maintient la vitesse constante. Si la diminution de travail est accidentelle et ne doit pas durer plus d'un quart d'heure, par exemple, le mécanicien n'a pas besoin de s'en préoccuper, puisque le régulateur assure une vitesse constante quelles que soient les variations du travail résistant entre son maximum et zéro. Si la diminution du travail doit durer des heures entières, alors le mécanicien doit agir à la main sur la distribution variable pour diminuer l'admission, non pas dans l'intérêt de la régularisation, mais dans le but de marcher à haute pression à l'admission, pour faire une économie de combustible. Rien n'est si facile que de régler à la main la distribution variable; on tourne le volant jusqu'à ce que le manchon du régulateur se trouve à peu près au milieu de sa course totale. Ce système mixte de régulateur à valve avec distribution variable à la main, donne d'excellents résultats dans la pratique et se prête à tous les systèmes de distribution, tandis que le réglage direct par la distribution nécessite forcément un système de distribution très délicat, à cause de son principe même. Au point de vue de l'économie de combustible, nous pensons qu'il y a bien peu de différence entre une machine Compound établie comme nous venons de le dire et une machine Corliss.

En supposant qu'on donne la préférence au type du genre Corliss dans certains cas, il reste cependant quatre cas où on est souvent obligé d'avoir recours aux régulateurs à valve ou à soupape; ce sont les suivants :

1° Ateliers dans lesquels il n'est pas possible d'entretenir avec beaucoup de soin la machine, à cause des poussières ou pour un motif quelconque.

2° Machines de faible puissance, locomobiles par exemple.

3° Machines à très grande vitesse pour machines électriques; ce genre de machines s'emploie de plus en plus

parce qu'il y a avantage, au point de vue des transmissions, à ne pas employer des vitesses par trop différentes pour la machine à vapeur et la machine électrique. On va même jusqu'à monter la machine sur l'arbre de la dynamo. Dans ces machines à grande vitesse, il n'est pas impossible de faire agir le régulateur sur la distribution, mais c'est toujours assez délicat.

4° Enfin, il reste le cas des machines existantes d'un type ancien, solides, bien construites, mais mal réglées; le plus souvent par un régulateur à valve.

Ce dernier cas est fréquent; il arrive souvent que des industriels achètent une machine neuve, parce que leur ancienne machine est mal réglée. Or, la plupart des régulateurs à valve ou à soupape sont très mal établis; presque toujours le régulateur est assez bon et la valve est défectueuse. Nous verrons plus loin que, avec la plupart des machines existantes, même de construction très ancienne, on peut obtenir, en modifiant la valve, une régularisation excellente et même plus parfaite qu'avec les machines nouvelles les mieux établies, et cela avec une dépense insignifiante. Cette remarque a une grande importance pour les industriels qui veulent établir chez eux l'éclairage électrique sans changer leur machine à vapeur.

De la valve et des soupapes équilibrées ordinaires; inconvénient inhérent à leur emploi. — Dans le calcul du volant et de l'écart relatif du régulateur, nous avons supposé que les variations du travail moteur causées par les déplacements de l'organe de réglage étaient proportionnels aux déplacements du manchon du régulateur.

Dans les régulateurs à valve, les choses se passent tout autrement. Soit s la section laissée libre pour le passage de la vapeur par la valve; si on fait croître s depuis zéro (fermeture de la valve) jusqu'à son maximum (ouverture

de la valve), *les variations de s sont très loin de donner lieu à des variations correspondantes du travail moteur*; il en est de même pour les variations de la position du manchon du régulateur; pour une même augmentation *ds* de la section libre, l'augmentation du travail moteur est d'autant plus grande que la valve est plus voisine de la fermeture. Il en est de même pour les variations de la position du manchon. En d'autres termes, si nous considérons une machine de 100 chevaux, réglée par un régulateur à valve ayant une course de manchon de 10 centimètres, un déplacement de 1 centimètre seulement dans la position du manchon, *pourra très bien donner une variation de 25 chevaux* dans le travail moteur, si le manchon est situé vers le haut de sa course, tandis que le même déplacement de 1 centimètre *ne donnera que 5 chevaux de variation* si le manchon est situé vers le bas de sa course.

Nous insistons tout particulièrement sur ce défaut inhérent aux valves et aux appareils d'obturation quelconques, car ce n'est qu'en y portant remède, comme on le verra plus loin, qu'on peut obtenir un régulateur de vitesse marchant dans de bonnes conditions.

On comprendra facilement quel est le motif de cette apparente anomalie, en remarquant que la variation du travail moteur est à peu près proportionnelle à la variation de la force vive perdue de la vapeur à son passage par la section étranglée de la valve. Or, cette force vive varie rapidement quand la valve est voisine de sa fermeture, parce que la vitesse de la vapeur est grande et qu'elle croît comme le carré de cette vitesse; au contraire, elle devient d'autant plus faible que la valve est plus ouverte. Si même l'ouverture de la valve devient assez grande pour que la vapeur n'y atteigne plus qu'une vitesse inférieure à 100 mètres par seconde, le travail moteur n'augmente plus que d'une quantité insignifiante.

En effet, avec une vitesse de 100 mètres à la seconde, la perte de charge de la vapeur est égale à :

$$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{10.000}{19,6} = 500 \text{ mètres environ.}$$

(*h* mesurant la perte de charge en hauteur du fluide considéré). Avec une pression de 5 kilogrammes effectifs qui représente la pression habituelle des machines à vapeur, le poids spécifique de la vapeur est égal à 3^{kg},2 environ par mètre cube; cela représente $\frac{3,2}{1.000}$ de la densité de l'eau; donc la perte de charge mesurée en hauteur d'eau serait égale à :

$$500 \times \frac{3,2}{1.000} = \frac{1.600}{1.000} = 1^m,60, \text{ ou } \left\{ \begin{array}{l} \text{environ } 1/6 \text{ d'atmosphère} \\ \text{seulement} \end{array} \right.$$

Il n'y a donc pas à gagner sensiblement comme puissance de la machine, en ouvrant la valve d'une quantité qui correspond à une vitesse inférieure à 100 mètres pour la vapeur dans l'étranglement. La pratique vérifie complètement ce résultat.

Dimensions à donner aux valves et aux soupapes. —

La première conclusion à tirer, c'est qu'il est inutile de donner à la valve un trop grand diamètre; cela est même nuisible, car on augmente ainsi les frottements et les causes d'oscillations. Nous adopterons donc à l'avenir, la règle suivante :

La dimension des valves ou appareils d'obturation quelconques sera calculée de telle façon que la vapeur atteigne la vitesse de 100 mètres par seconde; cette vitesse doit correspondre au maximum de l'ouverture de l'appareil d'obturation et à la vitesse maxima du piston de la machine à vapeur. Nous venons de voir que la vitesse de la vapeur de 100 mètres dans l'étranglement correspond à une perte de charge de 1^m,60 de hauteur

d'eau ou $\frac{1}{6}$ d'atmosphère environ. Mais, en pratique, la perte de charge est encore bien moindre; en effet, la vapeur, au sortir de la valve, conserve, dans le tuyau où elle circule, la vitesse de 20 mètres au minimum, et, le plus souvent, davantage. La force vive perdue n'est égale qu'à la force vive due à la vitesse perdue qui est de $100 - 20 = 80$ mètres; la perte de charge véritable est donc de :

$$1,600 \times \frac{(80)^2}{(100)^2} = 1^m,02 \text{ de hauteur d'eau,}$$

soit environ $\frac{1}{10}$ d'atmosphère. Elle est encore inférieure à $\frac{1}{10}$ d'atmosphère si la vitesse de la vapeur dans le tuyau est supérieure à 20 mètres, ce qui est le cas le plus habituel. Mais, en outre, cette perte de charge de $\frac{1}{10}$ d'atmosphère n'est atteinte qu'au moment où le piston de la machine à vapeur est au milieu de sa course; ce cas ne se présente que si on demande à la machine sa puissance maxima, car, en général, l'admission doit être bien inférieure à 50 p. 100. Mais, même dans ce cas extrême, la perte de charge *moyenne* pendant l'admission n'est environ que la moitié de $\frac{1}{10}$ d'atmosphère, soit $\frac{1}{20}$ d'atmosphère. Si la pression à l'admission est de 5 kilogrammes, cela n'occasionne qu'une perte de $\frac{1}{100}$ environ de la puissance maxima de la machine. En résumé, avec la vitesse de 100 mètres par seconde de la vapeur dans l'étranglement, on ne réduit que de $\frac{1}{100}$ la puissance maxima de la machine.

Avec la vitesse de 150 mètres dans l'étranglement et une vitesse de 35 mètres dans le tuyau, on ne réduirait que de $\frac{2}{100}$ environ sa puissance maxima. Nous adopterons le chiffre de 100 mètres, mais on peut atteindre, sans le moindre inconvénient, le chiffre de 150 mètres toutes les fois qu'il y a intérêt à employer une valve de très petit diamètre pour diminuer son frottement.

Calculons quelle doit être la section de l'étranglement en fonction des dimensions de la machine.

Soit S la section du piston de la machine et s la section laissée libre au passage de la vapeur quand la valve est ouverte en grand; soit V la vitesse maxima du piston de la machine, en mètres par seconde; écrivons que le débit en volume de la vapeur reste constant; on a :

$$s \times 100 = S \times V,$$

d'où

$$s = S \times \frac{V}{100}.$$

Telle est la formule très simple qui nous servira à calculer les dimensions des valves ou appareils d'obturation.

La vitesse maxima du piston se calcule facilement en fonction du nombre de tours N de la machine à la minute et de la longueur L de la course du piston, on a en effet :

$$V = \omega r \begin{cases} \omega, \text{ vitesse angulaire de l'arbre de la machine} = 2\pi \frac{N}{60}, \\ r = \frac{L}{2}, \end{cases}$$

$$V = \frac{2\pi N}{60} \times \frac{L}{2} = \frac{\pi}{60} \times N \times L,$$

d'où

$$s = \frac{\pi}{60 \times 100} \times N \times L \times S.$$

Si la machine a deux cylindres calés à 90° , la formule

est la même; mais on ne tient compte que d'un seul cylindre, puisque l'admission de la vapeur dans les quatre cylindres n'a pas lieu en même temps. Si la machine est Compound, on ne tient compte que du cylindre d'admission.

De la valve à stabilité variable. — Nous allons chercher quelle modification on doit apporter aux valves habituellement en usage, pour leur retirer le défaut que nous avons signalé. La *fig. 1* (Pl. VIII) représente *une valve équilibrée* sous l'action de la vapeur; c'est le type de la valve qui a été considérée comme parfaite jusqu'à présent. Les épaisseurs ont été grossies sur le dessin pour faciliter les explications. Dans cet appareil, le centre de l'axe de rotation se trouve exactement dans le plan AB de la face de la valve, du côté de l'arrivée de vapeur; c'est ce qui caractérise la valve équilibrée.

La *fig. 2* (Pl. VIII) représente une valve défectueuse très répandue cependant dans la pratique; l'axe est situé au milieu de l'épaisseur de la valve; cette valve n'est pas équilibrée; elle a une tendance à se coller quand elle est fermée; en effet, menons par le centre de l'axe une perpendiculaire au plan de la valve, soit D son intersection avec la face de la valve; il est clair que AD est plus grand que DB, de sorte que l'action de la vapeur tend à produire la fermeture de la valve; il en résulte que si une oscillation du régulateur, due à une cause quelconque, amène la valve dans le voisinage de sa fermeture, elle se collera d'elle-même et restera collée malgré l'action du régulateur; la machine se ralentira démesurément jusqu'à ce que la valve se décolle tout d'un coup; alors le manchon du régulateur retombera lourdement de toute sa course; puis la machine s'accélélera rapidement, la valve se collera de nouveau et ainsi de suite. Ainsi s'expliquent un grand nombre d'insuccès obtenus avec

les régulateurs à valve; on attribue le plus souvent au régulateur ce grave inconvénient et le défaut de la valve elle-même passe presque toujours inaperçu.

La *fig. 3*, au contraire, représente une excellente disposition que nous appellerons *valve à stabilité variable*. C'est tout simplement une valve équilibrée dans laquelle on a donné un léger coup de lime AC sur l'arrête située du côté de l'arrivée de vapeur. Une telle valve n'est pas équilibrée; elle présente *une tendance à l'ouverture*; en d'autres termes, lorsque par une circonstance accidentelle, la valve a été fermée, elle se rouvre légèrement d'elle-même et on évite ainsi les oscillations dont nous venons de parler. Mais il y a mieux; la valve qui présente une légère tendance à l'ouverture est bien préférable à la valve équilibrée de la *fig. 1*. En effet, cette tendance à l'ouverture, qui est assez forte lorsque la valve est voisine de sa fermeture va sans cesse en diminuant à mesure que la valve s'ouvre davantage; c'est donc en quelque sorte un dispositif qui donne au système de la valve et du régulateur *une stabilité d'autant plus grande que cette valve est plus voisine de sa fermeture*. Cette particularité vient très heureusement compenser le défaut de la valve dont nous avons parlé ci-dessus. Cet artifice et d'autres du même genre sont depuis longtemps employés par des ouvriers soigneux qui, ayant remarqué que les valves avaient généralement une tendance à rester collées, ont cherché les moyens de leur donner une tendance contraire. L'importance à donner au coup de lime peut se calculer, mais il est préférable d'opérer ainsi qu'il suit: on commence par donner un léger coup de lime et on essaie la valve dans la pratique, en faisant varier le travail de l'atelier; puis, si le régulateur est encore sujet aux oscillations, on retire la valve et on augmente le coup de lime, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'on arrive à obtenir un régulateur assez stable pour que le manchon

revienne rapidement à l'immobilité après qu'on l'a brusquement dérangé de sa position.

Malgré le peu d'intérêt que ces petits détails paraissent présenter au premier abord, leur étude présente de l'importance, car c'est ce qui décide du succès de l'appareil régulateur tout entier.

Forme et dimensions à adopter pour les valves. — La fig. 4 (Pl. VIII) représente une valve établie dans les conditions qui nous paraissent les meilleures; la garniture métallique que nous avons représentée n'est pas nouvelle, elle est employée par les constructeurs qui veulent éviter les frottements des presse-étoupe ordinaires. Le plan de la valve fait un angle de 40° avec le plan perpendiculaire à l'axe du tuyau quand elle est fermée, et un angle de 80° quand elle est ouverte, c'est-à-dire un angle de 10° avec l'axe du tuyau. La valve a donc une course angulaire de 40° . Le centre de l'axe est situé dans le plan AB, mais on donne sur l'arête supérieure un coup de lime AC pour lui donner une tendance à l'ouverture, comme nous l'avons dit. La valve est située dans un bout de tuyau aussi court que possible, ce qui rend le démontage et l'ajustage plus faciles. L'axe est en acier et d'un diamètre aussi faible que possible pour réduire le frottement au minimum. Sur la figure, nous lui avons donné dans les parties frottantes le diamètre de 15 p. 100 du diamètre du tuyau qui contient la valve; c'est suffisant pour une pression de vapeur de 6 kilogrammes effectifs; on peut réduire un peu le diamètre jusqu'à 13 et même 12 p. 100 si la pression de la vapeur est plus faible. Le joint métallique est bien préférable au presse-étoupe ordinaire, car les mécaniciens serrent le plus souvent les boulons du presse-étoupe avec tant de force qu'ils paralysent l'action du régulateur. Le joint est obtenu par le contact d'une partie conique de l'axe de la valve qui s'ap-

puie sur un siège en bronze. La partie de l'axe qui pénètre dans la valve est carrée et peut se mouvoir de 1 à 2 millimètres, dans cette valve, sous l'action de la pression de la vapeur, de manière à assurer le contact du cône sur son siège; l'extrémité de l'axe est cylindrique et pivote dans un bouchon qu'on peut retirer à volonté.

Les dimensions principales de l'appareil sont les suivantes en fonction du diamètre d du tuyau qui contient la valve.

Diamètre de l'axe	$d_1 = d_2 = 0,15d$
Longueur des fusées	$l_1 = l_2 = 0,25d$
Diamètre de l'axe derrière le cône	$d_3 = 0,25d$
Épaisseur de la valve	$e = 0,10d$
Côté de la partie carrée de l'axe de la valve.	$c = 0,16d$

Nous allons à présent chercher quelle est la dimension qu'on doit donner à la valve pour une machine déterminée.

L'ouverture laissée au passage de la vapeur, la valve étant ouverte en grand, est égale, presque exactement, à la moitié de la section du tuyau ou $\frac{\pi d^2}{8}$.

Si on se reporte à la formule que nous avons donnée pour le calcul de la section libre d'un obturateur quelconque, on trouve :

$$\frac{\pi d^2}{8} = \frac{SV}{100} \begin{cases} d & \text{diamètre du tuyau qui contient la valve;} \\ S & \text{section du piston de la machine à vapeur;} \\ V & \text{vitesse de ce piston au milieu de sa course;} \end{cases}$$

d'où :

$$d^2 = \frac{SV}{100} \times \frac{8}{\pi},$$

$$d = \sqrt{\frac{8}{\pi} \times \frac{SV}{100}} = \sqrt{0,0255 \times SV} = \frac{16}{100} \sqrt{SV} = 0,16 \sqrt{SV}.$$

Pour une machine de 100 chevaux à deux cylindres dans les conditions ordinaires, cette formule donne envi-

ron $d = 100$ millimètres; généralement on lui donne des dimensions bien supérieures, et c'est au grand détriment de la marche du régulateur. On a vu que ce diamètre correspond à une vitesse de vapeur de 100 mètres par seconde et à une perte de pression à l'admission de $\frac{1}{10}$ d'atmosphère au maximum et à $\frac{1}{20}$ d'atmosphère en moyenne, la valve étant ouverte en grand. Il est essentiel de ne pas dépasser les dimensions que nous indiquons pour la valve sinon le régulateur peut être rendu sujet aux oscillations, même en calculant le volant d'après nos indications. Cependant, on peut faire usage d'une valve trop grande, mais en modifiant les leviers de façon que la valve en s'ouvrant ne laisse que la surface libre, indiquée par la formule pour la course totale du manchon du régulateur. Ce procédé n'est pas à recommander, car une grande valve donne nécessairement plus de frottements qu'une petite.

Le diamètre que donne la formule pour le tuyau de valve est notablement inférieur à celui qu'il faut donner au tuyau qui amène la vapeur de la chaudière à la machine. Pour éviter des changements brusques de vitesse on peut raccorder le tuyau de la valve au tuyau de vapeur au moyen de deux tuyaux de raccordement coniques permettant à la vapeur de changer graduellement sa vitesse. Ces tuyaux auront environ 10 fois la longueur du diamètre de la valve. Mais ce n'est pas indispensable.

Pour fixer les dimensions des boules du régulateur, il est de toute nécessité de connaître la valeur des frottements de la valve. Pour fixer les idées, considérons la valve de 100 millimètres de diamètre qui correspond à une machine à deux cylindre de 100 chevaux environ; supposons que la pression de la chaudière soit de 5 kilogrammes effectifs. La surface de la valve est de 100 centimètres carrés environ, la valve fermée; elle supporte

une pression totale de $100 \times 5 = 500$ kilogrammes. Nous adopterons le coefficient de frottement de 6 p. 100: les expériences que nous avons faites sur les valves nous ont permis d'établir ce coefficient. Le frottement n'est pas plus fort, parce que la vapeur sous pression constitue une sorte de lubrification de l'axe de la valve. L'effort nécessaire pour vaincre le frottement évalué tangentiellement à l'axe de la valve est de $\frac{500 \times 6}{100} = 30$ kil.; or, la valve repose sur deux axes ayant 15 millimètres de diamètre; la course parcourue par l'effort du frottement est de :

$$\frac{40^\circ}{360^\circ} \times \pi \times 15 = \frac{40}{360} \times 3,14 \times 15 = 5^{mm},2.$$

Si, au moyen de leviers, l'axe de la valve est relié au manchon du régulateur de telle façon que ce manchon ait une course de 100 millimètres pour une course angulaire de 40° de la valve, l'effort à faire au manchon pour mouvoir la valve est de :

$$30 \times \frac{5,2}{100} = 1^{k},560.$$

En résumé, pour mettre en mouvement une valve de 10 centimètres de diamètre, il faut un effort de 1^k,560 mesuré au manchon du régulateur, dont la course est supposée égale au diamètre de la valve, ou 100 millimètres; si la valve est montée avec une tendance à l'ouverture, comme nous l'avons recommandé, ce frottement de 1^k,560 ne se présentera jamais, car la valve à peine fermée se rouvrira d'elle-même; en outre, même lorsque le travail résistant tombe à zéro, il reste encore les résistances propres de la machine, de sorte que la valve ne peut jamais être dans sa position de fermeture complète. L'expérience nous a montré, en définitive, que ce frottement n'est que de 1 kilogramme au plus au lieu de 1^k,560,

même en supposant que le travail résistant tombe jusqu'à zéro.

Il est facile d'en déduire la valeur maxima du frottement F , évalué au manchon du régulateur, quel que soit le diamètre de la valve et la course du manchon; en effet, le frottement varie comme le carré du diamètre d de la valve, en supposant que la course du manchon reste égale au diamètre de la valve; si la course est égale à C , la valeur de F est égale à :

$$F = 1 \times \frac{d^2}{0,1^2} \times \frac{d}{C} = \frac{d^3}{0,01 \times C} = 100 \frac{d^3}{C} \left\{ \begin{array}{l} d \text{ diamètre de la valve} \\ \text{en mètres;} \\ C \text{ course du manchon} \\ \text{en mètres.} \end{array} \right.$$

Cette valeur donne le maximum du frottement de la valve, lorsqu'elle s'approche autant que possible de sa fermeture; ce frottement va en diminuant quand la valve s'ouvre et devient presque nul quand elle est ouverte. En construisant la valve suivant nos indications, elle n'a besoin d'aucun graissage ni entretien. La *fig. 5* (Pl. VIII) indique la manière dont on doit s'y prendre pour l'ajustage de la valve. On doit faire venir de fonte, sur la valve, deux tiges A et B qui servent à mettre la valve sur pointes, en A et B , pour l'ajuster sur le tour; ces deux tiges sont coupées après l'ajustage. L'intérieur du tuyau qui contient la valve est alésé au même diamètre. Puis on enlève à la lime, sur une épaisseur de quelques millimètres, des deux côtés, la partie comprise entre CD et EF et couverte de hachures croisées sur la *fig. 5*, afin de lui permettre de tourner dans son tuyau. On donne alors le coup de lime sur l'arête de la valve située du côté de l'arrivée de la vapeur, comme nous l'avons dit.

En général, on fait la valve en bronze, le tuyau qui la contient en fonte et l'axe en acier; le joint métallique doit être en bronze.

Soupape à stabilité variable; ses dimensions. — Pour éviter le frottement assez notable des valves, on emploie souvent pour les remplacer, des soupapes parfaitement équilibrées; elles ne remplissent pas le but, ainsi qu'on l'a vu ci-dessus; mais on peut les modifier facilement pour en faire des appareils à stabilité variable; en prenant, par exemple, le type des soupapes de Cornouailles, il suffit de donner, à l'une des deux soupapes, un diamètre un peu supérieur au diamètre de l'autre; mais le siège des soupapes donne lieu à des perturbations qui ôtent toute précision à l'appareil. Nous avons proposé, il y a quelques années, un appareil qui remplit parfaitement les conditions voulues; c'est la soupape à stabilité variable dont nous allons donner la description.

Elle se compose d'un cylindre mobile creux, *fig. 6* (Pl. VIII), percé de fenêtres A destinées à l'entrée de la vapeur et de fenêtres B et C destinées à sa sortie; le mouvement est communiqué du dehors au moyen du levier H mu par un axe I à garniture métallique. Comme on le voit sur la figure, la vapeur entre dans l'appareil par deux orifices D , E et en sort par deux orifices F , G ; cela nécessite l'emploi d'une culotte de bifurcation de vapeur à l'entrée et d'une à la sortie, si la machine n'a qu'un seul cylindre. Cette petite complication est nécessaire si on veut avoir une soupape d'une douceur absolument parfaite, comme nous nous le proposons. L'épaulement MN sert à obtenir la stabilité variable dont nous avons parlé; il ne doit être que d'une fraction de millimètre; il est d'ailleurs facile à calculer *a priori*. C'est cet épaulement qui constitue le caractère spécial de cette soupape; il joue le rôle du coup de lime dont nous avons parlé pour les valves. Le joint n'est pas absolument étanche, mais il n'a pas besoin de l'être complètement; quelques millimètres carrés de fuite n'ont pas d'importance; en effet, en supposant le travail résistant de l'atelier réduit

à zéro, il faut encore vaincre les résistances passives de la machine qui sont toujours sensibles.

La *fig. 1* (Pl. IX) a pour but de représenter la manière de monter la soupape sur la conduite de vapeur de la machine. La vapeur arrive par la conduite A dans la vanne ou soupape d'arrêt B, qui n'est représentée que par son enveloppe extérieure; elle peut être d'un système quelconque. Là, elle se bifurque en deux conduites C et D pour pénétrer dans la soupape à stabilité variable S. Puis elle sort de la soupape par les conduites E et F pour se rendre aux cylindres de la machine; ces deux tuyaux se réunissent plus loin, en un seul, si la machine n'a qu'un seul cylindre.

La dimension de l'appareil se déterminera, comme nous l'avons dit, de façon que la vitesse de la vapeur ne dépasse pas 100 mètres à son passage dans le tube mobile; or, elle se bifurque en deux parties, de sorte qu'il faut que *la moitié* de la vapeur ne dépasse pas 100 mètres dans la totalité de la section du tube; soit d son diamètre intérieur (*fig. 6*, Pl. VIII), on a donc :

$$s = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{1}{2} S \frac{V}{100}.$$

S = section du piston de la machine à vapeur;

V = vitesse de ce piston au milieu de sa course.

d'où :

$$d^2 = \frac{2}{\pi} S \frac{V}{100},$$

$$d = \sqrt{\frac{2}{\pi} S \frac{V}{100}},$$

soit exactement la moitié du diamètre du tuyau qui contient la valve correspondante, ou encore :

$$d = 0,08 \sqrt{SV}.$$

Mais, à cause des nombreux coudes que suit la vapeur, dans l'appareil, nous adopterons la formule :

$$d = 0,12 \sqrt{SV},$$

ou les $\frac{3}{4}$ du diamètre du tuyau de la valve correspondante; cela donnerait environ $d=75$ millimètres pour une machine de 100 chevaux à deux cylindres.

On fera le cylindre mobile en bronze et la cage fixe en fonte.

Cette soupape a l'avantage de donner des frottements presque nuls; on pourrait donc l'appliquer à des machines d'une grande puissance et employer des régulateurs à boules beaucoup plus faibles que quand on emploie une valve; c'est un grand avantage quand on veut établir un régulateur de précision et surtout quand il s'agit de régler une machine existante et mal réglée dont le régulateur n'a pas une puissance suffisante pour mouvoir une valve dans de bonnes conditions. Le frottement d'une soupape ainsi construite n'est pas le dixième du frottement d'une valve équivalente; en effet, grâce à la double entrée et à la double sortie de la vapeur, elle est exactement équilibrée en travers; du haut en bas elle est aussi exactement équilibrée à part l'épaulement qu'on peut fixer à volonté. Le seul frottement est celui de la garniture conique de l'axe et c'est fort peu de chose. L'appareil n'a besoin d'aucun graissage ni entretien quelconque jusqu'à ce que le cylindre mobile soit usé par la vapeur, ce qui ne se produit qu'au bout de longtemps. Après l'usure, on peut aléser intérieurement l'appareil et remettre un cylindre mobile d'un diamètre un peu plus fort.

Il y a un autre cas où la valve devient d'un emploi difficile si l'on tient à avoir une machine bien réglée; c'est le cas des locomobiles de un à dix chevaux; pour une machine de cinq chevaux, par exemple, il faudrait employer une valve de 3 centimètres au plus de diamètre et un axe de 4^{mill},5 de diamètre, en suivant les règles que nous avons adoptées; dans ces conditions, la valve deviendrait un appareil un peu délicat. Les constructeurs de locomobiles donnent à leurs valves des dimensions

beaucoup trop grandes, et c'est la cause principale du défaut de régularité de ces machines qui peuvent être tout aussi bien réglées que les machines les plus puissantes. Il est donc préférable d'employer dans ce cas la soupape; mais on peut supprimer la double arrivée et la double sortie de vapeur. Si l'on emploie cette disposition, le tuyau d'entrée et celui de sortie de la vapeur doivent avoir une section plus grande que dans la soupape précédente, afin de diminuer les frottements dus à l'action latérale de la vapeur. La *fig. 2* (Pl. IX) représente la nouvelle disposition que nous proposons. Elle est plus simple que la précédente, mais elle a une dimension totale bien plus considérable, à égalité de section intérieure du cylindre mobile. Elle doit donc être préférée, surtout dans les applications aux machines de très faible puissance, comme les locomobiles. Son frottement est presque aussi faible que celui de la soupape précédente; il est donc beaucoup plus faible que celui des valves, toujours trop grandes, qu'on met sur les locomobiles.

Calcul du volant et de l'écart relatif de vitesse du régulateur. — Si la valve équilibrée ordinaire n'avait pas le défaut que nous avons expliqué ci-dessus, le calcul du volant et de l'écart relatif de vitesse du régulateur serait exactement le même que celui que nous avons donné ci-dessus. On peut appliquer les mêmes calculs aux régulateurs à valve, mais à condition de donner à la valve ou à la soupape la tendance à l'ouverture par les procédés que nous avons longuement expliqués, de sorte que l'ensemble du régulateur et de la valve jouira : 1° d'une stabilité due au régulateur lui-même et constante pendant toute la course du manchon; 2° d'une stabilité variable due à l'action de la vapeur sur la valve elle-même et allant en croissant à mesure que la valve se rapproche de sa fermeture.

On obtient un bon résultat en donnant à la stabilité due à la vapeur dans la valve une valeur égale à celle du régulateur, ce qui double la stabilité totale. En d'autres termes, en dehors de l'écart relatif de vitesse du régulateur lui-même, il doit y avoir un nouvel écart relatif de vitesse supplémentaire et égal au premier pour la valve ou la soupape elle-même. C'est cette considération qui devra servir de base au calcul de l'épaulement dont nous avons parlé pour la soupape à équilibre variable, et du coup de lime à donner sur l'arête supérieure des valves. Pour les valves il est, du reste, facile d'opérer par tâtonnement; comme nous l'avons dit, le coup de lime ne doit être que de quelques millimètres d'épaisseur. Malgré ce supplément d'écart relatif de vitesse, la vitesse de la machine est toujours comprise entre les deux valeurs correspondant aux positions extrêmes du manchon, car la valve ne peut pas rester dans sa position de fermeture. En pratique, les variations relatives de la vitesse sont même notablement inférieures à l'écart relatif de vitesse du régulateur, car le travail n'est jamais nul; il reste toujours, au moins, les résistances de la machine et des transmissions.

Calcul de la grosseur des boules du régulateur. — Nous avons dit que le manchon du régulateur devait être relié directement à l'organe de réglage, valve, soupape ou distribution variable; cet organe donne lieu à un frottement qu'il faut toujours chercher à rendre aussi faible que possible; l'organe étant choisi, il reste à calculer la grosseur des boules, en d'autres termes *la puissance du régulateur* nécessaire pour vaincre ce frottement sans que la régularité de la marche soit troublée. Soit n la vitesse de régime de la machine, en nombre de tours par minute; soit F l'effort à faire, mesuré au manchon de la valve, pour vaincre le frottement de l'organe; il est clair

que si la vitesse s'accroît insensiblement, le manchon ne se mettra pas en mouvement de suite, mais seulement lorsque la vitesse aura subi une légère variation dn , soit en plus, soit en moins. Le rapport $\frac{dn}{n}$ est la perturbation relative de vitesse due au frottement. Pour le régulateur de Watt ou de Porter, nous avons trouvé la formule suivante dans notre ancienne étude :

$$\frac{dn}{n} = \frac{F}{2\left(\frac{Pb}{a} + Q\right)},$$

d'où on tire :

$$\frac{Pb}{a} + Q = \frac{F}{2\left(\frac{dn}{n}\right)},$$

formule qui permet de calculer le poids des boules et du contrepoids central. On est libre de faire varier P et Q pourvu que la relation précédente soit satisfaite; on peut même faire $Q = 0$, cas du régulateur ordinaire de Watt; la même formule s'applique au régulateur de Farcot et au régulateur ordinaire à points de suspension séparés. Nous ne saurions trop recommander de donner au poids du régulateur une grosseur suffisante, telle que l'indique la formule ci-dessus. Le plus souvent on ne donne aux boules que le quart ou le cinquième du poids qu'il faudrait leur donner pour faire mouvoir une valve. Il en résulte des oscillations désastreuses du régulateur; en effet, lorsque la valve, dans une oscillation, est amenée dans le voisinage de sa fermeture, son frottement est considérable; elle retarde l'action du régulateur; aussitôt que la vitesse a diminué suffisamment pour que le manchon entraîne la valve, elle s'ouvre, mais, comme son frottement diminue en s'ouvrant, le manchon du régulateur dépasse de beaucoup sa position normale; de là une cause d'oscillations incessantes qu'on évite en suivant les

règles que nous avons données. La soupape à équilibre variable n'a pas cet inconvénient, son frottement est extrêmement faible et il est constant.

Nous allons montrer qu'il est facile de généraliser cette formule et de l'appliquer à la plupart des régulateurs les plus compliqués, sans se donner la peine d'en faire l'étude complète suivant la méthode indiquée dans notre travail de novembre-décembre 1878.

Je suppose que le régulateur se compose d'un contrepoids central Q suspendu au manchon ou d'un ressort équivalent et d'une série de poids tournants P_1, P_2, P_3, \dots . Soit C la course du manchon, qui est en même temps celle du contrepoids Q ; soient C_1, C_2, C_3, \dots les courses verticales des contrepoids P_1, P_2, P_3, \dots pendant que le manchon parcourt sa course C ; par analogie avec la formule précédente, on a, dans ce cas général :

$$Q + P_1 \times \frac{C_1}{C} + P_2 \times \frac{C_2}{C} + P_3 \times \frac{C_3}{C} + \dots = \frac{F}{2\left(\frac{dn}{n}\right)},$$

On peut, au moyen de cette formule, calculer en un instant la grosseur qu'on doit donner aux boules des régulateurs les plus divers en fonction de la perturbation relative de vitesse $\frac{dn}{n}$ qu'on ne veut pas dépasser, sans prendre la peine d'en faire l'étude mathématique complète; il suffit d'avoir l'appareil sous les yeux et de mesurer expérimentalement toutes les données, ou bien d'opérer graphiquement. Nous donnons cette méthode comme un moyen rapide et approximatif pour évaluer la puissance d'un régulateur qu'on n'a pas étudié.

Nous savons donc calculer la grosseur des boules d'un régulateur nécessaire pour que le frottement de l'organe de réglage ne donne lieu qu'à une perturbation relative de vitesse donnée. Il est nécessaire que cette perturba-

tion relative soit notablement inférieure à l'écart relatif de vitesse du régulateur; sans cela, la régularité serait tout à fait troublée; en outre, il pourrait y avoir des oscillations et des sauts brusques du manchon tenant à ce que le frottement de l'organe est un peu plus grand au départ que quand il a été mis en mouvement.

On obtient de bons résultats en faisant en sorte que $\frac{dn}{n}$ ne soit égal qu'à $\frac{1}{5}$ de l'écart relatif de vitesse du régulateur; s'il est plus grand, la marche du régulateur peut en souffrir sensiblement. Dans les machines existantes, il est bien rare que cette condition soit remplie, et c'est une des principales causes des succès. Bien plus, quelques mécaniciens ont la détestable habitude de serrer la presse-étoupe de leur valve pour augmenter sa résistance; ils le font pour éviter les oscillations. Si le régulateur est sujet aux oscillations, il faut le corriger et l'établir, comme nous l'avons dit, mais sans jamais employer ce procédé vicieux.

Nous n'avons pas parlé des frottements des articulations du régulateur lui-même; en effet, s'il a été bien construit et bien entretenu, ce frottement est négligeable en pratique; on aura soin de faire les axes en acier et d'un diamètre aussi faible que possible.

De l'importance que peuvent avoir les fuites, la valve étant fermée. — Quelques mécaniciens ont la mauvaise habitude de donner trop de jeu aux valves des régulateurs, afin de diminuer les oscillations; sans doute, le résultat qu'ils cherchent est obtenu, mais au détriment du fonctionnement du régulateur; dans ces conditions, cet appareil ne règle plus rien et il devient alors incapable d'empêcher un accident en cas de chute de la courroie principale de l'atelier. Cependant, il est impossible de

monter une valve sans qu'il y ait un peu de jeu; nous allons chercher quelle est la limite que peut avoir la section totale des fuites autour de la valve, sans le moindre inconvénient.

Il suffit que la valve étant fermée, la section des fuites soit assez faible pour que la *vitesse moyenne de la vapeur* pendant l'admission atteigne la vitesse de 800 mètres par seconde; comme ce chiffre de 800 mètres est à peu près la vitesse de la vapeur à six atmosphères s'écoulant dans l'atmosphère, il n'entrera dans le cylindre que de la vapeur ramenée à la pression atmosphérique, par suite de son passage dans la fuite, et cette vapeur ne sera susceptible de faire aucun travail si la machine est sans condensation.

Un calcul bien simple montre que, en moyenne, cette condition permet de donner à la section totale des fuites possibles, une valeur de 3 millimètres carrés par cheval de force motrice de la machine. Cela fait 300 millimètres carrés pour 100 chevaux et une valve de 10 centimètres environ de diamètre; c'est bien plus qu'il n'est nécessaire pour compenser les dilatations inégales des deux métaux qui constituent l'appareil. Ce calcul suppose que la machine est sans condensation; avec condensation les fuites ne devront atteindre que la moitié environ du chiffre ci-dessus ou 150 millimètres carrés pour 100 chevaux.

Des leviers reliant la valve ou la soupape au manchon du régulateur. — Les leviers qui relient la valve au manchon du régulateur peuvent avoir une forme quelconque, de manière à donner des déplacements du manchon sensiblement proportionnels aux déplacements angulaires de la valve. Mais nous insistons particulièrement sur ce point, que le manchon ne doit pas avoir *d'arrêt supérieur*; c'est la valve, en se fermant, qui doit lui servir

d'arrêt; sinon, après quelque temps de service, le jeu des pièces empêche la valve de se fermer complètement, ce qui est un défaut capital. On peut cependant, à la rigueur, mettre un arrêt supérieur, mais il faut s'assurer qu'il n'empêche pas la valve de se fermer *complètement* et le vérifier de temps en temps. Au contraire, il est nécessaire de mettre un arrêt inférieur au manchon du régulateur. Nous avons vu que, lorsque le manchon est en haut de la course qu'on lui a désignée, la valve doit être fermée et faire un angle de 40° avec le plan perpendiculaire à l'axe du tuyau; quand il est en bas de sa course, la valve doit être dans la position qui fait un angle de 10° avec l'axe du tuyau et ne pas la dépasser. Il est bon de percer plusieurs trous à l'extrémité du levier de la valve et au bout de l'une des bielles de transmission, pour pouvoir régler à la main la course qu'on désire donner au manchon du régulateur; c'est un moyen de régler l'écart relatif de vitesse.

La transmission du mouvement de l'arbre de la machine au régulateur doit se faire par engrenages, de préférence aux courroies qui, en tombant, peuvent laisser la machine sans régulateur et causer un accident par la rupture du volant.

Le levier de la valve doit être perpendiculaire à la tige qui l'entraîne *quand la valve est fermée*; de cette façon un même déplacement du manchon du régulateur entraîne un déplacement angulaire de la valve qui croît à mesure que la valve s'ouvre davantage; c'est une excellente condition pour les motifs qui ont déjà été exposés.

IV. — RÉGULATEURS AGISSANT SUR LA DÉTENTE.

Distributions ordinaires à tiroirs. — Les distributions variables à tiroirs de Stephenson, de Gooch, de Meyer, etc., sont beaucoup trop dures pour être actionnées directe-

ment par les régulateurs. On a imaginé, pour tourner la difficulté, les régulateurs à embrayages qui sont des appareils défectueux en principe, comme nous l'avons montré dans notre première étude, et qu'il faut absolument rejeter. On peut tourner la difficulté en faisant agir le régulateur sur un servo-moteur à vapeur, mais c'est trop compliqué.

Si donc, on tient à avoir un régulateur agissant sur la détente, il faut employer une distribution variable très douce, et même tellement douce qu'on puisse la faire mouvoir à la main sans difficulté, sans l'intermédiaire d'aucun levier ni volant; il ne faut pas oublier que les régulateurs les plus puissants ne peuvent pas faire un effort de plus de 3 à 5 kilos évalué au manchon, et cela avec une faible course de 10 centimètres en plus (voir les applications numériques). Or, il est extrêmement difficile de construire une distribution variable aussi douce pour des machines puissantes. On a tourné la difficulté en imaginant les distributions variables à cames et à déclenchement, dont nous allons dire quelques mots.

Distributions douces de Farcot, Corliss, etc., frein à huile. — C'est cette idée qui a donné naissance à la distribution bien connue de Farcot et, plus récemment, à la machine Corliss, et à d'autres du même genre.

Cette dernière machine est munie d'un régulateur de Watt ordinaire assez stable, ayant un écart relatif de vitesse sensible et un volant puissant; elle n'a qu'un seul cylindre. Il est facile de s'assurer, d'après les formules que nous avons données, qu'on peut adopter pour cette machine un régulateur ayant un écart relatif de vitesse plus faible que celui qui existe; mais la distribution Corliss qui constitue déjà un très grand progrès, n'a pas atteint complètement la perfection au point de vue de la régularisation, comme nous allons le voir.

Nous supposerons connue cette distribution qui a été décrite dans les *Annales des mines* (septembre-octobre, 1884), par M. F. Delafond, ingénieur en chef des mines. Comme on le sait, le manchon du régulateur est libre de ses mouvements pendant la plus grande partie de la course du piston; seulement, au moment de la fermeture de l'admission, il s'établit instantanément une relation entre la position du manchon et l'organe d'admission de vapeur, relation qui fait que la durée de l'admission est une fonction bien définie de la position du manchon du régulateur.

Mais, malheureusement, cette relation s'établit par un choc qui, sans être bien violent, serait cependant suffisant pour déplacer sensiblement le manchon du régulateur. Pour empêcher ce déplacement nuisible du manchon, à chaque coup de piston, on l'a relié avec un frein à huile qui annule presque complètement ses oscillations. Ce frein à huile est réglé de manière à ne pas empêcher les déplacements lents du manchon correspondants à des variations du travail, tout en s'opposant aux déplacements instantanés dus aux chocs répétés de l'organe d'admission de vapeur.

Perfectionnement à apporter aux régulateurs de ces machines. — Cette solution donne des résultats pratiques très satisfaisants. Cependant, il est incontestable qu'un régulateur aussi stable que celui des machines Corliss, quoique suffisant pour les besoins actuels de l'industrie, ne représente pas la perfection. Sans modifier la distribution elle-même, nous pensons qu'on pourrait améliorer le régulateur de la manière suivante :

On remplacerait le régulateur de Watt par un puissant régulateur de Porter n'ayant tout au plus qu'un écart relatif de vitesse de 4 ou 6 p. 100 par exemple; le contrepoids central aurait un poids aussi grand que

possible, et les boules un poids quelconque. On tâcherait de se passer du frein à huile, ou bien on lui donnerait une puissance aussi faible que possible. Il ne faut pas oublier que l'emploi du frein à huile présente un léger inconvénient. En effet, en cas de variation brusque du travail résistant, le frein à huile empêche l'action instantanée du régulateur et peut donner lieu à une variation légère et momentanée de la vitesse; cette variation, sans être assez grande pour être dangereuse, peut avoir, dans certains cas, des inconvénients pour l'atelier.

Nous croyons que la machine Corliss, avec ces modifications apportées au régulateur, jouirait d'une régularité extrêmement remarquable. Telle qu'elle est, elle a déjà la réputation d'être bien réglée.

De l'établissement des régulateurs agissant sur la distribution. — Mais, au lieu d'agir ainsi par tâtonnements, on peut appliquer notre méthode à l'établissement des régulateurs agissant sur un système quelconque de détente variable à enclenchement.

L'écart relatif de vitesse à choisir pour le régulateur se calcule en fonction du volant, comme nous l'avons indiqué. Cela posé, il n'y a aucune stabilité supplémentaire à donner à l'organe d'admission; car, contrairement aux valves, il possède la propriété de donner une force motrice sensiblement proportionnelle à la valeur de l'admission. Jusque-là tout est facile. Le calcul de la grosseur des boules et contrepoids est un peu plus difficile, mais il peut se faire. On évalue l'intensité du choc produit sur le régulateur, au moment de sa rencontre avec l'organe de déclenchement de la distribution; il faut que ce choc ne produise qu'un *déplacement du manchon égal à 1/5 de sa course au plus*. Cette condition permet de déterminer le minimum de la grosseur des boules et con-

trepoids du régulateur. Il n'y a aucun motif pour redouter les très gros régulateurs, car ils n'absorbent jamais qu'une quantité de travail absolument négligeable.

Mais, il ne faut pas oublier qu'il n'y a avantage à faire agir le régulateur sur la distribution au point de vue de l'économie de combustible, que si l'atelier subit de très grandes et *très fréquentes* variations du travail résistant. En effet, si, par exemple, une usine est exposée à voir son travail réduit de moitié ou davantage *pendant toute une journée*, rien ne sera si facile que de régler en conséquence, le matin, la distribution variable à la main; dans ces conditions, le régulateur à valve ou à soupape vaut tout autant que le régulateur de distribution, au point de vue de l'économie de combustible comme au point de vue de la régularisation.

V. — AMÉLIORATION DU RÉGULATEUR DANS LES MACHINES EXISTANTES.

De l'essai du régulateur dans une machine existante.

— Les essais suivants s'appliquent aux régulateurs à valve, mais ils s'appliqueraient aussi bien aux régulateurs agissant sur une distribution assez douce pour être reliée directement au régulateur.

1^{er} *Essai*. — Le premier essai doit se faire sur la machine en marche normale; il consiste à s'assurer que le régulateur est capable de diminuer sensiblement le travail moteur; à cet effet, on prend à la main, une des bielles reliant le manchon du régulateur à la valve ou au système de distribution variable; puis on le tire violemment de manière à faire monter le manchon du régulateur et on observe si la machine ralentit sensiblement sa marche. Si elle ne ralentit pas, c'est que la valve ne ferme pas; il est inutile de continuer, car, dans ce cas, l'appareil

peut être considéré comme détestable; ce cas se présente assez souvent.

Si l'on obtient un ralentissement sensible, on lâche brusquement le levier et on laisse revenir le manchon à sa position d'équilibre; s'il y revient rapidement, c'est qu'il n'est pas sujet aux oscillations; s'il est affolé par cette expérience, c'est que le régulateur a été établi dans de mauvaises conditions.

2^e *Essai*. — Pour essayer le régulateur d'une machine existante à détente variable ou à valve, on commence par donner à la machine le maximum du travail de l'atelier, T_1 , on note le nombre de tours N_1 de la machine en une minute, puis on réduit le travail au minimum T_2 ; on note le nombre de tours N_2 ; le rapport $\frac{N_2 - N_1}{\left(\frac{N_2 + N_1}{2}\right)}$ est l'écart

relatif de vitesse pratique de la machine.

Si l'on voulait faire un essai complet, il faudrait pointer chaque tour sur un chronomètre enregistrant construit spécialement à cet effet; on constaterait le temps qui s'écoule, en centièmes de secondes, d'un tour à l'autre. En effet, il peut arriver qu'une machine donne un nombre de tours par minute sensiblement constant et que la durée de chaque tour ne soit pas constante. Cette machine serait mal réglée pour la plupart des applications industrielles. Il faut bien observer, en effet, qu'une variation de la vitesse angulaire qui se fait pendant une fraction de seconde est bien plus funeste, le plus souvent, qu'une variation du nombre de tours par minute. En suivant les règles que nous avons indiquées, ce cas ne se présentera pas et l'essai au chronomètre sera inutile. Dans certaines machines, cet essai serait intéressant; mais on peut s'en dispenser si l'on a l'oreille assez exercée pour saisir la cadence des coups de piston. Le métronome des pianistes peut aussi rendre des

services pour observer l'égalité de la durée des coups de piston, si l'on a pas l'oreille un peu exercée.

3° *Essai*. — Puis on fait marcher la machine à vide, en laissant l'admission au même degré que quand la machine marche avec le travail maximum; on réduit ainsi le travail à la valeur T_3 des résistances passives de la machine; on observe le nombre de tours N_3 ; le rapport $\frac{N_3 - N_1}{\frac{N_3 + N_1}{2}} = E$ mesure ce que nous avons appelé l'écart relatif de vitesse quand le travail de l'atelier décroît de son maximum à zéro.

Quand même l'atelier ne serait pas difficile au point de vue de la régularité, il est essentiel que N_3 ne diffère pas trop de N_1 , sinon il pourrait en résulter une vitesse dangereuse pour le volant, en cas de chute de la courroie principale ou de rupture d'une dent de l'engrenage principal.

Il ne faut pas oublier que ces essais doivent être faits avec la plus grande prudence; car si la vitesse du volant devient trop forte, ne fût-ce que pendant une seconde, on s'expose à l'explosion de cet organe. Si les trois essais ne réussissent pas parfaitement, il faut chercher la cause du mauvais fonctionnement du régulateur ainsi qu'il suit:

Recherche des causes du mauvais fonctionnement des régulateurs. — 1° Il arrive très souvent, avec les régulateurs à valve, que le 3° essai ne réussisse pas; le régulateur est incapable d'empêcher la machine de s'emporter quand la courroie principale de l'atelier tombe; c'est un défaut capital; cela tient à ce que la valve ne ferme pas bien, ce qui peut tenir à deux causes:

Ou bien la valve elle-même ne ferme pas, ce qu'on peut constater en démontant un des boulons des bielles qui la

relient au régulateur et en essayant de ralentir la machine en fermant la valve à la main.

Ou bien le manchon du régulateur ou un des leviers butte contre un arrêt qui empêche la valve de se fermer, ce qui est très facile à constater. Ce fait se produit même de lui-même quand un long service a donné beaucoup de jeu aux pièces mobiles.

2° Il arrive aussi que les régulateurs soient sujets à des oscillations, parce que les valves sont mal équilibrées et ont une tendance à se coller (voir ci-dessus et *fig. 2*, Pl. VIII). Dans ce cas, il faut changer la valve; ce défaut est très commun.

3° Il arrive souvent que le régulateur a trop ou pas assez de stabilité, ce qui est facile à constater. A cet effet, on démonte encore une des bielles et on observe le régulateur marchant seul; on note le nombre de tours N_1 et N_2 correspondant aux positions extrêmes du manchon et on voit si l'écart relatif de vitesse $\frac{N_2 - N_1}{\frac{N_2 + N_1}{2}}$ est bien

en rapport avec la force vive du volant par cheval de la machine. La force vive du volant et la puissance de la machine se calculent comme nous l'indiquons dans notre résumé de formules.

4° Enfin, la valve a presque toujours un diamètre trop grand, ce qui a des inconvénients très graves à tous les points de vue.

Modification des organes. — Le plus souvent les résultats de ces essais ne seront pas satisfaisants; il faudra presque toujours modifier la valve et quelquefois même le régulateur.

Si l'on tient à conserver une valve, on en fera faire une nouvelle de *diamètre convenable* et d'après les indications que nous avons données. On peut diminuer la valve sans

changer le tuyau qui la contient en ajustant dans le tuyau un manchon de diamètre convenable.

En outre, le régulateur n'est presque jamais assez puissant; il faut, dans ce cas, en refaire un nouveau. Si le régulateur, sans être assez puissant pour bien conduire une valve, est cependant bien compris, on peut l'utiliser, mais en remplaçant la valve par une soupape à stabilité variable, comme il est dit ci-dessus.

Rien n'est si facile que de diminuer ou d'augmenter l'écart relatif de vitesse d'un régulateur, suivant les besoins, au moyen du contrepoids vertical mobile (*fig. 4*, Pl. IX) situé soit en dessus pour le diminuer, soit en dessous pour l'augmenter; on peut encore obtenir le même résultat en diminuant ou en augmentant la course utilisée du manchon.

Modérateurs de vitesse. — Enfin, quand le volant est trop faible pour qu'on puisse songer à établir un bon régulateur de vitesse, on doit toujours, au moins, installer un régulateur faisant fonction de *modérateur de vitesse*; c'est un régulateur ordinaire, monté sur une valve qui ferme bien, qui est réglé pour une vitesse supérieure à la vitesse normale, et qui ne fonctionne qu'en cas de chute de la courroie principale ou de rupture dans la transmission; c'est alors un appareil de sécurité simplement.

VI. — RÉGULATEURS DE VITESSE DES MOTEURS HYDRAULIQUES.

Nous avons vu, dans notre précédent travail, que la régularisation des moteurs hydrauliques présente de grandes difficultés à cause de la dureté des vannes qu'il est difficile de mettre en mouvement, directement, par

le régulateur. Nous avons montré que les régulateurs à embrayages doivent être absolument écartés, comme défectueux. On peut, à la rigueur, employer un puissant régulateur d'Allen agissant directement sur un vannage très sensible comme les vannages à rouleaux. Mais nous allons indiquer un nouveau système très simple, dû à M. Boudilliat, ingénieur civil, et qui est une très heureuse solution de cette question importante et difficile.

Dans ce système, on monte sur l'arbre de la roue hydraulique ou turbine, une pompe qui comprime et élève une petite quantité d'eau. A la sortie de cette pompe on place une valve en soupape qui est actionnée par un régulateur de vitesse à force centrifuge. Si le travail résistant diminue, le régulateur ferme la soupape de la quantité voulue et crée à l'eau une résistance à sa sortie de la pompe; l'appareil *absorbe donc* l'excès du travail; si la diminution de travail doit durer longtemps, le mécanicien diminue tout naturellement l'ouverture de la grande vanne, mais il a tout le temps qu'il veut pour le faire; la vitesse est, dans tous les cas, maintenue constante par l'appareil. Nous donnerons, naturellement, au régulateur à force centrifuge, l'écart relatif de vitesse qui convient en fonction du volant formé par toutes les masses en mouvement, et cela d'après les règles que nous avons fixées, en tenant compte du nombre de cylindrées par minute données par la pompe.

On pourrait encore régler la vitesse des moteurs hydrauliques par un autre procédé. Le régulateur agirait, non pas sur la vanne, mais sur un puissant servomoteur hydraulique qui actionnerait directement la vanne. Mais ce procédé serait plus coûteux que le précédent, parce qu'il nécessiterait l'installation d'un petit accumulateur hydraulique. On peut donc considérer le problème de la régularisation des moteurs hydrauliques comme actuellement résolu et d'une façon très satisfaisante.

VI. — RÉSUMÉ DES FORMULES ET DES RÈGLES
RELATIVES A L'ÉTABLISSEMENT DES RÉGULATEURS
DE VITESSE.

Régulateur de Watt (fig. 3, Pl. IX).

$$(1) \quad l = \frac{1.790}{n^2} \left(1 + \frac{Q}{P} \times \frac{a}{b} \right) \times \frac{a}{b}$$

l distance AM du manchon au sommet;
 n nombre de tours correspondant par minute;
 Q poids du manchon avec surcharge s'il y en a;
 P poids d'une boule;
 $a = AB, \quad b = AC.$

$$L = \frac{C}{2} \times \frac{n_2^2 + n_1^2}{n_2^2 - n_1^2}$$

C étant la course utilisée du manchon;
 L distance de la position moyenne du manchon au sommet du régulateur;
 n_1 et n_2 , nombre de tours du régulateur correspondant aux positions extrêmes du manchon.

Or

$$n_2 = n + \frac{E}{2} \quad \text{et} \quad n_1 = n - \frac{E}{2} \quad \left\{ \begin{array}{l} n \text{ vitesse de régime;} \\ E \text{ écart relatif de vitesse} = \frac{n_2 - n_1}{\frac{n_2 + n_1}{2}} \end{array} \right.$$

En substituant, on trouve l'équation :

$$(2) \quad L = \frac{C}{2 \times E}.$$

Cette équation donne L en fonction de C et de E seulement; on peut donc faire varier P, Q, a, b , sans changer E ; en particulier, on peut augmenter la surcharge du manchon sans changer la valeur de E . Cette remarque a un grand intérêt pratique; elle montre qu'on peut augmenter la vitesse de régime d'une machine en augmentant

la surcharge du manchon, sans changer l'écart relatif de vitesse du régulateur.

Régulateur de Porter (fig. 4, Pl. IX).

$$(3) \quad l = \frac{1.790}{n^2} \left(1 + \frac{Q}{P} \right), \quad L = \frac{C}{2 \times E}.$$

(Dans cette formule, on suppose qu'on a supprimé les contrepoids R et S de la figure).

Nous prendrons, en général, la longueur des bielles $a = 0,65 \times L$ qui donne un régulateur de forme élégante. On ajoute au manchon une surcharge S quand on veut augmenter la vitesse.

Contrepoids de Foucault pour rendre un régulateur de Watt ou de Porter isochrone (fig. 4, Pl. IX).

$$(4) \quad R = (P + Q) \frac{b^2}{L \times c}$$

R contrepoids mobiles;
 b distance de l'axe du contrepoids à celui du régulateur;
 c hauteur du contrepoids autour de son axe de rotation.

Ce régulateur est le plus pratique de tous. Au moyen du contrepoids mobile S on peut faire varier la vitesse de la machine sans changer l'écart relatif de vitesse; au moyen du contrepoids mobile R , on peut faire varier l'écart relatif de vitesse sans changer la vitesse de la machine.

Régulateur de Farcot à tiges croisées (fig. 5, Pl. IX).

$$(5) \quad n^2 = 895 \frac{\sqrt{\frac{1}{4}a^2 - l^2}}{lb \sqrt{1 - \frac{l^2}{4a^2} - lc}} \left(1 + \frac{Q}{P} \times \frac{a}{b} \right).$$

Notations.

n nombre de tours du régulateur par minute;
 l distance du manchon au sommet

Q poids du manchon avec sa surcharge s'il y en a;
P poids d'une boule;

$$a = DB; \quad b = DC; \quad c = \frac{DD'}{2} = \frac{EE'}{2}.$$

Si le poids Q de la surcharge du manchon est nul, la formule se simplifie; c'est le cas du régulateur de Farcot ordinaire.

On passerait au cas de la *fig. 6* en faisant $a = b$ dans la formule (5)

Le régulateur de Farcot peut donner d'excellents résultats dans tous les cas possibles. Mais il y a un cas où il serait d'un emploi très pratique; c'est pour régler les machines à vapeur qui servent à divers usages sur les bateaux et qui sont indépendantes de la machine motrice; les mouvements du bateau rendent l'emploi des régulateurs ordinaires impossible. Dans ce cas, nous proposons d'employer un régulateur de Farcot à très grande vitesse (*fig. 6*) où le poids Q serait remplacé par un ressort long et puissant; on pourrait faire varier sa stabilité à volonté en réglant les distances DD' et EE'; c'est une bonne solution du régulateur à écart variable dans ce cas particulier.

Régulateur de Watt à points de suspension séparés (*fig. 7*, Pl. IX).

$$(6) \quad n^2 = 895 \frac{\sqrt{4a^2 - l^2}}{lb \sqrt{1 - \frac{l^2}{4a^2}} + lc} \left(1 + \frac{Q}{P} \times \frac{a}{b}\right) \left\{ \begin{array}{l} \text{(Même notations} \\ \text{que dans le cas} \\ \text{précédent.)} \end{array} \right.$$

Pour le régulateur de Farcot et le régulateur de Watt à double point de suspension, il n'est pas facile de donner l'équivalent de la formule (2) qui permet de calculer du premier coup la valeur de L; on y arrive indirectement en traçant la courbe des valeurs de n en fonction de l au moyen de la formule (5) ou de la formule (6); puis sur

cette courbe, on choisit deux valeurs l_1 et l_2 telles que

$$\frac{n_2 - n_1}{\left(\frac{n_2 + n_1}{2}\right)} \text{ soit égal à l'écart relatif de vitesse donné.}$$

Dans la *fig. 8* on a représenté le régulateur de Porter à double point de suspension, pour lequel $a = b$.

Ce type de régulateur a l'inconvénient d'exiger de très grandes dimensions, quand on veut avoir un écart relatif de vitesse faible.

Perturbation relative de vitesse due à un frottement F.
— (Pour tous les régulateurs mentionnés ci-dessus).

$$(7) \quad \frac{dn}{n} = \frac{F}{2 \left(P \frac{b}{a} + Q \right)} \left\{ \begin{array}{l} F \text{ effort à faire par le manchon pour} \\ \text{vaincre le frottement de la valve} \\ \text{ou de l'organe de réglage;} \\ dn \text{ variation de vitesse correspondant à } F; \\ n \text{ vitesse de régime;} \\ P \frac{b}{a} + Q \text{ même notation que pour le régu-} \\ \text{lateur de Watt.} \end{array} \right.$$

$\frac{dn}{n}$ est ce que nous appelons la *perturbation relative de vitesse* due au frottement F évaluée au manchon du régulateur.

Diamètre de la valve :

$$(8) \quad d = 0,16 \sqrt{SV} \left\{ \begin{array}{l} d \text{ diamètre intérieur du tuyau qui con-} \\ \text{tient la valve (en mètres);} \\ S \text{ section du piston de la machine à va-} \\ \text{peur (en mètres carrés);} \\ V \text{ vitesse du piston au milieu de sa} \\ \text{course (en mètres par seconde).} \end{array} \right.$$

Section libre d'une soupape à stabilité variable. Valeur du diamètre intérieur du cylindre mobile :

$$(9) \quad d = 0,12 \sqrt{SV} \left\{ \begin{array}{l} \text{(Mêmes notations que dans le cas précé-} \\ \text{dent.)} \end{array} \right.$$

Frottement des valves:

$$(10) \quad F = 100 \frac{d^3}{C} \begin{cases} d & \text{diamètre de la valve en mètres;} \\ C & \text{course du manchon en mètres;} \\ F & \text{maximum du frottement de la valve,} \\ & \text{évalué au manchon du régulateur.} \end{cases}$$

Poids des boules du régulateur. En substituant cette valeur de F dans la formule (7), on a :

$$(11) \quad \frac{dn}{n} = \frac{100 \frac{d^3}{C}}{2 \left(\frac{b}{a} + Q \right)},$$

qui permet de calculer du premier coup les dimensions des boules et contrepoids d'un régulateur correspondant à une valeur donnée de la perturbation relative de vitesse $\frac{dn}{n}$ avec une valve de diamètre d et une course de manchon égale à C ; $\frac{dn}{n}$ ne doit être égal qu'à $1/5$ de l'écart relatif de vitesse du régulateur. Dans le cas où il agit directement sur la distribution, on calcule P et Q de telle façon que le déplacement du manchon dû au choc du déclenchement ne soit que de $1/5$ de sa course totale.

Pour calculer la grosseur des bielles et celle des axes, il est nécessaire de connaître la force centrifuge des boules, elle est égale, comme on sait, à $\frac{P}{g} \omega^2 r$; P est le poids de la boule; ω est la vitesse angulaire qui est égale à $\frac{2\pi n}{60}$ (n étant le nombre de tours par minute du régulateur); r est la distance de la boule à l'axe.

Formule donnant la valeur de la demi-force vive du volant en fonction de l'écart relatif de vitesse du régulateur:

$$(12) \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Machines à cylindre unique.} \\ \text{— compound.} \\ \text{— à deux ou plusieurs cy-} \\ \text{lindres non compound} \\ \text{Machines à grande vitesse.} \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} \frac{1}{2} \frac{P}{g} V^2 = 34 \times \frac{60}{N} \times \frac{T}{E} \\ \frac{1}{2} \frac{P}{g} V^2 = 25 \times \frac{60}{N} \times \frac{T}{E} \\ \frac{1}{2} \frac{P}{g} V^2 = 17 \times \frac{60}{N} \times \frac{T}{E} \\ \frac{1}{2} \frac{P}{g} V^2 = 13 \times \frac{K}{E} \end{array} \right.$$

Notations.

- P poids de la jante du volant;
- V vitesse de la jante du volant à la vitesse normale de la machine;
- N nombre de révolutions par minute du volant à la vitesse normale;
- T force normale en chevaux de la machine;
- E écart relatif de vitesse du régulateur.

(Les variations relatives pratiques de la vitesse de la machine ne dépassent pas la valeur $\frac{E}{4}$, en plus ou en

moins de la vitesse normale, lorsque le travail ne varie que du simple ou double, variation qui est rarement dépassée dans la pratique, surtout si l'on tient compte du travail absorbé par les frottements de la machine et des transmissions qui subsistent toujours.)

On peut être obligé d'employer un écart relatif de vitesse plus fort que ceux que donnent ces formules, en fonction du poids du volant, et cela dans le cas où les boules du régulateur sont trop faibles, car il faut que $\frac{dn}{n}$ ne soit égal qu'à $1/5$ de E , comme on l'a vu. Mais c'est une chose qu'il vaut mieux éviter.

Stabilité de la valve ou de la soupape (13). — La valve ou la soupape, avons-nous dit, doit avoir une légère tendance à l'ouverture ou *stabilité* telle que la perturbation relative de vitesse $\frac{dn}{n}$ causée par cette stabilité sur le

manchon du régulateur soit égale à l'écart relatif de vitesse E du régulateur lui-même. Cela n'augmente l'écart relatif de vitesse pratique que d'une quantité négligeable, comme nous l'avons vu, la valve ne restant jamais fermée.

Travail en chevaux de la machine. — Il est indispensable de connaître la force normale en chevaux de la machine, pour le calcul du volant, ainsi qu'on l'a vu. Mais ce calcul n'a pas besoin d'être fait avec une grande précision. Nous écarterons donc les formules de la thermodynamique et nous emploierons les formules usuelles suivantes que nous croyons devoir rappeler ici, afin que le lecteur puisse trouver dans ce mémoire toutes les formules servant à l'établissement des régulateurs.

$$(14) \quad T = \frac{10.000}{75} \times W(p+1) \left[1 + \rho - \frac{p'}{(p+1) \times r} \right] \times K.$$

Notations.

- T travail par seconde sur l'arbre, en chevaux;
 W est le volume théorique de vapeur admise par seconde, donné par la formule (15);
 p pression moyenne de la vapeur à l'admission, en kilogrammes par centimètre carré, au-dessus de la pression atmosphérique, que la machine soit ou non à condensation : cette pression est en général inférieure de 1 kilogr. environ à la pression du timbre de la chaudière;
 p' contrepression égale à $0^k,2$ pour les machines à condensation et $1^k,2$ pour les machines sans condensation;
 r est le degré d'admission ou le rapport de la course du piston pendant l'admission à la course totale du piston (on ne tient aucun compte des espaces nuisibles) : cette valeur de r est supposée correspondre au maximum du travail que la machine est appelée à faire *normalement*, sans tenir compte des coups de collier tout à fait exceptionnels;
 ρ est le rapport du travail de la détente au travail de l'admission (sans déduire la contrepression); il est égal à $2.302 \log \frac{1}{r}$ et donné par le tableau (16),

K coefficient d'utilisation compris entre 0,6 et 0,9.

$$(15) \quad W = \frac{2N}{60} m \times S \times L \times \alpha.$$

Notations.

- N est le nombre de tours de la machine par minute;
 m nombre de cylindres pareils où se fait l'admission de la vapeur, venant de la chaudière;
 S section du piston en mètres carrés;
 L longueur de la course du piston sans compter les espaces nuisibles;
 α est le degré d'admission ou le rapport de la longueur de l'admission à la course totale du piston, dans le cylindre d'admission.

Pour les machines non compound α est égal à r . Pour les machines compound, soit α le degré d'admission dans le cylindre d'admission et β dans le cylindre de détente, on a : $r = \alpha \times \beta$. Pour ces dernières machines, on suppose que le volume de l'admission du cylindre de détente est égal au volume total du cylindre d'admission et cela doit toujours être ainsi. On ne tient pas compte des espaces nuisibles.

La valeur de K varie entre 0,6 et 0,8 pour les machines sans enveloppes de vapeur, suivant la vitesse de la vapeur dans les lumières d'admission et d'échappement; elle varie entre 0,70 et 0,90 pour les machines avec enveloppes de vapeur; elle augmente un peu lorsque les espaces nuisibles ont beaucoup d'importance.

(16) *Tableau des valeurs de ρ en fonction du degré d'admission r .*

DEGRÉ d'admission r	ρ	DEGRÉ d'admission r	ρ	DEGRÉ d'admission r	ρ
0,05	2,99	0,30	1,20	0,60	0,51
0,10	2,30	0,35	1,05	0,70	0,36
0,15	1,90	0,40	0,92	0,80	0,22
0,20	1,61	0,45	0,80	0,90	0,10
0,25	1,39	0,50	0,69	1,00	0,00

Pour les valeurs intermédiaires de r on calculera ρ par interpolation.

Vitesse du volant. — Dans tous les calculs, nous n'avons tenu compte que de la force vive de la jante du volant; la force vive des bras n'ajoute que très peu de chose et comme son évaluation est difficile, nous l'avons négligée dans l'établissement des formules empiriques 12; il ne faut donc pas en tenir compte.

Au point de vue de la sécurité, un calcul bien simple montre que, sous l'influence de la force centrifuge, un volant dont la jante est coulée d'un seul morceau travaille à $0^k,18$ par millimètre carré avec une vitesse de 15 mètres à la seconde. Si la vitesse est différente de 15 mètres, et soit v cette vitesse, le travail par millimètre carré

$$= 0^k,18 \times \frac{v^2}{15^2}.$$

Si la jante est coulée en plusieurs pièces et que la section de l'assemblage ait un point faible, de section s , S étant la section de la jante, le travail en ce point faible sera :

$$(17) \quad 0^k,18 \times \frac{v^2}{15^2} \times \frac{S}{s}.$$

Il est bien de s'assurer aussi de la solidité des bras du volant, en tenant compte de l'accélération due aux variations du travail moteur.

Il ne faut pas négliger de faire ce calcul, afin de ne pas s'exposer à l'explosion du volant chaque fois qu'on veut faire marcher une machine à une vitesse supérieure à sa vitesse habituelle.

La vitesse à la jante du volant s'évalue à la circonférence décrite par le centre de gravité de cette jante et le diamètre du volant également.

Nous ne donnerons pas les formules relatives aux ré-

gulateurs nouveaux qu'on a proposés dans ces dernières années; chacun pourra les établir d'après la méthode générale que nous avons indiquée dans notre premier mémoire. Mais c'est inutile, car les types que nous indiquons suffisent dans tous les cas qui peuvent se présenter et sont dans le domaine public. Nous signalerons cependant les régulateurs cosinus de M. Buss qui sont bien construits et qui sont à écart relatif de vitesse variable à volonté. Nous recommandons aussi spécialement, parmi les nouveaux régulateurs, les appareils à très grande vitesse et à ressort qui sont quelquefois moins sujets aux oscillations que les régulateurs à contrepoids; mais ils sont souvent mal établis; il sera facile d'en tirer un très bon parti en suivant toutes les règles que nous avons données.

VII. — APPLICATIONS NUMÉRIQUES.

1^{re} application.

Machine à deux cylindres de 234 chevaux. — Proposons-nous d'établir un régulateur à valve sur une machine existante et établie dans les conditions suivantes :

Nombre de tours par minute	65 tours
Deux cylindres dont les manivelles sont calées à	90 degrés
Diamètre des pistons	0 ^m ,65
Section —	0 ^m 2,332
Course —	0 ^m ,90
Pression effective du timbre de la chaudière.	6 kilogr.
Pression moyenne effective à l'admission. .	5 —
Distribution Meyer variable à la main.	
Admission en marche normale	20 p. 100
Pas de condensation.	
Poids de la jante du volant (en deux volants).	8.000 kilogr.
Diamètre du volant mesuré à la circonférence moyenne de la jante.	4 ^m ,40

Calcul de la puissance en chevaux avec une admission normale de 0,2. — Le volume de vapeur W admis par seconde est donné par la formule (15).

$$W = \frac{2N}{60} \times m \times S \times L \times \alpha = 2 \times \frac{65}{60} \times 2 \times 0,332 \times 0,9 \times 0,2 = 0^m3,259.$$

Le travail est donné par la formule (14).

$$T = W(p+1) \left[1 + \rho - \frac{\rho'}{(p+1)r} \right] \times \frac{K}{75} \times 10.000.$$

$$T = 0,259(3+1) \left[1 + 1,61 - \frac{1,2}{(5+1) \times 0,2} \right] \times \frac{0,70}{75} \times 10.000 = 234 \text{ chevaux.}$$

Calcul de la force vive du volant :

$$\text{Vitesse à la jante . . .} = \frac{\pi \times 4^m,40 \times 65}{60} = 15 \text{ mètr. par sec.}$$

$$1/2 \text{ force vive du volant.} = \frac{8.000 \times (15)^2}{2 \times 9,81} = 91.740 \text{ kilogrammèt.}$$

$$1/2 \text{ force vive du volant} \left. \begin{array}{l} \text{par cheval.} \end{array} \right\} = \frac{91.740}{234} = 392$$

L'écart relatif de vitesse E du régulateur se calcule par la formule (12).

$$\frac{1}{2} \frac{P}{g} V^2 = 17 \times \frac{60}{N} \times \frac{T}{E},$$

d'où :

$$E = \frac{K}{\frac{1}{2} \frac{P}{g} V^2} \times 17 \times \frac{60}{N},$$

d'où :

$$E = \frac{1}{392} \times 17 \times \frac{60}{65} = 0,04, \text{ soit } 4 \text{ p. } 100.$$

Il s'agit de construire un régulateur donnant un écart relatif de vitesse $E = 0,04$. Nous choisirons le type de Porter (*fig. 4*, Pl. IX) à point unique de suspension. Il est bon de donner au moins 10 centimètres à la course c du manchon; dès lors L est donné par la formule (2):

$$L = \frac{C}{2E} = \frac{0,10}{2 \times 0,04} = \frac{0,10}{0,08} = 1^m,250,$$

d'où :

$$L_1 = L + \frac{C}{2} = 1^m,250 + 0,050 = 1^m,300,$$

$$L_2 = L - \frac{C}{2} = 1^m,250 - 0,050 = 1^m,200.$$

La longueur des bielles :

$$a = 0,65L = 0,65 \times 1^m,250 = 0^m,812.$$

Diamètre de la valve :

$$d = 0,16 \sqrt{SV} \text{ (formule 8).}$$

Or,

$$\text{La section } S \text{ du piston.} = 0^m2,332$$

$$\text{La vitesse } V, \left. \begin{array}{l} \text{au milieu de sa course,} \end{array} \right\} = \frac{\pi \times 0,90 \times 65}{60} = \frac{3,14 \times 0,9 \times 65}{60} = 3^m,06$$

$$d = 0,16 \sqrt{0,332 \times 3,06} = 0^m,16.$$

Ainsi, une valve de $0^m,16$ est largement suffisante pour cette machine de 234 chevaux; on voit combien les valves employées dans la pratique ont des dimensions exagérées, ce qui nuit considérablement au fonctionnement du régulateur. Ce diamètre de $0^m,16$ correspond à la vitesse de vapeur de 100 mètres par seconde, la valve étant ouverte, comme nous l'avons dit plus haut, et à une perte moyenne de pression de $1/20$ d'atmosphère seulement pendant l'admission; nous avons vu qu'on peut même aller jusqu'à la vitesse de 150 mètres, ce qui réduirait le diamètre d à la valeur $0,16 \times \sqrt{\frac{100}{150}} = 0,16 \times \frac{10}{12,25} = 0^m,13$. Mais il ne faudrait adopter un diamètre aussi restreint que si l'on avait un grand intérêt à diminuer les frottements de la valve, à cause de l'insuffisance de la puissance du régulateur. Nous adopterons donc le chiffre de $0^m,16$ dans le cas présent.

On donnera à l'arête supérieure de la valve un coup de lime de quelques millimètres, de manière à créer ainsi,

comme nous l'avons dit, un nouvel écart relatif de vitesse, dû à l'action de la vapeur seule, et égal environ à celui du régulateur, soit 4 p. 100 environ.

Frottement de la valve (mesuré au manchon du régulateur).

$$F = 100 \frac{d^3}{C} \text{ (formule 10). Or } d = 0^m,16 \text{ et } C = 0^m,10,$$

$$F = 100 \times \frac{(0,16)^3}{0,10} = 1.000 \times (0,16)^3 = 1.000 \times 0,00410 = 4^k,100.$$

Poids des boules et du contrepoids du régulateur :

$$\frac{dn}{n} = \frac{F}{2(P+Q)} = \frac{4^k,1}{2(P+Q)} \text{ (formule 7),}$$

d'où

$$P+Q = \frac{4^k,1}{2\left(\frac{dn}{n}\right)}.$$

Nous avons vu que $\frac{dn}{n}$ doit être égal au plus à 1/5 de l'écart relatif de vitesse qui est 0,040, soit 0,008, donc :

$$P+Q = \frac{4^k,1}{2 \times 0,008} = \frac{4.100}{2 \times 8} = \frac{4.100}{16} = 256 \text{ kilogr.}$$

Comme on le sait, nous pouvons choisir P et Q arbitrairement, pourvu que leur somme soit égale à 256 kilogrammes ; nous prendrons par exemple :

$$P = 56 \text{ kilogr. et } Q = 200 \text{ kilogr.}$$

Rapport des vitesses angulaires du régulateur et du volant. — Nous savons que le nombre de tours normal N du volant = 65 tours à la minute ; le nombre de tours normal du régulateur est donné par la formule (3).

$$l = \frac{1.792}{n^2} \left(1 + \frac{Q}{P}\right), \text{ d'où } n^2 = \frac{1.792}{L} \left(1 + \frac{Q}{P}\right),$$

$$n = \sqrt{\frac{1.792}{L} \left(1 + \frac{Q}{P}\right)} = \sqrt{\frac{1.792 \left(1 + \frac{200}{56}\right)}{1,250}} = \sqrt{\frac{1.792 \times 4,57}{1,250}}$$

$$= \sqrt{6.551} = 81 \text{ tours.}$$

Le rapport des vitesses du régulateur et du volant est de $\frac{81}{65} = 1,25$.

Si, au point de vue de l'élégance, on désirait avoir un régulateur à grande vitesse, on donnerait à P une valeur moindre, P + Q étant toujours égal à 256 kilogrammes. L'écart relatif de vitesse pratique sera, comme on l'a vu, inférieur à $\frac{E}{4}$ ou 1 p. 100 seulement en plus ou moins de la vitesse normale dans la majorité des cas, c'est-à-dire lorsque le travail ne varie que du simple au double ; il serait de 2 p. 100 en plus ou en moins si le travail variait de son maximum à zéro, ce qui ne peut jamais arriver, car il reste toujours, au moins, les résistances de la machine à vapeur elle-même.

Résumons tous les résultats du calcul précédent :

1/2 force vive du volant par cheval.	392 kilogrammètres
Écart relatif de vitesse du régulateur.	4 p. 100
— de vitesse pratique.	{ 1 — en plus ou 1 — en moins
Course du manchon.	10 centimètres
Positions extrêmes du manchon.	{ $l_1 = 1^m,300$ $l_2 = 1,200$
Longueur des bielles.	0,812
Diamètre du tuyau de la valve.	16 centimètres
Poids des boules.	P = 56 kilogr.
Contrepoids.	Q = 200 —
Rapport des vitesses du régulateur et du volant.	{ 1,25

Dans le cas où l'on désire avoir une vitesse variable à volonté, on fait Q inférieur à 200 kilogrammes, soit égal à 100 kilogrammes, par exemple, et on ajoute une surcharge au manchon, due à un poids mobile, et pouvant atteindre un effort de 100 kilogrammes sur le manchon (fig. 4, Pl. IX).

Une machine ainsi réglée serait dans d'excellentes conditions pour conduire les ateliers les plus difficiles, comme une filature ou un éclairage électrique, à incandescence, même avec des machines dynamos Compound. Pour les applications industrielles ordinaires, on peut se contenter d'un volant bien moindre avec un régulateur en conséquence.

Si on trouvait le régulateur trop grand au point de vue purement artistique, on pourrait le faire plus petit, tout en lui laissant les mêmes valeurs de P et Q, mais avec un contrepoids de Foucault pour lui donner l'écart relatif de vitesse voulu. On pourrait encore employer le régulateur de Farcot en le calculant non pas de manière à le rendre isochrone, mais en lui donnant l'écart relatif de vitesse de 4 p. 100.

Si on voulait avoir plus de précision encore, rien ne serait plus facile, à condition que le volant fût plus puissant; on emploierait alors, soit une valve avec un régulateur à boules et contrepoids plus lourds encore, soit une soupape à équilibre variable avec un régulateur de dimensions ordinaires.

On voit donc qu'il n'y a pour ainsi dire pas de limite à la précision qu'on peut obtenir dans les régulateurs, pourvu que le volant soit suffisant.

Proposons-nous à présent de munir la même machine d'un régulateur agissant sur la distribution.

Le volant aura le même poids et la même vitesse qu'avec la valve. Le régulateur aura le même écart de 4 p. 100 et les mêmes dimensions avec la même course du manchon. Quant au poids des boules et du contrepoids, il dépendra du système de distribution choisi; il sera tel que le choc du déclenchement ne déplace le manchon que de $\frac{1}{5}$ de sa course au maximum.

On n'emploiera un frein à huile que s'il est impossible

de donner au régulateur une puissance suffisante pour l'éviter.

Nous ne saurions trop recommander l'emploi du régulateur à écart variable et d'une très grande puissance, pour les régulateurs agissant sur la distribution, à cause de la difficulté d'évaluer exactement l'importance du choc produit par le déclenchement.

2^e application.

Locomobile à un cylindre de 8 chevaux. — Proposons-nous d'établir un régulateur à soupape sur une petite locomobile ayant les dimensions suivantes :

Diamètre du cylindre.	0 ^m ,200
Section —	0 ^{m²} ,0314
Course du piston.	0 ^m ,250
Nombre de tours.	90 par minute
Diamètre du volant.	1 ^m ,800
Poids de la jante.	500 kilogr.
Pression effective du timbre de la chaudière.	} 8 kilogr. par centim. carré
Pression moyenne de la vapeur à l'admission.	
Admission moyenne.	25 p. 100

Le volume de vapeur admis par seconde est égal à

$$W = \frac{2N}{60} \times m \times S \times L \times \alpha \text{ (form. 15)}$$

$$= \frac{2 \times 90}{60} \times 1 \times 0,0314 \times 0,25 \times 0,25 = 0,0059.$$

Le travail en chevaux par seconde est égal à (form. 14)

$$T = 0,0059(1 + 7) \left[1 + 1,39 - \frac{1,2}{(1 + 7) \times 0,25} \right] \frac{0,70}{75} \times 10.000$$

$$= 7^{\text{ch}},88, \text{ soit environ 8 chevaux.}$$

La vitesse du volant à la jante est

$$V = \frac{\pi \times 1,8 \times 90}{60} = 8^{\text{m}},480 \text{ par seconde.}$$

La demi-force vive du volant est

$$\frac{1}{2} \frac{P}{g} V^2 = \frac{1}{2} \times \frac{500}{9,81} (8^m,480)^2 = 1.832 \text{ kilogrammètres.}$$

La demi-force vive par cheval est

$$\frac{1.832}{7,88} = 232.$$

L'écart relatif de vitesse est donné par la formule (12)

$$E = 34 \times \frac{60}{N} \times \frac{T}{\frac{1}{2} \frac{P}{g} V^2} = 34 \times \frac{60}{90} \times \frac{1}{232} = 0,098$$

ou 10 p. 100 environ.

Ainsi, le régulateur devra donner un écart relatif de vitesse de 10 p. 100. Choisissons le régulateur de Porter à point unique de suspension (*fig. 4*, Pl. IX); la distance de son sommet au milieu de la course du manchon est donnée par la formule (2)

$$L = \frac{C}{2E}.$$

Si on fait la course du manchon $C = 6$ centimètres, on a

$$L = \frac{0,06}{2 \times 0,1} = \frac{0,6}{2} = 0^m,300,$$

d'où

$$l_1 = 0^m,300 + \frac{0,060}{2} = 0^m,330,$$

$$l_2 = 0^m,300 - \frac{0,060}{2} = 0^m,270.$$

La longueur des bielles :

$$a = 0,65 \times 0,300 = 0^m,195.$$

Nous prendrons comme organe d'obturation la soupape représentée (*fig. 2*, Pl. IX); le diamètre intérieur du cylindre mobile est donné par la formule

$$d = 0,12 \sqrt{SV}.$$

Or,

$$S = 0^m2,0314,$$

$$V = \pi \times 0,25 \times \frac{90}{60} = 3,14 \times 0,25 \times \frac{9}{6} = 1^m,18 \text{ par seconde,}$$

$$d = 0,12 \sqrt{0,0314 \times 1,18} = 0,12 \sqrt{0,0370}, \text{ (formule 9),}$$

$$d = 0,0012 \times 19,2 = 0^m,023 \text{ ou } 23 \text{ millimètres.}$$

Ce diamètre intérieur de 23 millimètres correspond à un diamètre extérieur de 33 millimètres environ.

Ainsi le diamètre d sera de 23 millimètres seulement; en se reportant à la figure, on voit que la dimension totale de la soupape ne sera pas assez grande pour être encombrante. Cette soupape donnant un frottement négligeable, on pourra donner un poids très faible au contrepoids et poids du régulateur.

On fera, par exemple :

$$Q = 20 \text{ kilogr. et } P = 5 \text{ kilogr.}$$

On pourrait même choisir des poids moindres; mais nous préférons toujours employer des régulateurs ayant largement la puissance nécessaire.

La vitesse de régime du régulateur, correspondant à 90 tours de la machine, sera :

$$n = \sqrt{\frac{1.792}{0,300} \left(1 + \frac{20}{5}\right)} = 173 \text{ tours.}$$

Cherchons quelle valeur x on doit donner à la saillie de l'épaule du cylindre mobile de la soupape; il doit donner un effort F évalué au manchon, donnant une perturbation relative de vitesse = $1/10$.

On a

$$\frac{dn}{n} = \frac{F}{2(P+Q)}, \text{ d'où } \frac{1}{10} = \frac{F}{2(5+20)} = \frac{F}{50},$$

d'où :

$$F = 5 \text{ kilogr.,}$$

ce qui donne lieu à un effort double ou 10 kilogrammes

sur l'épaulement, en supposant que la course de la soupape soit égale à la moitié de celle du manchon du régulateur.

La surface de l'épaulement, en centimètres carrés, est égale à $\pi \times 33 \times x$; la pression de la vapeur est de 7 kilogrammes par centimètre carré.

On a donc

$$\pi \times 3,3 \times x \times 7 = 10 \text{ kilogr.},$$

d'où :

$$x = \frac{10}{3,14 \times 3,3 \times 7} = 0^{\circ},138, \text{ soit } 1^{\text{mm}},38.$$

La surcharge Q de 20 kilogrammes du manchon sera partagée en deux, une partie fixe et une partie mobile, comme l'indique la *fig.* 4 (Pl. IX), afin de faire varier la vitesse à volonté.

Il faut bien remarquer, comme nous l'avons dit, que les variations pratiques de vitesses seront bien inférieures à l'écart relatif de vitesse E; elles seront, dans la pratique ordinaire, au plus égales à un quart de E en plus ou en moins, soit 1/40 en plus ou 1/40 en moins.

Pour une locomobile, c'est un très beau résultat.

Rien n'est si facile que d'avoir une régularisation bien meilleure encore si le volant est plus puissant. Ainsi, il est facile de doubler la puissance du volant, soit en augmentant son diamètre, soit en augmentant son poids. On pourrait alors employer un écart relatif de vitesse $E = 0,05$; on emploierait le même régulateur, car il a bien plus que la puissance nécessaire; mais on lui adjoindrait un contrepoids de Foucault; la saillie du cylindre mobile de la soupape n'aurait alors que $0^{\text{mm}},7$ au lieu de $1^{\text{mm}},38$.

Résumons les résultats de cette application numérique :

1/2 force vive du volant par cheval. . .	232 kilogrammètres
Écart relatif de vitesse du régulateur. . .	10 p. 100
Écart de vitesse pratique, en plus ou } en moins. }	$\frac{1}{40}$
Course du manchon.	6 centimètres
Positions extrêmes du manchon.	$\left\{ \begin{array}{l} l_1 = 0^{\text{m}},330 \\ l_2 = 0,270 \end{array} \right.$
Longueur des bielles	0,495
Diamètre intérieur du cylindre mobile } de la soupape }	23 millimètres
Poids des boules.	$\left\{ \begin{array}{l} P = 5 \text{ kilogr.} \\ Q = 20 \text{ —} \end{array} \right.$
Saillie de l'épaulement du cylindre mo- } bile de la soupape. }	$4^{\text{mm}},38$

Dans le cas où, pour un motif d'élégance, ou voudrait remplacer le régulateur de Parter par un petit régulateur à ressort à grande vitesse, rien ne serait si facile. Le régulateur serait étudié de la même manière, de façon à lui donner le même écart relatif de vitesse.

3^e application.

Machines pour l'éclairage électrique. — La régularité, qui est nécessaire pour l'éclairage électrique, dépend du système adopté pour cet éclairage.

1^o Pour l'éclairage électrique à arc, on peut se contenter à la rigueur d'une régularité passable; nous conseillerons de prendre la valeur de 0,08 pour l'écart relatif de vitesse du régulateur, ce qui correspond, comme on l'a vu, à une variation relative de vitesse de 2 p. 100 en plus ou en moins, dans la pratique courante (voir le tableau donnant la relation entre le volant et le régulateur).

La demi-force vive du volant par cheval sera donnée par les formules :

$425 \times \frac{60}{N}$ kilogrammètres pour les machines à cylindre unique.
 $342 \times \frac{60}{N}$ — — — compound.
 $213 \times \frac{60}{N}$ — — — à deux cylindres.
 163 kilogrammètres pour les machines à grande vitesse.

2° Pour l'éclairage à incandescence avec machines à enroulement simple (comme les machines dynamos d'Edison), il faut une régularité plus grande; nous adopterons l'écart de 0,06 pour le régulateur ou 1,5 p. 100 en plus ou en moins dans la pratique courante, ce qui donne pour la demi-force vive du volant, par cheval :

$566 \times \frac{60}{N}$ kilogrammètres pour les machines à cylindre unique.
 $417 \times \frac{60}{N}$ — — — compound.
 $283 \times \frac{60}{N}$ — — — à deux cylindres.
 217 kilogrammètres pour les machines à grande vitesse.

3° Pour l'éclairage à incandescence, avec machines à double enroulement (système Deprez, et machines compound qui en dérivent), il faut une régularité encore plus grande pour des motifs qui sortent du cadre de ce mémoire. On adoptera, pour le régulateur, l'écart relatif de vitesse de 0,04, qui correspond à une variation relative de vitesse pratique de 1 p. 100 en plus ou en moins, ce qui donne, pour la demi-force vive du volant, par cheval :

$850 \times \frac{60}{N}$ kilogrammètres pour les machines à cylindre unique.
 $623 \times \frac{60}{N}$ — — — compound.
 $425 \times \frac{60}{N}$ — — — à deux cylindres.
 325 kilogrammètres pour les machines à grande vitesse.

Dans l'état actuel de la science, nous ne connaissons pas de système qui exige une régularité encore plus grande, mais ce besoin pourrait se faire sentir; on adopterait alors un régulateur, ayant un écart relatif de vitesse de 2 p. 100 limitant à 0,5 p. 100 en plus ou en moins, les variations relatives pratiques de vitesse, avec le volant fixé par le tableau.

Pour fixer les idées, nous allons faire quelques applications numériques dans le deuxième cas, c'est-à-dire dans le cas de l'éclairage électrique à incandescence avec machines dynamos du type d'Edison. Supposons qu'il s'agisse d'une machine de 100 chevaux à cylindre unique, faisant 70 tours par minute, avec un volant de 4 mètres de diamètre; calculons d'abord le poids qu'il faut donner à la jante du volant; on a, comme on l'a vu :

$$\frac{1}{2} \frac{P}{g} V^2 = 566 \times \frac{60}{70} \times 100 = 48.510 \text{ kilogrammètres,}$$

d'où :

$$P = 48.510 \times \frac{2 \times 9,81}{(V)^2}$$

Mais :

$$V = \frac{\pi \times 4 \times 70}{60} = 14^m,65$$

$$V^2 = 215$$

$$P = 48.510 \times \frac{2 \times 9,81}{215} = 4.430 \text{ kilogr.}$$

Supposons, à présent, qu'il s'agisse d'une machine compound de 100 chevaux faisant encore 70 tours par minute, avec le même diamètre de 4 mètres pour le volant.

Les formules montrent que le poids de la jante devra être égal au précédent $\times \frac{417}{566}$

$$P = 4.430 \times \frac{417}{566} = 3.263 \text{ kilogr.}$$

Supposons qu'il s'agisse d'une machine de 100 chevaux à deux cylindres, dans les mêmes conditions :

$$P = 4.430 \times \frac{283}{566} = 2.215 \text{ kilogr.}$$

Enfin, s'il s'agit d'une machine à grande vitesse de 100 chevaux, le volant ayant un diamètre de 1^m,60 et le nombre de tours étant de 300 tours par minute, on a :

$$\frac{1}{2} \frac{P}{g} V^2 = 217 \times 100 \text{ kilogrammètres,}$$

d'où :

$$P = \frac{21700 \times 2g}{V^2}$$

$$P = \frac{425.700}{V^2}$$

$$V = \frac{\pi \times 1,60 \times 300}{60} = 25^m,100.$$

Cette vitesse de 25 mètres à la jante est très modérée pour un volant qui doit être coulé en un seul morceau; on a donc :

$$P = \frac{4.25700}{(25,1)^2} = 676 \text{ kilogr.}$$

En résumé, pour une machine de 100 chevaux destinée à mettre en mouvement des dynamos Edison pour lampes à incandescence, nous venons de trouver qu'il faut des volants ayant un poids de jante égal à :

4.430 kilogrammes	pour machine à cylindre unique à 70 tours.
3.263	— — — compound —
2.215	— — — à deux cylindres —
676	— — — à grande vitesse faisant 300 tours.

Comme on le voit, ces chiffres sont modérés et ils suffisent, cependant, pour assurer la régularité voulue.

Le régulateur aura, dans ces quatre cas, un écart relatif de vitesse de 6 p. 100, comme nous l'avons dit, ce qui correspond, comme on l'a vu, en pratique à 1,5 p. 100 de variation maxima de vitesse en plus ou en moins de la vitesse normale.

Mais nous conseillons beaucoup de le disposer de façon à lui donner *une stabilité variable*, comme nous l'avons dit, de manière à pouvoir diminuer à la main cet écart relatif de vitesse au-dessous de 6 p. 100, par un réglage fait une fois pour toutes; il est impossible de savoir *a priori* jusqu'à quel chiffre on pourra le réduire exactement. Cela dépend des circonstances de l'installation, des masses en mouvement dans les dynamos, etc., on le diminuera le plus possible tout en évitant les oscillations du régulateur qui prennent naissance quand l'écart relatif de vitesse devient trop faible.

En ce qui concerne la valve ou la soupape, on la calculera comme il a été dit ci-dessus.

Nous signalerons encore un perfectionnement nouveau qui a été introduit dans les régulateurs des machines à vapeur à grande vitesse. Afin d'éviter la transmission entre l'arbre du volant et le régulateur, on construit à présent des régulateurs sur l'arbre lui-même du volant; ce système est excellent, à condition que l'écart relatif de vitesse de ce régulateur ait la valeur convenable que nous avons déterminée; il est à désirer que ces appareils soient munis de dispositifs spéciaux pour qu'on puisse régler séparément leur stabilité et leur vitesse de régime. Nous citerons, en particulier, MM. Sautter et Lemonnier (de Paris), qui construisent des machines basées sur ce principe.

Parmi les machines à marche lente, il y en a déjà un certain nombre, comme celles de Corliss, de Weyher et Richemond, etc., qui sont assez bien réglées pour l'éclairage électrique.

NOTE SUR LES RÉGULATEURS DE PRESSION.

La soupape à stabilité variable trouve son application toute indiquée dans les régulateurs de pression et peut

en faire de véritables appareils de précision, comme on va le voir.

La *fig. 9* (Pl. IX) représente un régulateur de pression que nous supposons relié au levier AB d'une soupape à équilibre variable qui pourra être, soit du type représenté par la *fig. 6* (Pl. VIII), soit du type représenté par la *fig. 2* (Pl. IX).

L'appareil se compose d'un cylindre C en bas duquel arrive un tuyau communiquant avec le réservoir du gaz dont on veut régler la pression. Il ne faut pas oublier que ce réservoir doit avoir une certaine capacité. C'est le volant de pression qui joue le même rôle que le volant des machines à vapeur; c'est lui qui doit servir à parer aux variations instantanées de la pression, de manière à laisser au régulateur au moins 2 à 3 secondes pour qu'il ait le temps d'agir; ce réservoir doit être situé *en aval* de la soupape mue par le régulateur. Il a aussi pour but d'empêcher les oscillations du régulateur.

Dans le cylindre *c* se meut un piston portant une garniture composée de deux segments métalliques ne donnant qu'un frottement négligeable tout en empêchant la fuite de la vapeur. La partie supérieure du cylindre communique par des ouvertures D et E avec l'atmosphère. Un poids P, composé de rondelles qu'on peut retirer à volonté, constitue la charge du piston faisant équilibre à la pression dans le cylindre C. Un ressort R sert à donner de la stabilité au régulateur. Enfin le système articulé FGHI sert à communiquer le mouvement du piston au levier AB de la soupape.

Pour fixer les idées, nous allons donner une application numérique de ce système.

Supposons qu'il s'agisse de fournir de la vapeur à la pression constante de 5 kilogrammes effectifs par centimètre carré, avec un débit maximum de 1 kilogramme

de vapeur par seconde; on désire que les écarts pratiques de pression en plus ou en moins ne dépassent pas 1/100 de la pression maxima ou 1/20 de kilogramme par centimètre carré ou 50 centimètres de hauteur d'eau.

Soit $p = 5$ kilogrammes par centimètre carré; soit p_1 , la pression qui correspond au bas de la course du piston;

p_2 , celle qui correspond au haut de sa course; $\frac{p_2 - p_1}{\left(\frac{p_2 + p_1}{2}\right)}$

est l'écart relatif de pression; nous le prendrons égal à 4 p. 100, ce qui correspondra environ à un écart pratique de pression de 1 p. 100 en plus ou en moins, comme pour les régulateurs de vitesse. Pour obtenir cet écart, il faut que le ressort R, pendant la course totale du piston, donne un effort de compression égal à 4 p. 100 du poids P de la charge; rien n'est si facile à obtenir. La soupape aura également une stabilité propre de 4 p. 100, comme pour les régulateurs de vitesse, afin qu'elle ait une tendance naturelle à se décoller.

Déterminons à présent les dimensions de l'appareil. Le diamètre intérieur d de la soupape sera tel que la vapeur y atteigne une vitesse telle que la perte de charge soit négligeable, la soupape étant ouverte en grand. Admettons la vitesse de 50 mètres par seconde qui ne donne qu'une perte de charge inférieure à 1/20 de kilogramme par cent carré, comme on peut le vérifier. La section offerte à la vapeur est de deux cercles ayant un diamètre

d ou : $\frac{2\pi d^2}{4}$ ou $\pi \frac{d^2}{2}$; on a donc $\frac{\pi d^2}{2} \times 50 = D$, D étant

le débit en volume par seconde. Or, le débit en poids étant de 1 kilogramme par seconde, le débit en volume

D est égal à $\frac{1}{3^{k,2}} = 0^{m^s},312$; on a donc la relation :

$$\frac{\pi d^2}{2} \times 50 = 0,312,$$

d'où :

$$d^2 = \frac{2 \times 0,312}{\pi \times 50} = \frac{2 \times 0,312}{3,14 \times 50}, \quad d = \sqrt{0,0040} = 0^m,063.$$

Ainsi, le diamètre de $d = 63$ millimètres suffit amplement pour un débit de vapeur de 1 kilogramme par seconde ou 3.600 kilogrammes par heure; ce qui représente le débit d'une chaudière de 200 chevaux environ.

Cela posé, on placera *en aval de la soupape* un réservoir d'une capacité suffisante pour parer aux variations brusques de la pression. La capacité doit être telle que, malgré les variations les plus brusques du débit de vapeur, la pression ne puisse pas, par exemple, varier de $\frac{4}{100}$ de sa valeur en moins d'une seconde, pour laisser au

régulateur le temps d'agir et pour empêcher les déplacements brusques ou les oscillations de cet appareil. Supposons que le débit puisse être complètement arrêté instantanément; soit V le volume du réservoir en mètres cubes; le débit de vapeur en volume continuant à arriver, pendant une seconde est $0^m^3,312$. On doit donc avoir

$$\frac{0^m^3,312}{V} = \frac{4}{100},$$

$$V = \frac{100 \times 0,312}{4} = 8 \text{ mètres cubes environ.}$$

Si le débit de vapeur ne se trouve pas exposé à être arrêté subitement, on peut se contenter d'une capacité moindre que 8 mètres cubes, soit 4 mètres cubes, par exemple, ou quelquefois moins encore; mais on ne doit pas chercher à faire une économie sur ce réservoir qui est la condition du bon fonctionnement du régulateur de pression.

Calculons à présent les dimensions du régulateur lui-même. Le frottement de la soupape, qui n'a que 63 millimètres de diamètre, est très faible. Si l'on donne à l'axe

de la soupape un diamètre de 10 millimètres, le frottement du joint conique ne représente que $0^k,4$ rapporté à une course du manchon du régulateur de 100 millimètres, comme on peut le vérifier. Nous porterons ce chiffre à $0^k,8$ pour tenir compte des frottements de toutes les articulations des leviers. Les dimensions du cylindre se calculeront de telle façon que le frottement de $0^k,8$ ne donne qu'une perturbation relative de pression dp égale à $1/5$ de l'écart relatif de pression qui est de 4 p. 100 comme on l'a vu. Il faut donc que :

$$dp = P \times \frac{1}{5} \times \frac{4}{100}; \quad \text{d'où } 0,8 = P \times \frac{4}{500}; \quad \text{d'où } P = 0^k,8 \times \frac{500}{4};$$

$$\text{d'où } P = 500 \times 0,2 = 100 \text{ kilogrammes.}$$

Ainsi P doit être de 100 kilogrammes avec une course de 100 millimètres; or, 100 kilogrammes, cela correspond à une section du piston de 20 centimètres carrés avec une pression de 5 kilogrammes, soit 51 millimètres de diamètre. Le ressort R devra avoir une puissance telle que sa compression, soit de $\frac{4}{100} \times 100 = 4$ kilogrammes quand

le piston est en haut de sa course, afin d'obtenir l'écart relatif de pression de 4 p. 100. La saillie de l'épaulement de la soupape doit être telle que la vapeur en agissant sur l'épaulement produise un effort de 4 kilogrammes sur le manchon afin que la soupape ait une stabilité propre de 4 p. 100. Or, la course de la soupape n'est que de $\frac{1}{3}$ environ de celle du manchon du régulateur; la vapeur doit donc exercer un effort de $4 \times 3 = 12$ kilogrammes sur l'épaulement; comme elle a 5 kilogrammes de pression, la surface de l'épaulement doit donc être égale à $\frac{12}{5} = 2^c^2,40 = 240$ millimètres carrés. Or, la circonférence extérieure du cylindre mobile est de 250 millimètres en-

viron; la saillie doit donc avoir $\frac{240}{250} = 0^{\text{mm}},96$, soit environ 1 millimètre.

Ainsi, en résumé, le poids $P = 100$ kilogrammes; la course du piston = 100 millimètres; son diamètre = 51 millimètres; la compression du ressort = 4 kilogrammes; le diamètre intérieur du cylindre mobile de la soupape: 63 millimètres, et la saillie de l'épaulement = 1 millimètre.

En résumé, grâce à la soupape et à la faiblesse de son frottement, on peut se contenter d'un appareil régulateur de dimensions très restreintes et cependant très précis.

Si on employait une valve au lieu d'une soupape, il faudrait donner au cylindre des dimensions bien plus grandes.

Nous avons supposé qu'on donnait à l'axe de la soupape un diamètre de 10 millimètres, pour assurer une grande solidité à l'appareil. Mais on pourrait lui donner un diamètre moindre, ce qui diminuerait le frottement et permettrait d'employer un régulateur de pression de dimensions moindres.

Si le régulateur de pression était destiné à être placé sur une locomotive sans foyer ou à air comprimé, on pourrait remplacer le poids par un ressort; on réduirait toutes les dimensions de l'appareil, ce qui serait facile, car, dans ce cas, on n'a pas besoin d'avoir un écart relatif de pression inférieur à $1/5$ environ; l'appareil deviendrait très simple.

La soupape à stabilité variable peut trouver aussi son application dans les régulateurs de débit et dans les régulateurs de température, dont nous avons parlé dans notre précédent travail. On peut établir des étuves industrielles chauffées par la vapeur; on placerait dans ces étuves un régulateur de température agissant sur une soupape qui réglerait le débit de vapeur de manière à maintenir la température constante dans l'étuve.

Le plus souvent, les régulateurs de pression sont employés dans les distilleries d'alcool ou de benzol. Dans ces usines, le liquide à distiller est placé dans des cornues qui, au lieu d'être chauffées à feu nu, sont chauffées par un serpentín intérieur où circule de la vapeur. On règle la température de la distillation en réglant la pression de la vapeur qui circule dans le serpentín; c'est pour obtenir de la vapeur à pression, et, par suite, à température constante que le régulateur de pression est nécessaire.

On comprend, en effet, que la consommation de vapeur varie sensiblement suivant que l'opération de la distillation commence ou approche de sa fin; en outre, la pression de la chaudière à vapeur varie fréquemment. Le régulateur sert donc à maintenir la pression de la vapeur constante, quelles que soient les variations de la consommation de vapeur et de la pression à la chaudière. Le régulateur que nous avons décrit ci-dessus conviendrait parfaitement pour cet usage. Quant au réservoir faisant volant de pression, il peut être très faible dans cette application, car les variations de la consommation de vapeur sont très lentes. Il peut même se réduire au tuyau du serpentín lui-même si son volume intérieur est suffisant. Mais nous conseillons cependant d'employer un réservoir suffisant pour éviter les oscillations du régulateur. Si cependant les variations de pression ne peuvent être que très lentes, on peut supprimer le réservoir et adjoindre au régulateur un frein à huile; cependant nous ne le conseillons pas. Comme on le voit, la méthode que nous avons indiquée pour l'établissement des régulateurs de vitesse s'applique aux régulateurs de pression; elle peut également s'appliquer aux régulateurs de toutes sortes.

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages
I. — DES PRINCIPES SERVANT DE BASE A L'ÉTUDE DES RÉGULATEURS. . .	193
II. — CALCUL DU VOLANT ET DU RÉGULATEUR.	196
Calcul du volant et de l'écart relatif de vitesse du régulateur. . .	196
Tableau donnant la relation entre le volant et le régulateur. . . .	199
III. — RÉGULATEURS AGISSANT SUR UNE VALVE OU UNE SOUPAPE.	203
Des cas où il faut employer les régulateurs à valve ou à soupape. . .	203
De la valve et des soupapes équilibrées ordinaires; inconvénient inhérent à leur emploi.	205
Dimensions à donner aux valves et aux soupapes.	207
De la valve à stabilité variable.	210
Forme et dimensions à adopter pour les valves.	212
Soupape à stabilité variable; ses dimensions.	217
Calcul du volant et de l'écart relatif de vitesse du régulateur. . .	220
Calcul de la grosseur des boules du régulateur.	221
De l'importance que peuvent avoir les fuites, la valve étant fermée. .	224
Des leviers reliant la valve ou la soupape au manchon du régu- lateur.	225
IV. — RÉGULATEURS AGISSANT SUR LA DÉTENTE.	226
Distributions ordinaires à tiroirs.	226
Distributions douces de Farcot, Corliss, etc., frein à huile. . . .	227
Perfectionnement à apporter aux régulateurs de ces machines. . .	228
De l'établissement des régulateurs agissant sur la distribution. . .	229
V. — AMÉLIORATION DU RÉGULATEUR DANS LES MACHINES EXISTANTES. . .	230
De l'essai du régulateur dans une machine existante.	230
Recherche des causes du mauvais fonctionnement des régulateurs. .	232
Modification des organes.	233
Modérateurs de vitesse.	234
VI. — RÉGULATEURS DE VITESSE DES MOTEURS HYDRAULIQUES.	234
VII. — RÉSUMÉ DES FORMULES ET DES RÈGLES RELATIVES A L'ÉTABLISSEMENT DES RÉGULATEURS DE VITESSE.	236
VIII. — APPLICATIONS NUMÉRIQUES.	245
1 ^{re} application. — Machine à deux cylindres de 234 chevaux. . .	245
2 ^e application. — Locomobile à un cylindre de 8 chevaux. . . .	251
3 ^e application. — Machines pour l'éclairage électrique.	255
NOTE SUR LES RÉGULATEURS DE PRESSION.	259

NOTICE

SUR LA RÉPARTITION DU TRAFIC
DES CHEMINS DE FER FRANÇAIS

ET

SUR LES PRIX DE REVIENT DES TRANSPORTS

Par M. RICOUR,

Inspecteur général des ponts et chaussées.

EXPOSÉ.

Les voies de communication se multiplient et s'améliorent spontanément, lorsque la prospérité matérielle se développe, et tout progrès, ainsi réalisé dans les moyens de transport, provoque un accroissement d'activité dans le mouvement commercial.

Si l'on étudie le réseau des voies de terre, on reconnaît une relation évidente entre l'état de perfection des voies et l'importance de la circulation qu'elles desservent.

Les grandes routes nationales, d'une part, et les chemins ruraux, d'autre part, témoignent que *les difficultés* et par suite *les dépenses de transports sont d'autant moindres* que la circulation est plus dense. — L'outil est proportionné au travail qu'il doit produire.

Les Chemins de fer, considérés isolément, ne présentent pas entre eux les différences si frappantes des voies de terre : machines, véhicules, rails ont partout même aspect; mais les dépenses des transports n'en varient pas moins avec l'importance du trafic, et nous cher-

cherons dans le *chapitre* 1 de la présente notice à dégager la loi de ces variations, en condensant sous forme graphique les données de la statistique qui en sont la manifestation expérimentale.

Dans le *chapitre* 2, nous signalerons quelques conséquences remarquables de cette loi, et nous en déduirons quelques règles simples, permettant de comparer, d'une manière rationnelle, les prix de revient des transports envisagés à un point de vue général, soit par exercices successifs pour la France entière, soit par grands réseaux pour un même exercice.

Cet examen nous conduira à rechercher, dans le *chapitre* 3, dans quelle mesure il est possible d'abaisser les dépenses d'exploitation des Chemins de fer. — Pour une branche de cette exploitation au moins, la *Traction*, les résultats acquis témoignent que des modifications peu coûteuses, introduites dans le matériel moteur et roulant, permettent de réaliser des économies considérables.

Dans la *conclusion*, nous mettrons en évidence la situation financière vers laquelle tendent, à bref délai, les réseaux français dans les conditions actuelles d'exploitation.

CHAPITRE I

REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DES COEFFICIENTS D'EXPLOITATION ET DES PRIX DE REVIENT DE L'UNITÉ DE TRAFIC.

Exploitation : recettes et dépenses. — Le *Bulletin du Ministère des travaux publics* (statistique et législation comparées) (*) publie depuis plusieurs années des docu-

(*) Ce *Bulletin* paraît le 15 de chaque mois depuis 1881. — Paris, Imprimerie nationale.

ments d'un grand intérêt, se rattachant à l'exploitation des Chemins de fer. Des tableaux détaillés font connaître, en quelque sorte, pour chaque maille des réseaux français, les recettes et les dépenses totales, les recettes et les dépenses kilométriques, et enfin le rapport p. 100 des dépenses aux recettes (impôt déduit).

Pour un ensemble de 27.000 kilomètres de Chemins de fer d'intérêt général, le *Bulletin* fournit ainsi, pour chaque année, plus de 200 résultats distincts s'appliquant chacun à une longueur moyenne de 130 kilomètres environ; les recettes par kilomètre varient depuis 1.300 francs jusqu'à 200.000 francs, et les dépenses depuis 6.000 francs jusqu'à 112.000 francs.

Lignes à grand trafic;

Lignes à faible trafic;

Lignes de montagnes à fortes déclivités;

Lignes des grands courants des vallées à faibles pentes et longs alignements;

Tout est analysé par tronçons, et réuni par réseaux, dans les tableaux publiés par le Ministère.

Un premier coup d'œil d'ensemble, jeté sur cet assemblage de renseignements statistiques, donne l'impression d'une complication inextricable où nulle loi de continuité n'apparaît.

Des lignes, pour lesquelles les recettes kilométriques sont comprises entre des limites rapprochées, présentent les écarts les plus grands pour les dépenses, et inversement. Mais l'ordre et la régularité se manifestent bientôt, lorsque, au lieu de considérer séparément les résultats d'une foule de petits tronçons, on classe les lignes par recettes kilométriques croissantes sans distinction de réseau, de manière à former des groupes moins influencés par les conditions locales.

Courbe des coefficients d'exploitation. — Voici sous

quel aspect se présentent alors (*fig. 1*, page 310 *bis*) les coefficients d'exploitation mis en regard des recettes kilométriques croissantes.

Le coefficient d'exploitation d'un groupe de lignes est, on le sait, le rapport p. 100 des dépenses totales d'exploitation aux recettes de toute nature (impôt déduit).

Sur le diagramme (*fig. 1*), les divisions de la ligne des abscisses correspondent aux recettes par kilomètre exploité, à l'échelle de 2 millimètres par 1.000 francs de recettes; les ordonnées représentent les coefficients d'exploitation, à l'échelle de 1 millimètre pour 2 unités des nombres abstraits donnant la valeur de ces coefficients.

Le poids de chacun des points $\times \times \dots$, fixant l'extrémité d'une ordonnée du diagramme, est proportionnel à la longueur du groupe des lignes auxquelles il s'applique; sur le diagramme, cette longueur est figurée par une ordonnée pendante; 1 millimètre correspond à 100 kilomètres; elle est, en outre, inscrite numériquement au bas de chaque ordonnée pendante.

Citons un exemple :

Le point B de la courbe correspond au groupe de lignes ci-après, n° 28 du tableau A (*).

DÉSIGNATION	LONGUEUR moyenne exploitée	RECETTES par kilomètre	RECETTES totales	DÉPENSES totales
Tergnier à Laon	30	55.267	1.658.000	1.026.000
Moret à Roanne	355	56.100	19.910.800	9.202.100
Bessèges à Alais	33	56.600	1.867.300	904.100
Nîmes au Teil	119	58.000	6.901.600	2.386.400
Mâcon et Lyon à Genève (partie franç.)	220	58.800	12.933.400	7.654.400
Totaux	757	57.161	43.271.100	21.173.000

La longueur totale de ce groupe de lignes, soit 757 kilomètres, correspond au poids du point B; ce poids est

(*) Voir ce tableau A, p. 311.

représenté par l'ordonnée pendante BC dont la longueur est de 7^{mm},57.

La recette totale étant de

$$43.271.100^f,$$

la recette kilométrique est en moyenne :

$$\frac{43.271.100^f}{767} = 57.161^f.$$

Le pied A de l'ordonnée AB est déterminé par cette valeur 57.161 francs, représentée elle-même par la longueur de l'abscisse OA, à l'échelle de 2 millimètres par 1.000 francs.

La dépense totale étant de

$$21.173.000^f,$$

le coefficient d'exploitation, qui n'est autre chose que le rapport pour 100 de la dépense à la recette, a pour valeur :

$$\frac{21.173.000 \times 100}{43.271.100} = 48,9.$$

C'est ce coefficient qui est représenté par la longueur de l'ordonnée AB à l'échelle du diagramme.

Le diagramme se rapporte à l'exercice 1883, dernier exercice pour lequel on trouve dans le *Bulletin* le montant des recettes et des dépenses, par lignes isolées.

Le détail de chaque groupe de lignes est donné par le tableau annexe A, qui fournit les éléments justificatifs de chacun des points du diagramme. Ce tableau a été formé de la manière suivante :

Toutes les lignes, au nombre de 210, constituant l'ensemble des réseaux des compagnies françaises, ont été inscrites les unes à la suite des autres sans distinction de réseau, dans l'ordre croissant des recettes kilométriques. Ces 210 lignes ont été ensuite subdivisées, dans l'ordre même de leur inscription, en trente-six groupes de longueurs variables, dont la moyenne est d'environ 700 kilomètres. Chaque groupe fournit un point de la

courbe, comme nous l'avons expliqué plus haut pour le point B; et les trente-six points ainsi obtenus se rapprochent beaucoup d'une courbe régulière; cette dernière courbe a été tracée avec la latte flexible ou *règle à poids* (*).

Il y a lieu de remarquer deux points M et N, qui présentent un certain écart, vers les recettes kilométriques de 35 à 45.000 francs. Cette partie de la courbe correspond au passage de la simple à la double voie. A droite, pour les grandes recettes, les lignes sont à double voie; à gauche, pour les recettes plus faibles, la simple voie est en général suffisante.

La transition de la simple à la double voie est mise en évidence par la forme même du diagramme, dont la légère anomalie tient, non au hasard, mais à une cause bien déterminée.

La ligne pleine du diagramme est ainsi la représentation fidèle, à l'abri de toute hypothèse, de la marche générale des coefficients d'exploitation, d'après les documents statistiques publiés par le Ministère des travaux publics pour l'exercice 1883.

Courbe représentative des prix de revient de l'unité de trafic. — Cette même courbe démontre qu'il existe, pour l'exercice qu'elle représente, une relation générale, une loi de continuité, entre le prix de revient de l'unité de trafic (**) et la fréquentation (***) ; elle est elle-même la

(*) Voir, pour l'emploi de cette règle, le beau mémoire de M. Desdoutis, notre ancien collaborateur au réseau de l'État, sur les études dynamométriques (*Annales des mines*, 2^e volume de 1885, p. 312).

(**) L'unité de trafic est représentée par le transport à 1 kilomètre de distance soit de 1 voyageur, soit de 1 tonne de marchandises.

Les accessoires de grande et de petite vitesse sont assimilés aux unités de trafic, en comptant les recettes correspondantes pour autant de fois 1 voyageur ou 1 tonne de marchandises que cette recette contient de fois le tarif moyen perçu par kilomètre, soit par voyageur, soit par tonne de marchandises.

(***) La fréquentation est le nombre de milliers d'unités de trafic par kilomètre et par an.

représentation graphique de cette relation, comme nous le faisons voir ci-après.

Les recettes totales, impôt déduit, se sont élevées pour les six grandes compagnies, en 1883, à :

1.040.573.000^f

et le trafic évalué en milliers d'unités a été de :

18.935.000^f ;

il en résulte que la recette par millier d'unités de trafic a été, en moyenne, de :

$$\frac{1.040.576}{18.935} = 54^f,95, \text{ soit } 55^f.$$

Puisque la recette moyenne a été de 55 francs par millier d'unités de trafic, il suffit de diviser la recette kilométrique d'un groupe de lignes par le nombre constant (55) pour obtenir la fréquentation moyenne en milliers d'unités de trafic par kilomètre de ligne (*).

Sur le diagramme (*fig. 1*) des coefficients d'exploitation, 2 millimètres de la ligne des abscisses représentent 1.000 francs de recettes ou, ce qui revient au même,

$$2^{\text{mm}} \times 55 \text{ ou } 110^{\text{mm}}$$

représentent graphiquement 55.000 francs ou la recette de 1.000 milliers d'unités de trafic.

(*) Il ne faut pas perdre de vue que nous cherchons des résultats *moyens* pour l'ensemble des chemins de fer français, et que nous avons groupé toutes les lignes par recettes kilométriques croissantes sans distinction de réseau.

Voici quelle est approximativement, pour chacun des grands réseaux français, la recette moyenne par millier d'unités de trafic (impôts déduits) :

Nord	51,70	Ouest	54,85	} Ensemble 55
Est	53,50	P.-O.	58,40	
P.-L.-M.	53,90	Midi	64,70	

On voit que les recettes moyennes par unité de trafic se maintiennent dans des limites assez étroites sur les grands réseaux français : le Midi seul fait exception. — Pour un même réseau, les mêmes tarifs généraux s'appliquent à toutes les lignes, quelles que soient les déclivités.

Sur le même diagramme, la ligne horizontale intitulée : « Unités de trafic-Milliers » porte des divisions de 11 en 11 millimètres, et les points de division correspondent à des fréquentations croissantes de 100 en 100 milliers d'unités de trafic. On obtient, par la lecture directe des ordonnées, les valeurs suivantes comme moyennes, sans distinction de réseaux :

TABLEAU I.

FRÉQUENTATION en milliers d'unités de trafic	COEFFICIENTS d'exploitation		FRÉQUENTATION en milliers d'unités de trafic	COEFFICIENTS d'exploitation	
	Exercice 1883	Exercice 1882		Exercice 1883	Exercice 1882
1	2	3	1	2	3
100	150,4	148,0	800	53,6	51,6
200	94,8	93,2	900	52,0	50,0
300	76,2	74,4	1.000	50,2	49,2
400	68,0	65,6	1.500	47,0	46,0
500	62,0	60,0	2.000	45,0	43,0
600	58,0	56,0	2.500	42,0	40,0
700	55,2	53,0	3.000	40,0	39,0

Nous avons inscrit, dans la troisième colonne, les résultats qui se rapportent à l'exercice 1882, en groupant les données statistiques de cet exercice, comme nous l'avons expliqué avec détail pour l'exercice 1883.

Pour l'exercice 1882, les recettes totales (impôt déduit) se sont élevées pour les six grandes compagnies à :

1.037.202.000^f,

et le trafic évalué en milliers d'unités a été de :

48.535.000^f;

il en résulte que la recette par millier d'unités de trafic a été, en moyenne, pour 1882, de :

$$\frac{1.037.202}{48.535} = 55^f,96, \text{ soit } 56^f.$$

Le coefficient d'exploitation est, comme nous l'avons

dit plus haut, le rapport pour 100 de la dépense totale à la recette totale, ou, ce qui revient au même, le rapport pour 100 de la dépense moyenne de 1.000 unités de trafic à la recette moyenne du même nombre d'unités. Ces rapports sont inscrits dans les colonnes 2 et 3 du tableau qui précède pour les exercices 1883 et 1882 ; si nous multiplions ces rapports par la recette correspondante

54^f,95 ou 55^f, pour l'exercice 1883,

et

55^f,96 ou 56^f, pour l'exercice 1882,

et si nous divisons par 100 les produits ainsi formés, nous obtiendrons pour ces deux exercices les prix de revient de 1.000 unités de trafic en fonction de la fréquentation.

Les résultats sont inscrits dans le tableau suivant (colonnes 2 et 3).

TABLEAU II.

FRÉQUENTA- TION en milliers d'unités de trafic	PRIX DE REVIENT de 1.000 unités de trafic Exercices		DIFFÉRENCE P - P'	DIFFÉRENCE p 100 $100 \frac{P - P'}{P}$	$\frac{P + P'}{2}$ = P _m
	1883 P	1882 P'			
1	2	3	4	5	6
	fr.	fr.			fr.
100	82,72	82,88	-0,16	-0,2	82,80
200	52,14	52,19	-0,05	-0,1	52,16
300	41,91	41,66	+0,25	+0,6	41,78
400	37,40	36,74	+0,66	+1,7	37,07
500	34,10	33,60	+0,50	+1,5	33,85
600	31,90	31,36	+0,54	+1,7	31,63
700	30,36	29,68	+0,68	+2,2	30,02
800	29,48	28,90	+0,58	+1,9	29,19
900	28,60	28,00	+0,60	+2,1	28,30
1.000	27,61	27,55	+0,06	+0,2	27,58
1.500	25,85	25,76	+0,09	+0,3	25,80
2.000	24,75	24,08	+0,67	+2,6	24,42
2.500	23,10	22,40	+0,70	+3,0	22,75
3.000	22,00	21,84	+0,16	+0,8	21,92

Il est bon de remarquer que les prix de revient peuvent être lus directement sur les diagrammes des coeffi-

cients d'exploitation. Ainsi, sur le diagramme (*fig. 1*) qui représente les résultats de l'exercice 1883, 1 millimètre correspond à 2/100 d'unité du rapport de la dépense à la recette; or, cette recette est de 55 francs; 1 millimètre correspond donc à :

$$0,02 \times 55 = 1^f,10$$

en considérant l'ordonnée comme représentant la dépense réelle ou le prix de revient de 1.000 unités de trafic.

Ainsi, par un simple changement d'échelle, la même courbe donne les coefficients d'exploitation en fonction des recettes kilométriques, et les prix de revient du millier d'unités de trafic en fonction de la fréquentation. Dans le premier cas, les échelles de la courbe (*fig. 1*) sont de

2^{mm} par 1.000^f de recette (abscisses)

et de

1^{mm} pour 2 unités (ordonnées).

Dans le deuxième cas, elles sont de

44^{mm} pour 100 milliers d'unités de trafic (abscisses)

et de

1^{mm} pour 1^f,10 du prix de revient.

Pour la facilité des lectures et des comparaisons, nous avons tracé à nouveau les courbes des prix de revient aux échelles plus simples et identiques pour les exercices 1882 et 1883 :

de 40^{mm} pour 100 milliers de trafic (abscisses)

et

de 1^{mm} pour 1^f (ordonnées) :

et nous avons ainsi formé le diagramme (*fig. 2*, p. 310 *ter*) où le trait plein correspond à l'exercice 1883 et le trait pointillé à l'exercice 1882.

Soit qu'on étudie le diagramme (*fig. 2*), soit que l'on

consulte le tableau numérique II (col. 2 et 3), on voit que les prix de revient présentent la même allure, et que l'écart moyen ne dépasse guère 1 p. 100, les prix de revient de 1883 étant en général un peu plus élevés que ceux de 1882.

Ligne de comparaison des prix de revient. — La colonne 6 donne la valeur moyenne P_m des prix de revient des deux exercices, et la courbe moyenne ainsi obtenue fournira, dans la suite de cette notice, un terme de comparaison nettement défini, soit qu'on veuille examiner au point de vue du budget des dépenses l'ensemble d'un autre exercice quelconque, soit qu'on limite la comparaison à une portion du réseau français représentée par l'une des grandes compagnies.

Prix de revient du millier d'unités de trafic en fonction de la fréquentation. — Ces comparaisons, qui offrent le plus grand intérêt, sont singulièrement simplifiées par l'observation suivante :

La courbe moyenne des exercices 1882 et 1883 qui correspond à la colonne 6 du tableau II est représentée, avec une grande approximation, par la formule algébrique :

$$P_\alpha = \frac{6.125^f}{F} + 21^f,50,$$

dans laquelle P_α est le prix de revient de 1.000 unités de trafic, et F la fréquentation en milliers d'unités de trafic.

La courbe algébrique $\left(P_\alpha = \frac{6.125^f}{F} + 21^f,50\right)$ est figurée par un tracé en croisillons $\times \times \times$ sur le diagramme (*fig. 2*).

La comparaison numérique des valeurs de P_α , courbe

algébrique et de P_m courbe de la statistique, est résumée dans le tableau ci-dessous :

TABLEAU III.

FRÉQUENTA- TION en milliers d'unités de trafic	PRIX DE REVIENT de 1.000 unités de trafic		DIFFÉRENCE $P_m - P_\alpha$	DIFFÉRENCE p. 100 $100 \frac{P_m - P_\alpha}{P_m}$
	1883 et 1882	Courbe théorique		
	P_m	$P_\alpha = \frac{6.125^f}{F} + 21^f,50$		
1	2	3	4	5
	fr.	fr.		
100	82,80	82,75	+ 0,05	+ 0,06
200	52,16	52,12	+ 0,04	+ 0,08
300	41,78	41,91	- 0,13	- 0,30
400	37,07	36,81	+ 0,26	+ 0,70
500	33,85	33,75	+ 0,10	+ 0,30
600	31,63	31,71	- 0,08	- 0,25
700	30,02	30,25	- 0,23	- 0,76
800	29,19	29,16	+ 0,03	+ 0,10
900	28,30	28,30	0	0
1.000	27,58	27,62	- 0,04	- 0,15
1.500	25,80	25,58	+ 0,22	+ 0,85
2.000	24,42	24,56	- 0,14	- 0,57
2.500	22,75	23,95	- 1,20	- 5,28
3.000	21,92	23,54	- 1,62	- 7,39

Le diagramme (*fig. 2*) et le tableau numérique III mettent en évidence la coïncidence pour ainsi dire absolue des valeurs de P_m et de P_α , pour toutes les lignes dont la fréquentation ne dépasse pas 2.250 milliers d'unités de trafic, c'est-à-dire pour toutes les lignes dont la recette ne dépasse pas 125.000 francs par kilomètre.

Pour les recettes supérieures à 125.000 francs, la courbe théorique donne des valeurs un peu trop fortes, mais on sait que les recettes supérieures à 125.000 francs sont localisées sur une très minime fraction du réseau français. Nous arrivons ainsi à condenser, dans une formule très simple, les résultats généraux qui se dégagent des documents statistiques publiés par le Ministère des Travaux publics pour les exercices 1882 et 1883, savoir :

$$P_\alpha = \frac{6.125^f}{F} + 21^f,50.$$

P_α étant le prix de revient du millier d'unités de trafic, F étant la fréquentation en milliers d'unités de trafic par kilomètre et par an.

Dans les traités de concession de lignes ferrées, on cherche fréquemment à établir à forfait les dépenses d'exploitation par kilomètre, et, dans ce but, on fait usage de formules donnant ces dépenses en fonction des recettes brutes kilométriques (impôts déduits).

Désignons pour une ligne quelconque

par E les dépenses d'exploitation par kilomètre,
par R les recettes brutes (impôts déduits),

la relation entre E et R est donnée par une expression du premier degré de la forme

$$(1) \quad E = C + \alpha R,$$

dans laquelle C et α sont deux constantes qui dépendent des conditions spéciales de la ligne considérée, tramway, ligne à voie étroite, ligne à voie large, etc.

La formule générale

$$P_\alpha = \frac{6.125^f}{F} + 21^f,50,$$

ou, ce qui revient au même,

$$(2) \quad P_\alpha F = 6.125 + 21,50 F$$

permet de déterminer les valeurs des constantes C et α pour l'ensemble des lignes des grands réseaux français.

En effet, $P_\alpha F$ n'est autre chose que le prix de revient de l'exploitation par kilomètre, puisque P_α est le prix de revient du millier d'unités de trafic et que F est la fréquentation ; on a donc :

$$P_\alpha F = E.$$

D'autre part, pour l'ensemble des grands réseaux, la

recette kilométrique est de 55 francs par millier d'unités de trafic, la recette kilométrique R aura donc pour valeur $55 \times F$, et, par suite, on aura :

$$F = \frac{1}{55} R.$$

Remplaçant dans l'expression (2)

$$P_{\alpha} F \text{ par } E \text{ et } F \text{ par } \frac{1}{55} R,$$

on aura :

$$(3) \quad E = 6.125 + \frac{21,50}{55} R.$$

En rapprochant les expressions (1) et (3), on constate que, pour l'ensemble des lignes des grands réseaux, C et α ont les valeurs suivantes :

$$C = 6.125',$$

$$\alpha = \frac{21,50}{55} = 0,39.$$

Ces valeurs conviennent aussi bien aux lignes à faible trafic qu'aux lignes à moyen ou à grand trafic ; toutes ces lignes sont exploitées suivant des méthodes uniformes.

CHAPITRE II.

MODE DE RÉPARTITION DU TRAFIC D'APRÈS LES DOCUMENTS STATISTIQUES.

Conséquences déduites de la formule du prix de revient. — Nous avons démontré, dans le premier chapitre, que les coefficients d'exploitation, par groupes de lignes à recettes croissantes, sont représentés par une courbe régulière ; qu'il en est de même pour les prix de revient du millier d'unités de trafic, et nous avons cons-

taté qu'une formule algébrique, où n'entrent que deux constantes numériques, donne pour l'ensemble des exercices 1882 et 1883 la valeur moyenne du prix de revient du millier d'unités de trafic, en fonction de la fréquentation, avec une approximation très grande.

Ces résultats méritent de fixer l'attention, car ils mettent en évidence un état d'équilibre très remarquable dans la répartition de l'ensemble du trafic en France. Les observations suivantes feront saisir, d'une manière plus complète, comment cet état d'équilibre est manifesté par la formule

$$P_{\alpha} = \frac{6.125}{F} + 21,50.$$

Invariabilité des prix de revient pour une même fréquentation générale. — Une première constatation qui se déduit de cette formule est la suivante :

De quelque façon que le trafic se partage entre les divers groupes de lignes d'un réseau, pourvu que la fréquentation moyenne générale soit la même, le prix de revient du millier d'unités de trafic reste invariable.

Considérons, en effet, divers groupes de lignes : K_1, K_2, \dots, K_n à recettes kilométriques croissantes et ayant pour fréquentations respectives F_1, F_2, \dots, F_n ; la longueur totale L du réseau est égale à la somme des groupes de lignes :

$$L = K_1 + K_2 + \dots + K_n = \Sigma K.$$

La fréquentation moyenne F_R du réseau, en milliers d'unités de trafic, a pour valeur

$$F_R = \frac{K_1 F_1 + K_2 F_2 + \dots + K_n F_n}{L} = \frac{\Sigma KF}{L}.$$

Enfin le prix de revient de 1.000 unités de trafic est pour chaque groupe

$$P_1 = \frac{6.125}{F_1} + 21,50,$$

$$P_2 = \frac{6.125}{F_2} + 21,50,$$

.....

$$P_n = \frac{6.125}{F_n} + 21,50.$$

En multipliant les deux membres successivement par $K_1 F_1, K_2 F_2, \dots, K_n F_n$, nous aurons les égalités

$$K_1 F_1 P_1 = 6.125 K_1 + 21,50 K_1 F_1,$$

$$K_2 F_2 P_2 = 6.125 K_2 + 21,50 K_2 F_2,$$

$$K_n F_n P_n = 6.125 K_n + 21,50 K_n F_n.$$

En additionnant tous ces égalités, nous aurons :

$$K_1 F_1 P_1 + K_2 F_2 P_2 + \dots + K_n F_n P_n = 6.125 (K_1 + K_2 + \dots + K_n) + 21,50 (K_1 F_1 + K_2 F_2 + \dots + K_n F_n)$$

ou en divisant les deux membres par la somme totale $(K_1 F_1 + K_2 F_2 + \dots + K_n F_n)$ des unités de trafic,

$$\frac{K_1 F_1 P_1 + K_2 F_2 P_2 + \dots + K_n F_n P_n}{K_1 F_1 + K_2 F_2 + \dots + K_n F_n} = 6.125 \left(\frac{K_1 + K_2 + \dots + K_n}{K_1 F_1 + K_2 F_2 + \dots + K_n F_n} \right) + 21,50.$$

Or, le premier membre n'est autre chose que la dépense totale du réseau, divisée par le nombre total de milliers d'unités de trafic; c'est donc le prix de revient du millier d'unités de trafic de l'ensemble du réseau ou P_R .

D'autre part, le rapport

$$\frac{K_1 F_1 + K_2 F_2 + \dots + K_n F_n}{K_1 + K_2 + \dots + K_n} = \Sigma \frac{KF}{L}$$

est l'expression de la fréquentation moyenne du réseau ou F_R ; nous pourrions donc poser pour l'ensemble du réseau :

$$P_R = \frac{6.125^f}{F_R} + 21^f,50.$$

On voit que P_R reste invariable pour une même valeur de F_R , de quelque manière que la somme $\Sigma KF = K_1 F_1 + K_2 F_2 + \dots + K_n F_n$ soit constituée.

Il est donc indifférent que le réseau se compose de lignes à *trafic très inégal* ou simplement de lignes à *trafic moyen uniforme* : le prix de revient du millier d'unités de trafic de l'ensemble des lignes considérées ne dépend que de la fréquentation moyenne générale F_R .

Cette loi très simple ne se vérifie pas pour tous les pays, ni pour tous les exercices, mais elle est l'expression d'un état d'équilibre stable vers lequel convergent inévitablement toutes les attractions exercées sur le trafic, dans les diverses directions.

Équilibre des prix de revient entre diverses directions.

— Nous venons d'établir, d'après les documents publiés par le Ministère des Travaux publics, que pour un groupe quelconque de lignes la dépense actuelle est par 1.000 unités de trafic :

$$P = \frac{6.125^f}{F} + 21^f,50;$$

c'est-à-dire que le transport de F milliers d'unités de trafic à 1 kilomètre coûte :

$$6.125^f + 21^f,50 F.$$

Si F augmente et devient $F' = F + \alpha$, la nouvelle dépense sera

$$6.125^f + 21^f,50 (F + \alpha),$$

l'accroissement des dépenses sera donc

$$\alpha \times 21^f,50.$$

L'accroissement de dépenses est indépendant de F ; si F est faible, le transport additionnel α se fera en général sur des lignes accidentées; si F est élevé, le transport additionnel α se fera sur des lignes à profil facile. On ar-

rive à cette conséquence qui peut paraître singulière et inattendue, c'est que *la dépense additionnelle à faire pour le transport d'un même tonnage à une même distance est indépendante des difficultés du profil*. En d'autres termes, si deux gares extrêmes sont reliées par deux lignes offrant la même longueur λ , l'une à profil facile, l'autre à profil accidenté, il est indifférent *dans l'état actuel de la répartition du trafic* de faire suivre l'une ou l'autre direction, pourvu que la fréquentation de chaque ligne ne subisse que de légères variations. En prélevant sur la ligne à profil facile un tonnage T, la diminution de dépenses δ résultant de ce prélèvement sera :

$$\delta = 21,50 \lambda \frac{T}{1.000}$$

En faisant suivre à ce tonnage T la voie accidentée, la dépense additionnelle sera :

$$\delta^1 = 21,50 \lambda \frac{T}{1.000}$$

c'est-à-dire exactement égale à la diminution δ .

On voit bien sous cette forme que chaque Compagnie, considérée isolément, doit avoir pour objectif de répartir les transports de manière à réaliser cette égalité de dépense

$$\delta = \delta^1$$

dans chaque direction. Si, en effet, il y avait une différence entre δ et δ^1 , on pourrait réaliser une économie par un simple changement de direction et aussitôt la compagnie intéressée reporterait une partie du tonnage sur la ligne où le transport additionnel se ferait avec une moindre dépense.

Il résulte de ce qui précède que, pour les exercices 1882 et 1883, le trafic s'est distribué en France, malgré l'indépendance des Compagnies, à peu près de la même manière

qu'une seule et même compagnie aurait cherché à le distribuer, en se donnant pour règle d'effectuer les transports avec le minimum de dépense.

Etablissement d'une répartition stable du trafic. — Ce n'est pas du premier coup que les transports d'un grand pays atteignent cette distribution normale. Les lignes à grand trafic sont construites les premières; peu à peu des lignes secondaires s'établissent comme affluents des lignes principales. Chacune d'elles apporte son trafic local et, comme nous l'avons vu, aussi bien par les diagrammes que par la formule

$$P = \frac{6.125^t}{F} + 21^f,50,$$

le prix de revient de l'unité de trafic sur les lignes secondaires est d'autant plus élevé que la fréquentation est moindre.

Bientôt les lignes secondaires se relient entre elles et complètent successivement les mailles du réseau général.

Sur les grandes lignes, les trains circulent à pleine charge, les voitures à voyageurs ont beaucoup de places occupées, les wagons à marchandises atteignent la limite du chargement: sur les lignes secondaires, les machines sont moins bien utilisées, les voitures sont presque vides et les wagons peu chargés. Sur une grande ligne, un transport additionnel exigera des véhicules additionnels, des trains additionnels; sur une ligne à faible fréquentation, rien de pareil: ni véhicules ni trains additionnels; trains, voitures et wagons seront mieux utilisés.

Voilà comment la dépense additionnelle peut être la même dans les deux directions, malgré la diversité des profils, et voilà comment elle tend nécessairement à devenir la même en vertu de cette loi économique que *tout tonnage pour passer d'un point à un autre suit la direction de moindre dépense*.

Une étude fort intéressante de M. Nordling, publiée dans les *Annales des Ponts et Chaussées* (mois de février 1886), sur la répartition du trafic en Autriche, nous montre ce trafic dans une période de transition. Il résulte des tracés graphiques de M. Nordling que pour l'Autriche les prix de revient par 1.000 unités de trafic sont plus élevés lorsque la fréquentation est uniforme sur toutes les lignes d'un réseau que lorsqu'elle est répartie inégalement, la moyenne générale restant la même. C'est là, croyons-nous, une anomalie que la répartition naturelle du trafic fera disparaître dans un délai plus ou moins long.

Prix des transports en service.

La formule $P = \frac{6.125^f}{F} + 21^f,50$ donne la solution d'une question qu'on a souvent à examiner en établissant le budget des dépenses de l'ensemble de l'exploitation d'un chemin de fer. Quel tarif une compagnie doit-elle appliquer aux transports qu'elle fait pour son propre compte? La réponse est simple : le tarif appliqué doit représenter la dépense additionnelle, sans gain ni perte, résultant de ce transport. Nous avons vu plus haut que cette dépense est

$$\frac{T}{1.000} \times 21,50$$

pour un tonnage T transporté à 1 kilomètre, le tonnage T correspondant *comme nature* à la moyenne des marchandises transportées.

C'est donc un tarif de 0^f,0215 ou en nombre rond

de 0^f,02

par tonne et kilomètre, qui est applicable aux matières assimilables à la moyenne du trafic, comme le sont en général les fournitures pour l'approvisionnement des magasins. Mais lorsqu'on considère spécialement les com-

bustibles, ce tarif de 0^f,02 est trop élevé et représente plus que la dépense additionnelle.

En effet, les combustibles sont toujours transportés à pleine charge (soit 10 tonnes par wagon), de sorte qu'en admettant le retour à vide des wagons, ce qui est le cas le plus défavorable, on obtient une charge moyenne de

5 tonnes;

en outre, les transports se font en général à grande distance; le combustible est livré sur wagons sans délai fixe, sans frais de chargement; il est déchargé dans les dépôts par le service destinataire; les wagons n'occupent que les places disponibles dans les trains; pour ces divers motifs, on trouve que le prix du transport du combustible sur le réseau consommateur doit être établi par application d'un tarif moindre, soit environ

0^f,015

par tonne et kilomètre.

Trafic et prix de revient comparés des exercices 1883 et 1884. — Après l'étude générale que nous venons d'exposer, il n'est pas sans intérêt de faire quelques applications des règles auxquelles nous avons été conduit.

La comparaison des résultats généraux des exercices 1883 et 1884 des réseaux français est particulièrement instructive. Nous mettons en regard, ci-dessous, les données statistiques pour l'ensemble des six grandes compagnies :

DÉSIGNATION	EXERCICES	
	1883	1884
Longueur kilométrique exploitée.	21.163 ^k	26.163 ^k
Recette totale (impôt déduit).	1.040.573.000	1.031.936.000
Recette kilométrique.	49.170	39.275
Unités de trafic (milliers).	18.935.000	18.706.000
Recette par millier d'unités de trafic.	54,95	55,18
Fréquentation en millier d'unités de trafic.	894	712
Dépenses par 1.000		
{ Traction.	9,96	10,58
{ Autres services.	18,43	18,99
{ Ensemble.	28,39	29,55

On voit que pour l'exercice 1884, la dépense par 1.000 unités de trafic a été de

29^f,55,

tandis que cette dépense ne s'est élevée qu'à

28^f,39

pour l'exercice 1883. La dépense a donc augmenté de 29,55 — 28,39 = 1^f,16, augmentation qui correspond à

$$\frac{1,16}{28,39} \text{ ou } 4,1 \text{ p. } 100.$$

Cependant, en 1884, les recettes kilométriques ont baissé dans une forte proportion, et il est certain que les six grandes Compagnies ont cherché à réduire les dépenses sur toutes leurs lignes : comment ces efforts se traduisent-ils par une augmentation du prix de revient de l'unité de trafic dépassant 4 p. 100 ?

La formule $P = \frac{6.125^f}{F} + 21^f,50$ donne l'explication de cette anomalie apparente; elle fournit le véritable terme de comparaison dans lequel la fréquentation moyenne joue un rôle prépondérant.

En 1883, la fréquentation moyenne pour les six grands réseaux était de

894 milliers d'unités de trafic;

en remplaçant F par cette valeur (894), nous trouvons pour le prix de revient normal P de 1.000 unités de trafic en 1883

$$P = \frac{6.125^f}{894} + 21^f,50 = 28^f,35,$$

c'est-à-dire à peu près exactement le prix de revient réel, lequel a été de

28^f,39.

Ce dernier prix offre un léger excédent de 0^f,04 ou 0,14 p. 100.

En 1884, la fréquentation moyenne s'abaisse à

712 milliers d'unités;

et en remplaçant F par cette nouvelle valeur, nous trouvons, pour le prix de revient normal de l'exercice 1884,

$$P = \frac{6^f.125^f}{712} + 21^f,50 = 30^f,10.$$

C'est bien à

30^f,10

que s'est élevé en 1882-1883 le prix de revient de 1.000 unités de trafic sur un groupe quelconque de lignes ayant pour fréquentation moyenne 712 milliers d'unités de trafic.

Or, nous venons de voir que ce même prix de revient correspondant à F = 712 s'est abaissé en 1884 à

29^f,55.

La différence 30^f,10 — 29^f,55 est de 0^f,55, et cette différence correspond à une économie en faveur de l'exercice 1884, de

$$\frac{55}{30,10} = 1,82 \text{ p. } 100.$$

On peut donc estimer l'économie réelle dans les dépenses à

$$1,82 + 0,14 = 1,96 \text{ ou } 2 \text{ p. } 100$$

en faveur de l'exercice 1884 par rapport à l'exercice 1883; ce coefficient proportionnel de 2 p. 100 correspond pour l'ensemble des six réseaux à une économie de plus de dix millions de francs. Ainsi la formule

$$P = \frac{6.125^f}{F} + 21^f,50$$

démontre que les efforts des compagnies n'ont pas été stériles; elle fait ressortir *une économie de 2 p. 100* au lieu *d'une augmentation de 4,1 p. 100*.

Trafic et prix de revient comparés de deux réseaux.
— Si nous comparons pour les deux mêmes exercices deux réseaux distincts, l'Ouest et le P.-L.-M. par exemple, nous obtenons les résultats suivants :

DÉSIGNATION	OUEST		P.-L.-M.	
	1883	1884	1883	1884
Longueur kilom. exploitée.	2 802	4 031	6 084	7 293
Recettes totales (impôt déduit).	133.193.153 ^f	137.860.000 ^f	332.844.130 ^f	321.619.000 ^f
Recettes kilométriques.	46.769 ^f	34.199 ^f	54 700 ^f	54.100 ^f
Unités de trafic (milliers).	2.468.000	2.513.000	6.108.000	5.964.000
Recettes par millier d'unités de trafic.	53 ^f ,94	54 ^f ,85	54 ^f ,50	53 ^f ,93
Fréquentation en milliers d'unités.	867	623	1.004	818
Dépenses par (Traction.	10 ^f 31	11 ^f 83	9 ^f 80	9 ^f 23
1.000 unités. Autres services.	18 ,29	19 ,64	17 ,00	17 ,01
de trafic (Ensemble.	28 ,60	31 ,47	26 ,80	26 ,24
Valeur de P d'après la formule				
$\frac{6.125}{F} + 21,50 = P$.	28 ,57	31 ,33	27 ,60	28 ,99
Excédent p. 100 de dépenses par rapport à P.	0 ,10	0 ,44	"	"
Économie p. 100 par rapport à P.	"	"	2 ,9	9 ,5

Il ressort du tableau qui précède que pour le réseau de l'Ouest, les dépenses des exercices 1883 et 1884 correspondent à peu près exactement aux dépenses normales données par la formule

$$P = \frac{6.125^f}{F} + 21^f,50.$$

La dépense normale pour 1883 est, en effet, de 28^f,57 par 1,000 unités de trafic, et la dépense réelle est de 28,60
la dépense normale pour 1884 est de 31,33
et la dépense réelle de 31,47
tandis que si on considérait simplement les prix de revient des deux exercices, savoir :

28^f,60 pour 1883,

et

31^f,47 pour 1884,

on constaterait une augmentation apparente de

$$2^f,87 \text{ ou } \frac{2.87}{28.60} = 10 \text{ p. } 100.$$

En étudiant les données relatives au réseau P.-L.-M., nous constatons, par rapport aux prix normaux donnés par la formule

$$P = \frac{6.125^f}{F} + 21^f,50,$$

une économie de

2,9 p. 100, en 1883

et de

9,5 p. 100, en 1884.

En effet, pour l'exercice 1883, la formule donne

$$P = 27^f,60,$$

la dépense réelle étant de 26^f,80

il y a une économie de 0,80

$$\text{ou } \frac{80}{27,55} = 2,9 \text{ p. } 100.$$

Pour l'exercice 1884, la formule donne

$$P = 28^f,99,$$

la dépense réelle étant de 26^f,24

il y a une économie de 2,75

$$\text{ou } \frac{2,75}{28,99} = 9,5 \text{ p. } 100.$$

Pour ce même réseau P.-L.-M., on peut dire que les dépenses pour l'exercice 1883 sont inférieures de 2,9 p. 100 à la moyenne des dépenses de l'ensemble des réseaux français. On peut ajouter, en outre, que l'exercice 1884 présente, par rapport à l'exercice 1883, une économie réelle de

9,5 — 2,9 ou 6,6 soit 7 p. 100,

alors que les prix de revient du millier d'unités de trafic

comparés directement entre eux,

26^f,80 pour 1883

et

26^f,24 pour 1884,

ne mettent en évidence qu'une réduction de

26^f,80 — 26^f,24 = 0^f,56,

ou

$\frac{56}{26,80}$ ou 2,1 p. 100.

CHAPITRE III.

ABAISSEMENT DES PRIX DE REVIENT DES TRANSPORTS PAR VOIES FERRÉES.

Exposé. — Nous avons montré, dans les chapitres qui précèdent, de quelle manière les prix de revient des transports, considérés dans leur ensemble, varient avec la fréquentation, et, par divers exemples, nous avons fait ressortir avec quelle facilité on se rend compte des conditions plus ou moins favorables dans lesquelles s'exploite un réseau déterminé.

Il faudrait pouvoir remonter des effets aux causes, et déduire de l'examen des éléments divers, qui constituent les prix de revient des six grands réseaux, la part des influences locales, telles que le bas prix du combustible ou de la main-d'œuvre, et la part des progrès introduits dans le fonctionnement industriel, dans l'utilisation du travail produit.

En voyant, par exemple, la compagnie P.-L.-M. réaliser une économie de près de 10 p. 100 sur la moyenne générale des frais d'exploitation des Compagnies françaises, on est naturellement conduit à se demander si, grâce aux progrès dont est susceptible l'industrie des chemins de fer comme toute autre industrie, il n'est pas possible d'a-

baisser davantage encore les prix de revient des transports. Cet abaissement du niveau des prix ouvrirait la voie à la réduction des tarifs et, comme conséquence, attirerait vers les réseaux français une partie des produits qui transitent par les réseaux étrangers.

Cette affluence d'un trafic nouveau en augmentant la fréquentation se traduirait elle-même par une nouvelle amélioration de l'ensemble des prix de revient, amélioration dont la mesure est donnée par une expression de la forme

$$P = \frac{A}{F} + B,$$

dans laquelle le prix de revient P diminue à mesure que la fréquentation F augmente; au moment où sur tous les réseaux français les recettes kilométriques subissent une baisse profonde qui s'explique en partie par l'ouverture incessante de lignes nouvelles, la question est, on le voit, de la plus haute importance.

Prix de revient du réseau de l'État. — Nous chercherons, dans ce qui va suivre, à donner en quelque sorte un corps aux réflexions qui précèdent en examinant les faits constatés sur le réseau de l'État pendant les exercices 1884 et 1885. Voici d'abord le résumé exact des unités de trafic et des dépenses d'exploitation pour l'ensemble du réseau de l'État pendant ces deux exercices.

EXERCICES	UNITÉS DE TRAFIC	DÉPENSES D'EXPLOITATION
1884	514.265.289	20.042.620
1885	553.289.969	21.497.561

On déduit du tableau qui précède pour prix de revient

du millier d'unités de trafic,

en 1884, 38^f,95,
en 1885, 38^f,85.

Les longueurs moyennes exploitées ont été les suivantes :

en 1884, 2.037^{kil},
en 1885, 2.215.

La fréquentation moyenne en milliers d'unités de trafic par kilomètre a été

en 1884, $\frac{514.265.289}{2.037} = 252$,
en 1885, $\frac{553.289.969}{2.215} = 250$.

En se reportant, soit à notre ligne de comparaison des prix de revient (*fig. 2*), soit à la formule générale des grands réseaux français

$$P = \frac{6.125^f}{F} + 21^f,50,$$

on trouve comme dépense normale, pour

$$F = 252 \text{ (exercice 1884),}$$

le prix de revient

$$P = 45^f,80,$$

et pour

$$F = 250 \text{ (exercice 1885),}$$

le prix de revient

$$P = 46^f,00.$$

Économie constatée de 15 et 15,5 p. 100 par rapport à la courbe de comparaison. — L'économie en faveur du réseau de l'État est de

$$45^f,80 - 38^f,95 = 6^f,85 \text{ ou } \frac{6,85}{45,80} = 15,0 \text{ p. 100 en 1884,}$$

et de

$$46^f,00 - 38^f,85 = 7^f,15 \text{ ou } \frac{7,15}{46,00} = 15,5 \text{ p. 100, en 1885 (*).}$$

Les constatations qui précèdent, déduites directement des documents statistiques publiés par le Ministère des travaux publics, d'une part, et des comptes rendus de l'administration des Chemins de fer de l'État, d'autre part, établissent très clairement que les prix de revient du millier d'unités de trafic sur le réseau de l'État, mis en regard de la courbe générale des Compagnies (*fig. 2*), ou ce qui revient au même, mis en regard des prix de revient moyens constatés (1882 et 1883) sur les lignes de même fréquentation de l'ensemble des grands réseaux français, présentent, par rapport à ceux-ci, une économie de

15 p. 100, en 1884,

et de

15,5 p. 100, en 1885.

La réalité de l'abaissement du prix de revient est démontrée, mais à quelles causes précises cet abaissement doit-il être attribué?

Manque d'uniformité dans la comptabilité statistique des Chemins de fer. — C'est un problème dont la solution serait facile, si la comptabilité de toutes les Compagnies était tenue suivant un mode uniforme et suivant une nomenclature unique. Malheureusement cette uniformité

(*) Il est intéressant de relire les diverses discussions qui ont eu lieu en 1884 et 1885 devant les Chambres sur l'administration des chemins de fer de l'État. On reprochait à cette administration de dépenser 80 p. 100 des recettes en frais d'exploitation, tandis que les grandes compagnies françaises ne dépensaient que 50 p. 100. — On perdait totalement de vue l'influence du principal facteur, *la fréquentation*; aujourd'hui que les compagnies incorporent dans leurs réseaux de nombreuses lignes à faible trafic qu'elles exploitent à 100 p. 100 et plus encore, on pourra leur opposer ce même réseau de l'État qui maintenant dépense moins de 80 p. 100.

de nomenclature n'existe pas. Toutefois, sans parler des dépenses générales d'administration et de direction, on trouve dans les comptes rendus de toutes les Compagnies trois grandes divisions :

Exploitation ;
Traction ;
Voie.

Cette triple division est à peu près identique sur tous les réseaux : elle fournit aux recherches un premier point de départ ; mais dès qu'on entre dans les détails, les classifications des dépenses diffèrent entre elles et c'est ce qui rend les comparaisons très incertaines.

Part proportionnelle des dépenses de la traction : réseau de l'État. — Nous tenterons pour l'une de ces trois branches, la traction, qui comprend à peu près le tiers des dépenses totales, de faire ressortir quelle part lui doit être attribuée dans cette économie de 15 et 15,5 p. 100 signalée plus haut. Un mode d'investigation analogue pourrait ensuite être appliqué aux autres branches de l'exploitation générale considérées successivement et isolément.

Voici d'abord pour le réseau de l'État le rapport entre les dépenses de la traction et celles de tous les autres services, pris en bloc, pour les exercices 1882 et 1883.

DÉSIGNATION	DÉPENSES TOTALES		OBSERVATIONS
	Exercice 1882	Exercice 1883	
Traction	6.710.140,83	7.575.173,49	Ces chiffres sont extraits des comptes rendus de l'administration, adressés au ministre des travaux publics.
Autres services	14.502.049,92	16.518.417,88	
Ensemble	21.212.190,74	24.093.591,37	
Dépenses de la traction pour 100 francs dépensés par les autres services.)	46 fr.	46 fr.	

Voici pour le même réseau de l'État les mêmes renseignements pour les exercices 1884 et 1885.

DÉSIGNATION	DÉPENSES TOTALES		OBSERVATIONS
	Exercice 1884	Exercice 1885	
Traction	5.635.174,30	6.031.858,50	Les mêmes documents que ceux indiqués ci-dessus.
Autres services	14.407.445,62	15.465.702,90	
Ensemble	20.042.619,92	21.497.561,40	
Dépenses de la traction pour 100 francs dépensés par les autres services.)	39 fr.	39 fr.	

Part proportionnelle des dépenses de la traction. Grands réseaux. — Cherchons comment se répartissent les dépenses sur les grands réseaux français. Voici d'abord la répartition pour les exercices 1882 et 1883.

DÉSIGNATION	DÉPENSES TOTALES		OBSERVATIONS
	Exercice 1882	Exercice 1883	
Traction	175.130.114	186.387.550	Ces chiffres sont extraits des comptes rendus des compagnies et de la <i>Revue générale des chemins de fer.</i>
Autres services	338.552.207	351.134.892	
Ensemble	513.682.321	537.522.442	
Dépenses de la traction pour 100 francs dépensés par les autres services.)	51 fr.	53 fr.	
Moyenne	52 fr.		

Voici la répartition pour les exercices 1884 et 1885.

DÉSIGNATION	DÉPENSES TOTALES		OBSERVATIONS
	Exercice 1884	Exercice 1885	
Traction	193.447.647	180.007.620	Mêmes documents que ci-dessus.
Autres services	359.514.171	360.401.469	
Ensemble	552.961.818	540.409.089	
Dépenses de la traction pour 100 francs dépensés par les autres services.)	54 fr.	50 fr.	
Moyenne	52 fr.		

Sur les grands réseaux français, les dépenses de la traction pour 100 francs dépensés par les autres services s'élèvent en moyenne à

52^f,00

pour les exercices 1882 et 1883. La moyenne est la même, soit 52 francs, pour les exercices suivants, 1884 et 1885.

Sur le réseau de l'État, ces dépenses se maintiennent à un niveau constant

46^f,00

pour les deux exercices 1882 et 1883, et elles subissent une diminution *extraordinaire* en 1884 et 1885, puisqu'elles descendent à

39^f,00.

C'est un abaissement brusque de

$$\frac{46 - 39}{46} = 15,2 \text{ p. } 100.$$

Prix de revient de la traction. Réseau de l'État. — Ces premiers rapprochements démontrent bien l'abaissement relatif des dépenses de traction sur le réseau de l'État, mais ils ne font pas connaître la valeur absolue des dépenses rapportées à l'unité de trafic. Nous cherchons à compléter la comparaison en décomposant les prix de revient réels. Pour le réseau de l'État, la décomposition est facile : elle est inscrite dans les comptes rendus.

Le tableau suivant donne tous les éléments :

DÉSIGNATION	DÉPENSES TOTALES		TOTAUX et moyennes
	Exercice 1884	Exercice 1885	
Unités de trafic	514.265.289	533.289.969	1.067.555.258
Traction	5.635.174 ^f ,30	6.031.858 ^f ,50	11.667.032 ^f ,80
Autres services	14.407.445 ^f ,62	15.465.702 ^f ,90	29.873.148 ^f ,52
Ensemble	20.042.619 ^f ,92	21.497.561 ^f ,40	41.540.181 ^f ,32
DÉPENSES PAR 1.000 UNITÉS DE TRAFIC			
Traction	10 ^f ,95	10 ^f ,90	10 ^f ,92
Autres services	28 ^f ,00	27 ^f ,95	27 ^f ,97
Ensemble	38 ^f ,95	38 ^f ,85	38 ^f ,89
Fréquentation	252	250	251

Prix de revient de la traction. Grands réseaux. — Pour les grands réseaux, nous savons, d'une part, que pour une fréquentation de 251 milliers d'unités de trafic le prix de revient du millier d'unités de trafic est de :

45^f,90.

Nous savons, d'autre part, que sur ces mêmes réseaux les dépenses de la traction s'élèvent à 52 francs pour 100 francs dépensés par les autres services ; d'après ces bases, le prix de revient 45^f,90 se décompose de la manière suivante :

Dépenses par 1.000 unités de trafic	{	Traction	15 ^f ,70
		Autres services	30 ^f ,20
		Ensemble	45 ^f ,90
Fréquentation			252

Comparaison de ces prix de revient. — Le tableau ci-après permet d'embrasser d'un coup d'œil les prix de revient décomposés, et l'économie pour 100 en faveur du réseau de l'État.

DÉSIGNATION	DÉPENSES TOTALES PAR 1.000 UNITÉS DE TRAFIC		
	Réseau de l'Etat	Six grands réseaux français	Économie p. 100 en faveur du réseau de l'Etat
Traction	40 ^f ,92	15 ^f ,70	30 p. 100
Autres services	27 ^f ,97	30 ^f ,20	7 p. 100
Ensemble	38 ^f ,89	45 ^f ,90	15 p. 100
Fréquentation	251	251	"

C'est sur la traction que portent spécialement nos investigations. Il est manifeste, d'après le tableau qui précède, que sur le réseau de l'État la traction produit, pour ce qui la concerne, l'unité de trafic avec une économie de 30 p. 100 par rapport aux dépenses de même nature des grands réseaux français; mais la question est loin d'être épuisée.

Analyse des prix de revient de la traction. Réseau de l'État. — Cette économie de 30 p. 100 peut prendre sa source en partie dans une meilleure utilisation de la place offerte dans les trains; en partie dans une production plus économique du travail moteur; en partie dans un rendement plus élevé de ce travail. Comment mesurer l'influence de chacun de ces trois facteurs?

Influence d'une meilleure utilisation des places offertes. — Si nous considérons, par exemple, divers trains de voyageurs composés de la même manière, l'un transportant 7,5 voyageurs par véhicule ou l'équivalent en bagages et messageries, et l'autre 6,5 voyageurs seulement; la dépense de la traction sera pratiquement la même; soit δ cette dépense par kilomètre et n le nombre de véhicules, le prix de revient pour l'unité du trafic sera pour l'un des trains

$$\frac{\delta}{6,5n}$$

et pour l'autre,

$$\frac{\delta}{7,5n};$$

l'économie proportionnelle en faveur du train dont les places sont mieux utilisées sera par unité de trafic :

$$\frac{\frac{\delta}{6,5n} - \frac{\delta}{7,5n}}{\frac{\delta}{6,5n}} = 1 - \frac{6,5}{7,5} = \frac{1}{7,5} \text{ ou } 13,33 \text{ p. } 100.$$

Nous savons que sur le réseau de l'État le nombre moyen de places occupées est de 7,5 par véhicule, mais la statistique est muette sur le nombre de places occupées dans les véhicules des grands réseaux circulant sur les lignes de même fréquentation (251); la voie paraît donc fermée à nos recherches dans cette direction et nous ne pouvons pas déterminer par là quelle est la part d'économie qui doit être attribuée à la meilleure utilisation des places offertes; mais la difficulté peut être tournée, et voici de quelle manière :

Prix de revient de la traction rapportés à la charge brute. — La charge brute remorquée par les trains de voyageurs est exactement connue pour plusieurs grands réseaux et approximativement pour les autres; il en est de même des prix de revient des kilomètres de trains. On obtient pour l'ensemble des réseaux les chiffres suivants pour les trains de voyageurs (exercice 1883) :

Prix moyen de 1.000 kilomètres de train . . .	707 ^f ,40
Charge moyenne en tonnes brutes	108 tonnes.
Prix moyen de 1.000 tonnes kilométriques brutes .	6 ^f ,55

Voici les chiffres exacts pour le réseau de l'État, trains de voyageurs :

	EXERCICE 1884	EXERCICE 1885	ENSEMBLE
Prix moyen de 1.000 kilomètres de train.	574 ^f ,00	593 ^f ,53	583 ^f ,80
Charge moyenne en tonnes brutes . . .	105,00	111,00	108,00
Prix moyen de 1.000 tonnes kilométri- ques brutes	5 ^f ,44	5 ^f ,35	5 ^f ,39

Envisagées sous ce nouvel aspect, les dépenses de la traction rapportées au transport de 1.000 tonnes brutes à 1 kilomètre présentent en faveur du réseau de l'État une économie proportionnelle de

$$\frac{6,55 - 5,39}{6,55} = 17,7 \text{ p. } 100.$$

Dans ce mode de comparaison, la fréquentation n'intervient plus; nous mettons en parallèle la dépense moyenne pour l'ensemble du réseau sans tenir compte des *rampes caractéristiques* (*); or, il est bien certain que la rampe caractéristique de l'ensemble des réseaux français qui est de 8 millimètres est plus favorable que la rampe caractéristique du réseau de l'État, lequel ne comprend que des lignes à rampes effectives de 8, 10, 12 et 15 millimètres. L'économie de 17,7 p. 100, soit en nombre rond 18 p. 100 en faveur du réseau de l'État, est donc un minimum lorsqu'on met en parallèle les dépenses relatives au transport d'une tonne brute à 1 kilomètre.

Décomposition de l'économie de 30 p. 100 sur les prix de revient de l'unité de trafic. — Telle serait l'économie, soit 18 p. 100 au moins, si un même poids brut correspondait à un même poids utile ou plutôt à un même nombre d'unités de trafic. Or, nous avons vu que l'économie rapportée à l'unité de trafic s'élève à

$$30 \text{ p. } 100;$$

(*) Voir pour les *rampes caractéristiques* la notice sur les prix de revient de la traction : *Annales des ponts et chaussées*, septembre 1885; *Annales des mines*, janvier-février 1886.

cette économie se décompose dès lors approximativement de la manière suivante :

Part afférente à la meilleure utilisation des places offertes.	12 p. 100
Part afférente à la production plus économique du travail moteur et à un rendement plus élevé.	18 p. 100
Ensemble.	30 p. 100

Notre but est atteint : nous avons montré comment on peut suivre dans ses diverses manifestations l'une des branches de l'exploitation des chemins de fer; nous avons choisi la traction et nous avons constaté d'abord l'influence considérable que peut avoir une utilisation plus complète de la place offerte. Un véhicule comprend en moyenne 40 places disponibles; il suffit de remplir 7,5 places au lieu de 6,5 pour faire baisser le prix de l'unité de trafic de plus de 13 p. 100.

Nous avons montré ailleurs comment diverses modifications apportées aux machines-locomotives, *souppapes de rentrée d'air, tiroirs cylindriques, surfaces de moindre résistance, écrans réfractaires* (*), etc., pouvaient augmenter la puissance de ces machines, élever le coefficient d'adhérence et améliorer le rendement. D'autre part, sur les lignes à très faible trafic du réseau de l'État, les prix de la traction ont considérablement baissé par l'adoption de machines-fourgons d'un type spécial, conduites par un mécanicien sans chauffeur, graissées à l'huile minérale, s'usant peu et brûlant peu de charbon. Ce sont les résultats obtenus dans cette voie qui se traduisent par l'économie de 18 p. 100. En appliquant cette réduction de 18 p. 100 à l'ensemble des dépenses de traction des exercices 1884 et 1885, ci

$$193.447.647^f + 180.007.620^f = 373.455.267^f.$$

(*) Voir *Annales des ponts et chaussées*, avril 1884 et septembre 1885; *Annales des mines*, juillet-août 1884 et janvier-février 1886.

On obtient pour les six grands réseaux une diminution de dépenses de :

$$373.455.267^f \times 0,18 = 67.222.000^f,$$

soit par exercice en moyenne

$$\frac{67.222\ 000^f}{2} = 33.611.000^f.$$

Examen spécial de l'économie sur l'article graissage. — Pour certains articles de dépenses, l'économie réalisée est considérablement plus élevée que 18 p. 100 ; on le conçoit, puisque le coefficient de réduction, 18 p. 100, est la valeur moyenne de la réduction de tous les articles du budget de la traction. Nous citerons comme cas particulier les dépenses de graissage des locomotives et des véhicules.

On sait que l'application de *soupapes de rentrée d'air* a permis de substituer d'une manière exclusive l'huile minérale aux huiles végétales, graisses, suifs, etc. La première application de ces soupapes remonte au mois d'avril 1882 ; depuis cette époque, ces soupapes ont été le point de départ d'une série d'améliorations successivement constatées : elles n'ont jamais donné lieu à aucun inconvénient. Elles sont aujourd'hui appliquées à plus de 250 machines et notamment à toutes celles du 2° arrondissement des chemins de fer de l'État dont le centre est à Tours (*).

La dépense de graissage qui était avant l'emploi des soupapes de

$$14^f,04$$

par 1.000 kilomètres de train sur le réseau de l'État est

(*) Ces soupapes de rentrée d'air sont aujourd'hui appliquées sur une grande échelle aux États-Unis, où elles sont combinées avec des tiroirs équilibrés. — On les retrouve en Suisse, en Allemagne, en Autriche-Hongrie. — Elles sont adoptées pour les machines du Saint-Gothard.

aujourd'hui de

$$6^f,72$$

pour le 2° arrondissement ; l'économie est, on le voit, non plus de 18 p. 100, mais de

$$\frac{14,04 - 6,72}{14,04} = 52 \text{ p. } 100.$$

Le succès si complet obtenu pour le graissage des machines et des tenders a fait étendre l'emploi de l'huile minérale à tous les véhicules, sans exception, des chemins de fer de l'État. Le prix de revient du graissage des véhicules qui s'élevait avant l'emploi des huiles minérales à

$$7^f,21 \text{ par } 1.000 \text{ kilomètres de train}$$

est descendu à

$$1^f,22, \text{ en } 1886.$$

L'économie atteint ici des proportions inattendues, savoir :

$$\frac{7,21 - 1,22}{7,21} \text{ ou } 83 \text{ p. } 100.$$

Si on réunit l'ensemble des dépenses de graissage avant l'emploi des huiles minérales, on obtient pour 1.000 kilomètres de train :

$$14^f,04 + 7^f,21 = 21^f,25.$$

Depuis l'emploi exclusif de ces huiles la dépense n'est plus que de

$$6^f,72 + 1^f,22 = 7^f,94,$$

l'économie sur l'ensemble du graissage est de

$$\frac{21,25 - 7,94}{21,25} = 62 \text{ p. } 100.$$

Les dépenses de graissage pour l'ensemble des réseaux français s'élèvent par an, en nombre rond, à

$$7.500.000^f;$$

on voit que l'économie de 62 p. 100 sur ce seul article des

dépenses de la traction correspond à :

4.650.000^f

et dépasse la huitième partie de l'économie totale (33.611.000 francs) annoncée plus haut. N'y a-t-il pas quelque réserve à faire : ce nouveau graissage ne produit-il pas quelque détérioration physique ou chimique qui, en augmentant les frais d'entretien, viennent entamer, au moins dans une certaine mesure, le bénéfice si considérable de 62 p. 100 ? Nullement ; pour les locomotives, par exemple, les polis des cylindres et des tiroirs deviennent miroitants, les pistons, les fonds des cylindres, les bords des lumières, les conduits et les valves d'échappement présentent des surfaces propres et nettes, sans le moindre dépôt adhérent ; les tôles des chaudières sont garanties contre la principale cause des corrosions chimiques (les acides des corps gras).

Pour les véhicules, la consommation des tampons graisseurs est diminuée des deux tiers ; la période des levages est triplée ; le service du graissage est, en outre, extraordinairement simplifié. Il n'y a plus ni graisses ni suifs pour les machines, ni huile d'hiver et huile d'été pour les véhicules, ni graisses de compositions diverses. Une seule espèce d'huile suffit à tout, en hiver comme en été, et cette huile minérale qui est absolument neutre, qui se conserve indéfiniment, qui est inaltérable à l'air, qui ne forme aucun dépôt ni cambouis, cette huile est en même temps la moins chère de toutes les huiles, puisqu'elle ne coûte que

24^f,00 les 100 kilogrammes.

Tiroirs cylindriques et surfaces de moindre résistance.

— Voilà des économies dont la réalisation est acquise au réseau de l'État sur une vaste échelle.

Rappelons que sur ce même réseau l'application de tiroirs cylindriques a démontré que la durée de ces tiroirs

dépassait soixante fois la durée des tiroirs ordinaires et que l'usure de toutes les pièces de la distribution est pour ainsi dire radicalement supprimée. C'est aussi sur ce réseau que la substitution de *surfaces de moindre résistance* à toutes les surfaces normales à la marche a prouvé expérimentalement qu'on peut par ce moyen si simple augmenter de 13 p. 100 le rendement en travail utile des machines locomotives remorquant des trains express à la vitesse moyenne de 70 kilomètres.

Ainsi que nous l'avons dit précédemment, la locomotive est loin d'être arrivée à la perfection qu'on lui suppose généralement. Beaucoup de recherches fructueuses restent à faire. Mais les services de l'exploitation proprement dite et de l'entretien de la voie ne présentent-ils pas aussi bien des sources d'économie auxquelles on pourrait puiser abondamment ?

La répartition et l'utilisation du matériel roulant pourraient faire l'objet d'un utile examen.

L'augmentation de la longueur des rails et une disposition rationnelle des joints exerceraient sur l'entretien des voies une influence salutaire.

Dans la présente notice, nous avons limité nos recherches à la traction seulement : nous formons le vœu que des recherches analogues s'étendent aux autres branches de l'exploitation.

L'abaissement des prix de revient s'impose aujourd'hui aux grandes compagnies comme une nécessité absolue. À côté de la France, les efforts sont incessants : le transit nous échappe, c'est la lutte pour l'existence.

Conclusion. — Dans un premier chapitre, nous avons représenté graphiquement les documents statistiques publiés par le Ministre des Travaux publics sur les dépenses et les recettes des Chemins de fer français ; les diagrammes déduits de l'observation directe des faits

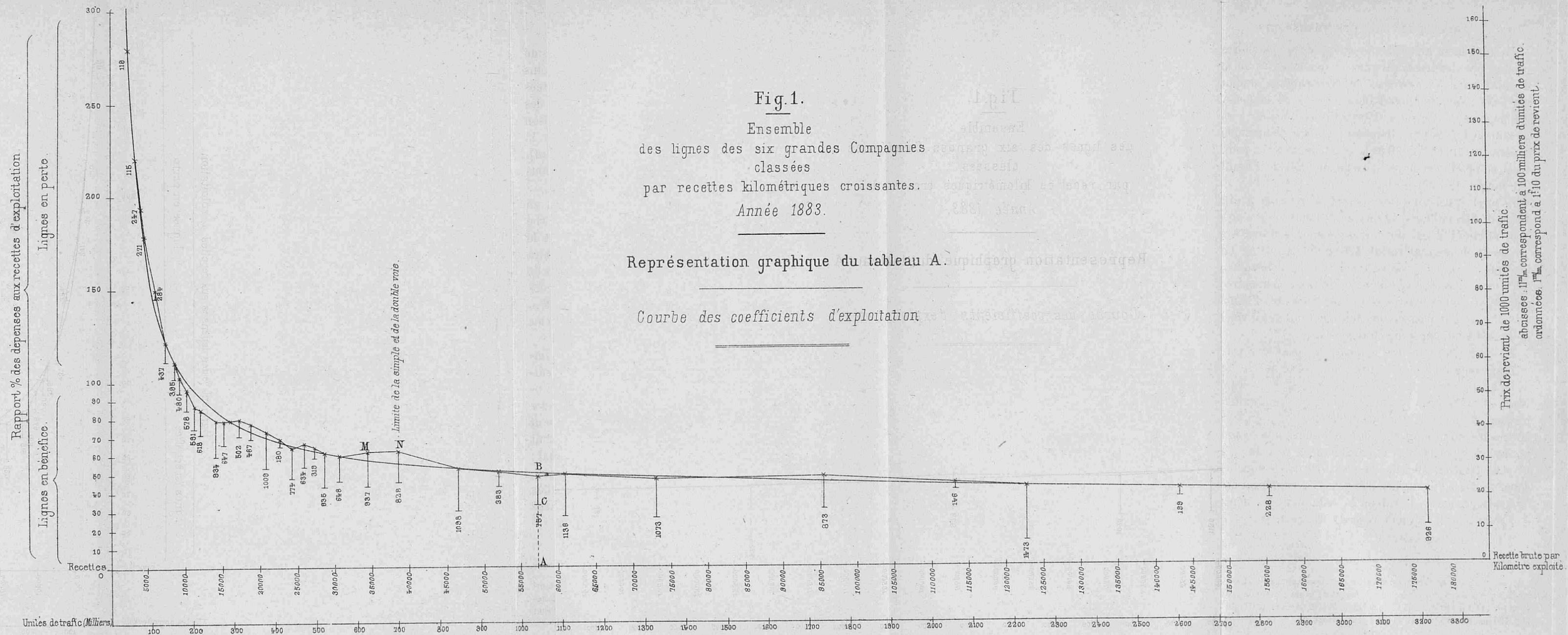


Fig. 1.
 Ensemble
 des lignes des six grandes Compagnies
 classées
 par recettes kilométriques croissantes.
 Année 1883.

Représentation graphique du tableau A.

Courbe des coefficients d'exploitation.

Pris de revient de 1000 unités de trafic.
 abscisses : 1^{re} correspond à 100 milliers d'unités de trafic.
 ordonnées : 1^{re} correspond à 1/10 du prix de revient.

Echelle des abscisses 2^m par 1000^e de recette.
 d' ordonnées 1^m pour 2 unités du coefficient d'exploitation.
 d' ordonnées pendantes 1^m pour 100 kilomètres.

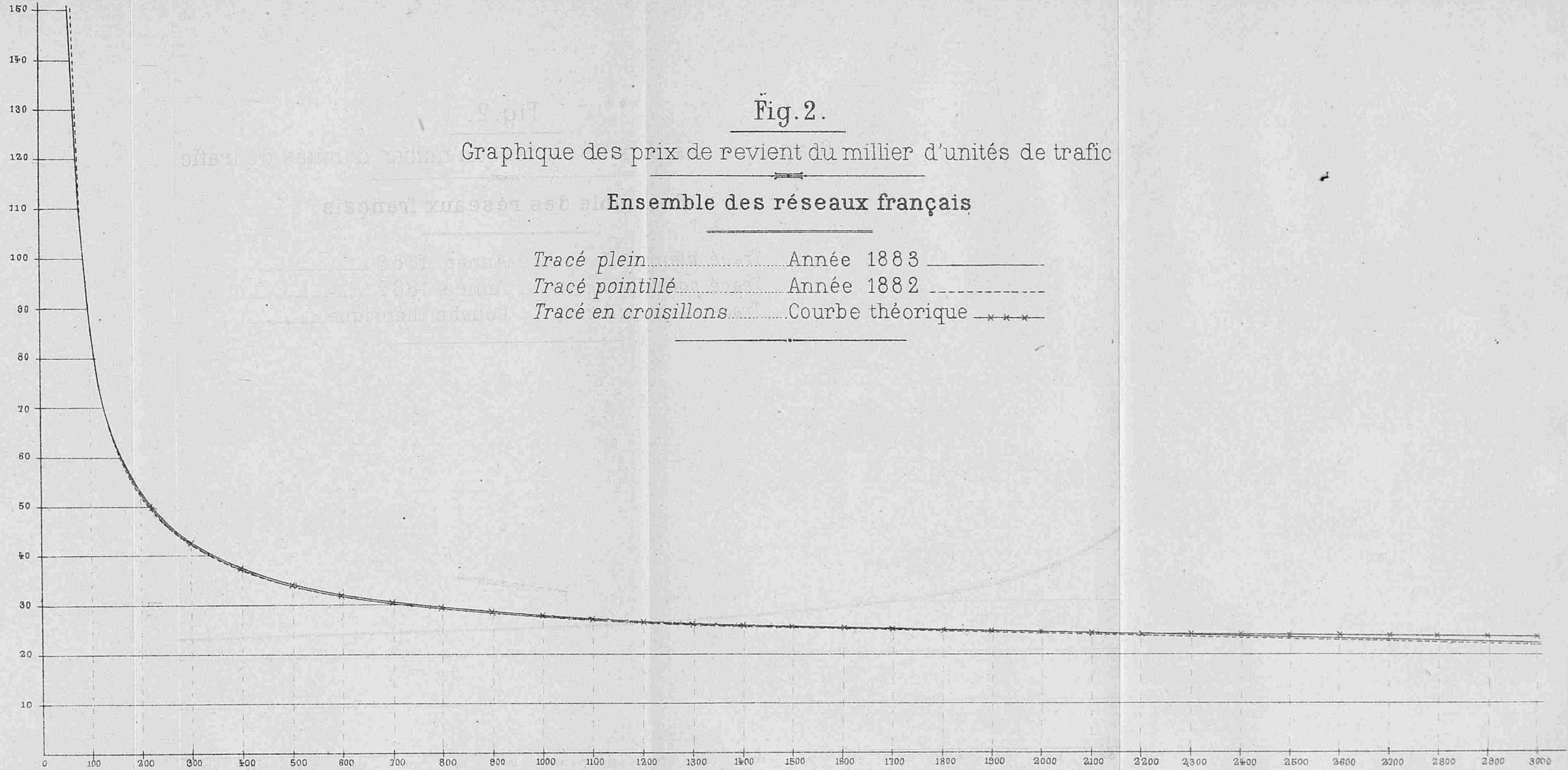
Fig. 2.

Graphique des prix de revient du millier d'unités de trafic

Ensemble des réseaux français

Tracé plein..... Année 1883
 Tracé pointillé..... Année 1882
 Tracé en croisillons..... Courbe théorique

Echelle des prix de revient du millier d'unités de trafic : 1^m pour 1^m00



Echelle des unités de trafic : 1^m pour 10 milliers d'unités de trafic

A

TABLEAU DE TOUTES LES LIGNES DES SIX GRANDS RÉSEAUX FRANÇAIS
CLASSÉES PAR RECETTES KILOMÉTRIQUES CROISSANTES.

Année 1883.

RÉSEAUX	DÉSIGNATION DES LIGNES	NUMÉROS D'ORDRE	LONGUEUR moyenne exploitée	RECETTES par kilomètre	RECETTES	DÉPENSES	COEFFICIENTS d'exploitation
					totales	totales	
1	2	3	4	5	6	7	8
Lyon	Uzès à Nozières.	1	5	1 300	6 500	31 200	480,0
Midi	Mont-de-Marsan à Roquefort.	23	2 222	51.105	134.204	262,8	
Est	Ouille à Thiancourt.	10	2.246	22.439	104.965	467,3	
—	Embranchement de la vallée de l'Orne.	4	2.369	9.477	47.738	503,7	
—	Lunéville à Gerbéviller.	10	2.454	24.536	94.865	386,6	
—	Toul à Favières.	33	2.715	89.606	194.679	217,3	
—	Pompey à Nomény.	22	2.743	60.353	123.668	204,9	
—	Embranchement du Val-d'Ajol.	17	2.753	46.794	152.889	526,7	
		2	119	2.257	304.330	853.008	280,2
Lyon	Thonon à Evian.	9	3.200	28.800	91.600	318,0	
Est	Baccarat à Badouwiller.	14	3.266	45.721	83.773	188,2	
Lyon	Dijon à Saint-Amour.	81	3.500	288.000	581.600	202,0	
Est	Aillevillers à Plombières.	11	3.610	39.715	127.319	320,6	
		3	115	3.498	402.236	884.292	219,8
Lyon	Aubenas à Prades.	10	3.700	37.400	114.700	307,0	
—	Gray à Fraisans.	44	3.900	171.700	347.000	202,0	
Est	Vitrey à Bourbonne-les-Bains.	15	3.951	59.270	164.293	277,2	
Lyon	Remoulins à Uzès.	19	4.000	76.300	154.600	203,0	
Est	Bondy à Aulnay-les-Bondy.	8	4.053	32.426	75.420	232,6	
—	Langres à Andilly.	17	4.058	68.979	127.727	185,2	
Lyon	Bourron à Malesherbes.	25	4.100	103.700	205.800	198,0	
—	Montagny à Miserey.	28	4.200	118.300	186.800	158,0	
—	Clamecy à Cercy-la-Tour.	81	4.200	344.000	576.900	168,0	
		4	247	4.097	1.012.075	1.953.240	193,0
Lyon	Avallon à Dracy-Saint-Loup.	70	4.500	315.000	486.900	155,0	
Est	Conflans à Briey.	14	4.545	63.624	100.588	158,0	
Lyon	Annemasse à La Roche.	7	4.600	32.600	53.100	163,0	
—	Pont-de-Dou à Aubert.	12	4.700	55.900	83.000	114,0	
—	Embranchement de Digne.	22	4.700	103.900	169.300	163,0	
Est	Mançois-le-Petit à Gan et Neufchâteau.	67	4.859	325.558	371.127	114,0	
Ouest	Pontivy à Saint-Brieuc.	72	5.026	361.895	945.792	261,3	
Est	Champigneulle à Jarville.	7	5.086	35.600	94.089	264,3	
		5	271	4.775	1.294.077	2.303.896	178,0

RÉSEAUX	DÉSIGNATION DES LIGNES	NUMÉROS D'ORDRE	LONGUEUR moyenne exploitée	RECETTES par kilomètre	RECETTES	DÉPENSES	COEFFICIENTS d'exploitation
					totales	totales	
1	2	3	4	5	6	7	8
Lyon	Virieu-le-Grand à Saint-André-le-Gaz.	15	5.200	78.400	105.800	136,0	
P.-O.	Embranchement de Romorantin	7	5.385	37.694	107.070	284,0	
Midi	Tourneville à Saint-Affrique.	15	5.517	82.748	150.270	181,6	
Lyon	Embranchement d'Hyères.	18	5.700	103.500	231.000	223,3	
—	Cavaillon à Apt.	32	5.700	183.100	206.400	113,0	
—	Nîmes à Saumères.	24	5.900	141.100	309.200	230,0	
Est	Coulommiers à La Ferté-Gaucher.	20	6.095	121.894	201.513	165,3	
Lyon	Livron à Crest.	17	6.300	107.000	153.600	144,0	
—	Embranchement d'Albertville.	22	6.300	138.300	179.900	130,0	
—	Belleville à Beaujeu	13	6.500	85.100	144.800	170,0	
—	Vichy à Thiers	33	6.500	214.500	225.600	105,0	
—	Gap à Briançon.	26	6.800	178.200	202.700	150,0	
—	Andelot à Champagnolle.	13	6.900	89.500	141.100	158,0	
Est	Remiremont au Tillot et Saint-Maurice.	29	6.910	200.400	256.734	128,1	
		6	284	6.202	1.761.436	2.615.687	148,4
Est	Amagne à Vouziers et Apremont.	65	6.941	451.141	673.859	149,4	
Lyon	Remoulins à Beaucaire	5	7.100	35.500	41.900	118,0	
P.-O.	Aubigné à La Flèche.	34	7.143	241.858	213.614	88,3	
Lyon	Embranchement de l'Auzonnet.	20	7.200	143.900	163.800	114,0	
Est	Lérrouville à Sedan.	143	7.359	1.053.765	953.489	90,5	
Lyon	Les Arcs à Draguignan	13	7.600	99.800	165.700	166,0	
—	Coullonges à Thonon.	63	7.600	474.900	666.900	140,0	
Nord	Chantilly à Crépy-en-Valois.	34	7.823	266.000	349.000	131,2	
Lyon	Sorgues à Carpentras.	17	8.000	135.200	180.000	133,0	
Est	Châtillon à Chaumont.	43	8.184	351.915	469.405	133,3	
		7	437	7.445	3.233.379	3.877.067	119,2
Midi	Condom à Port-Sainte-Marie.	40	8.208	328.312	348.801	106,2	
Est	Montmédy à Virtou.	3	8.282	24.845	114.037	459,0	
Nord	Cambrai à Dour.	51	8.294	423.000	560.000	132,4	
Midi	Montréjeau à Luchon.	35	8.406	294.215	266.912	90,7	
P.-O.	Pithiviers à Malesherbes et Orléans.	59	1.601	521.431	480.931	92,2	
Lyon	Pontarlier à Jougue.	23	8.800	203.000	222.100	109,0	
—	Nîmes au Caylar.	19	9.000	170.200	237.300	134,0	
—	Cravand aux Laumes.	91	9.000	814.300	945.500	116,0	
Est	Arches à Saint-Dié et embranchements.	74	9.019	667.412	623.711	93,4	
		8	395	8.726	3.446.715	3.799.292	110,3
Lyon	Grenoble à Gap.	135	9.100	1.223.200	1.371.800	112,0	
P.-O.	Orléans à Gien.	64	9.131	575.276	450.740	78,0	
—	Nantes à Châteaubriant.	63	9.180	578.352	516.358	89,3	
Midi	Lourdes à Pierrefitte.	20	9.180	183.598	185.025	100,8	
Lyon	Santenay à Etang.	59	9.200	544.200	764.700	141,0	
Midi	Langon à Bazas.	20	9.313	186.294	201.555	108,2	
Est	Flamboin à Montereau.	28	9.380	262.635	263.189	100,2	
P.-O.	Libos à Cahors.	51	9.396	479.180	435.561	90,9	
Ouest	Laigle à Couches.	40	9.633	385.327	353.248	91,7	
		9	480	9.204	4.418.062	4.542.176	102,8

RÉSEAUX	DÉSIGNATION DES LIGNES	NUMÉROS D'ORDRE	LONGUEUR moyenne exploitée	RECETTES par kilomètre	RECETTES	DÉPENSES	COEFFICIENTS d'exploitation
					totales	totales	
1	2	3	4	5	6	7	8
P.-O.	La Possonnière à Niort.	164	9.710	1.592.431	1.383.264	86,9	
Lyon	Embranchement d'Aubenas.	9	9.900	88.800	107.400	121,0	
—	Nuits à Châtillon.	36	9.900	356.000	275.100	77,0	
—	Cannes à Grasse.	47	9.900	169.400	265.500	157,0	
—	Lunnel à Aigues-Mortes.	12	10.100	121.100	177.600	147,0	
—	Aix à Carnoules.	78	10.300	800.800	589.400	74,0	
Midi	Millan à Rodez.	75	10.346	775.938	847.049	109,2	
Nord	Arras à Etaples et Abbeville à Béthune.	187	10.540	1.971.000	2.038.000	103,2	
		10	578	10.165	5.875.469	5.683.313	96,7
Lyon	Aix-les-Bains à Annecy.	39	10.700	416.800	538.600	129,0	
Midi	Paulhan à Fougères.	28	10.879	304.619	273.323	89,7	
Lyon	Auxerre à Nevers.	127	11.000	1.400.400	1.271.200	91,0	
Nord	Beauvais à Gournay.	28	11.071	310.000	323.000	104,2	
Lyon	Montbéliard à Delle.	26	11.100	287.200	392.300	137,0	
Midi	Poit à Tarascon.	16	11.259	180.139	214.757	119,2	
Ouest	Laval à Gennes-Longuefuye.	30	11.416	342.495	392.272	114,5	
—	Segré à Angers.	39	11.416	445.234	321.423	72,2	
Midi	Toulouse à Auch.	83	11.469	951.887	619.495	65,1	
Lyon	Cavaillon à Veynes.	175	11.500	2.016.700	1.482.300	74,0	
		11	591	11.261	6.655.474	5.828.670	87,5
Ouest	Lison à Lamballe.	202	11.759	2.375.432	1.879.098	79,4	
P.-O.	Figeac à Arvant.	171	12.437	2.126.714	1.637.864	77,0	
Lyon	Clermont à Montbrison.	110	12.500	1.373.900	1.201.400	87,0	
Midi	Carcassonne à Quillau.	53	12.633	694.804	602.090	86,7	
—	Agde à Lodève.	61	12.756	778.100	721.333	92,7	
Lyon	Saint-Rambert à Annonay.	19	12.900	245.900	353.400	144,0	
		12	618	12.289	7.594.850	6.395.185	84,2
Ouest	Sablé à Châteaubriant.	95	13.154	1.249.711	923.157	73,9	
Midi	Latour à Millau.	72	13.655	983.151	996.203	101,3	
—	Agen à Vic-en-Bigorre.	130	13.799	1.793.876	1.243.400	69,3	
Lyon	Besançon à Vesoul.	63	13.800	869.400	925.100	107,0	
P.-O.	Brétigny à Tours (par Vendôme).	202	14.154	2.859.029	2.795.569	97,4	
—	Savenay à Landerneau et Pontivy.	350	14.194	4.967.791	3.107.419	62,5	
Lyon	Saint-Just à Montbrison.	22	14.200	312.400	338.000	108,0	
		13	934	13.956	13.035.338	10.328.848	72,2
Ouest	Rennes à Redon.	70	14.337	1.003.617	816.637	81,4	
Est	Neufchâteau à Epinal.	76	14.547	1.105.567	869.533	78,6	
P.-O.	Libourne au Buisson.	96	14.637	1.405.176	934.930	66,5	
Midi	Castres à Mazamet.	19	14.949	284.402	189.044	66,3	
P.-O.	Poitiers à Saint-Sulpice-Laurière.	111	15.025	1.667.750	1.274.606	76,4	
Lyon	Paray-le-Monial à Roanne.	57	15.100	860.700	496.500	58,0	
Est	Vézelize à Mirecourt.	24	15.630	375.110	262.543	69,1	
—	Épernay à Romilly.	84	15.907	1.336.171	1.563.210	117,0	
Midi	Tarbes à Bagnères.	22	15.952	350.948	227.788	64,9	
Est	Chalindrey à Mirecourt.	88	16.197	1.425.361	1.092.595	76,6	
		14	647	15.169	9.814.442	7.727.406	78,7

1	2	3	4	5	6	7	8
Ouest	Beuveville à Fécamp.	20	16.434	328.678	278.139	84,6	
Lyon	Rognac à Aix.	25	16.600	414.200	255.100	62,0	
P.-O.	Nantes à La Roche.	75	16.798	1.259.881	932.661	74,0	
Ouest	Caen à Laval.	144	16.959	2.422.218	1.869.603	76,5	
Est	Aillevillers à Lure.	31	17.156	531.823	351.911	64,0	
Lyon	Avignon à Miramas.	69	17.300	1.196.500	952.700	82,0	
—	Saint-Etienne au Puy et à Saint-Georges.	138	17.500	2.416.200	2.227.500	92,0	
		15	502	17.110	8.589.500	6.867.614	79,9
Est	Longueville à Provins.	7	17.600	123.270	219.399	178,0	
Midi	Mont-de-Marsan à Tarbes.	99	17.811	1.763.244	1.079.079	61,2	
Lyon	Lunel au Vigan.	73	17.900	1.309.900	1.073.300	82,0	
—	Pertuis à Aix.	32	18.000	577.400	503.300	87,0	
Midi	Dax à Ramons.	31	18.671	578.795	375.676	64,9	
—	Boussens à Saint-Girons.	33	18.783	619.829	402.309	64,9	
Est	Bar-sur-Seine à Châtillon.	32	19.198	614.350	382.459	62,2	
—	Chaumont à Pagny-sur-Meuse.	95	19.271	1.830.714	1.342.115	73,3	
—	Nancy à Château-Salins et à Vic.	24	19.511	468.263	690.125	147,4	
Midi	Carmaux à Albi.	15	19.649	294.742	295.049	100,4	
Lyon	Saint-Germain-des-Fossés à Vichy.	9	19.800	178.400	223.900	126,0	
—	Aubagne à Valdonne.	17	19.800	336.700	185.100	55,0	
		16	467	18.620	8.695.607	6.771.811	77,8
Ouest	Rennes à Brest.	249	20.092	5.002.927	3.270.864	65,4	
—	Argentan à Granville.	129	20.173	2.602.270	2.855.028	109,7	
Est	Epinal à Remiremont.	24	20.182	484.360	408.200	84,6	
Ouest	Paris à Dieppe.	139	20.644	2.869.563	2.288.621	79,7	
Lyon	Bourg à Besançon.	140	20.700	2.895.500	2.006.000	69,0	
Midi	Castelnaudary à Castres.	55	20.703	1.138.697	757.837	65,5	
Lyon	Brioude à la Levade.	169	21.000	3.555.200	2.270.100	64,0	
Midi	Saint-Simon à Foix.	71	21.418	1.520.688	706.838	46,5	
Est	Gretz à Coulommiers.	33	21.801	719.431	504.151	70,1	
		17	1009	20.603	20.788.636	15.067.659	72,4
Est	Lunéville à Saint-Dié.	50	21.901	1.095.064	662.098	60,5	
Midi	Castres à Albi.	49	22.537	1.104.328	734.983	66,5	
Ouest	Rennes à Saint-Malo.	81	22.879	1.853.254	1.384.965	74,7	
		18	180	22.515	4.052.646	2.782.046	68,6
Lyon	Vézénobres à Quissac.	27	23.500	637.700	481.000	76,0	
P.-O.	Limoges à Brives.	101	23.566	2.380.197	1.682.863	70,7	
Lyon	Le Clapier à la Beraudière.	3	23.600	70.900	97.000	137,0	
—	Moulins à Montchanin.	117	23.800	2.781.700	1.708.900	61,6	
Midi	Roanne à Lyon.	76	24.000	1.832.200	1.282.000	70,0	
Est	Montauban à Capd, Rodez, Decaz.	201	24.221	4.868.448	2.950.296	60,6	
Ouest	Mouchard aux Verrières.	73	24.300	1.775.100	943.500	53,0	
P.-O.	Nancy à Gray.	176	24.527	4.316.672	2.979.386	69,0	
		19	774	24.112	18.662.937	12.124.945	64,9

1	2	3	4	5	6	7	8
Est	Longwy à Villerupt.	17	25.106	426.804	365.556	85,6	
Lyon	Valence à Moirans.	78	25.200	1.964.100	1.111.500	57,0	
P.-O.	Bourges à Montluçon.	100	25.231	2.523.119	1.232.465	52,8	
—	Montluçon à Saint-Sulpice et Aubusson.	146	25.580	3.743.636	2.315.639	62,0	
Midi	Graissessac à Béziers.	52	25.604	1.336.109	1.095.665	82,0	
Est	Troyes à Bar-sur-Seine.	29	25.676	744.614	597.418	80,2	
Ouest	Lizieux à Honfleur et Trouville.	54	25.730	1.390.324	1.525.014	109,7	
P.-O.	Poitiers à La Rochelle et Rochefort.	158	25.921	4.095.586	2.521.304	61,6	
		20	634	25.590	16.224.492	10.864.561	66,9
Est	Nancy à Vézelize.	34	26.455	8.899.484	871.130	96,8	
Lyon	Grenoble à Montmélian.	50	27.000	1.348.200	694.000	51,0	
Midi	Port-Vendres à Port-Bon.	14	27.084	379.171	618.944	163,2	
Lyon	Livron à Privas.	32	27.100	866.400	551.300	64,0	
Midi	Morcens à Mont-de-Marsan.	39	27.480	1.071.707	513.651	47,8	
P.-O.	Moulins à Montluçon, Bezen, Gannat, Saint-Eloi.	150	27.856	178.441	2.438.909	58,4	
		21	319	27.408	8.743.403	5.687.934	65,0
Lyon	La Roche à Auxerre.	19	28.200	534.900	362.800	68,0	
Est	Reims à Metz.	172	28.752	4.614.350	2.878.447	58,6	
Lyon	Marseille à Aix.	35	28.800	1.006.600	1.013.300	101,0	
Midi	Toulouse à Bayonne.	321	28.812	9.248.842	6.003.103	64,9	
Ouest	Caen à Cherbourg.	131	28.981	3.796.457	2.089.667	55,0	
Lyon	Chagny à Nevers.	163	29.000	4.726.200	2.702.500	57,0	
P.-O.	Tours au Mans.	94	29.235	2.748.123	1.502.203	54,7	
		22	935	28.530	26.675.474	16.552.020	62,0
Nord	Creil à Beauvais.	37	30.216	1.118.000	890.000	79,6	
Midi	Paulhan à Montpellier.	42	30.262	1.271.022	921.570	72,5	
P.-O.	Coutras à Périgueux.	75	30.351	2.276.332	1.175.323	51,6	
—	Limoges à Nexon, à Agen, à Vill ^{rs} -s.-Lot.	239	30.437	7.274.437	3.928.240	54,0	
Lyon	Lyon à Grenoble et St-Rambert à Brives.	179	30.800	5.506.900	3.882.600	70,0	
—	Chalon à Dôle.	76	31.100	2.368.200	1.066.000	45,0	
		23	648	30.578	19.814.891	11.863.733	59,8
P.-O.	Paris à Orsay et Limours.	43	32.748	1.408.181	1.118.365	79,4	
Lyon	Arles à Lunel.	45	32.900	1.481.400	792.600	54,0	
Nord	Amiens à Tergnier.	71	32.972	2.341.000	1.509.000	64,5	
Lyon	Dijon à Belfort, Gray à Saluis.	259	33.300	8.633.000	4.996.500	58,0	
Est	Longuyon à Pagny-sur-Moselle.	70	33.554	2.348.777	1.201.558	51,2	
Ouest	Le Mans à Angers.	95	34.055	3.235.256	2.491.382	77,0	
Nord	Soissons à la frontière belge, par Hirson et Anor.	105	34.686	3.642.000	2.167.000	59,5	
Est	Mezères à Hirson.	55	34.933	1.921.308	1.341.231	69,8	
P.-O.	Belfort à Morvillars.	12	35.384	424.603	534.132	125,8	
—	Niversac-Capdenac-Tulle.	182	36.826	6.702.325	3.825.171	57,1	
		24	937	34.298	32.137.850	19.977.139	62,1

RESEAUX	DÉSIGNATION DES LIGNES	NUMÉROS D'ORDRE	REVENUS		RECETTES	DÉPENSES	COEFFICIENTS
			LONGUEUR moyenne exploitée	RECETTES par kilomètre			
1	2	3	4	5	6	7	8
Est	Blesmes-Chaumont et Chalind. à Gray..	131	38.055	4.985.165	2.497.566	30	67
Midi	Perpignan à Port-Vendres.	30	38.086	1.142.576	765.118	67	67
Lyon	Villeneuve-Saint-Georges à Montargis. .	110	38.200	4.198.100	2.594.300	62	62
Nord	Amiens à Rouen.	87	38.287	3.331.000	1.713.000	51	51
Ouest	Le Mans à Mézidon et Falaise.	145	38.442	5.574.048	5.013.243	57	57
—	Saint-Cyr à Sardou.	160	38.481	6.156.886	3.540.976	57	57
P.-O.	Toulouse à Lexos et Albi.	106	38.683	4.100.395	2.344.654	57	57
Lyon	Mâcon à Lyon et Genève (partie suisse).	15	39.100	587.100	749.900	108	108
Est	Chalindrey à Is-sur-Tille.	44	40.400	1.777.611	888.278	49	49
		25	828	38.469	31 852.881	20.107.035	63
Ouest	Rouen à Serquigny.	57	43.030	2.432.727	1.737.288	70	70
Nord	Boulogne à Calais.	40	43.575	1.745.000	1.015.000	52	52
Midi	La Mothe à Arcachon.	16	44.077	705.228	398.004	47	47
Lyon	Saint-Germain-des-Fossés à Brioude. . .	134	44.700	5.993.600	3.482.700	58	58
Nord	Valenciennes à Aulnoye.	35	44.743	1.566.000	927.000	41	41
Lyon	Marseille au Prado.	3	47.500	142.400	334.800	256	256
—	Robiac au Pouzin.	95	47.300	4.501.600	1.970.300	41	41
P.-O.	Tours à Nantes et Saint-Nazaire.	260	48.781	12.683.061	5.949.080	46	46
Nord	Longueau à Estrée-Saint-Denis.	57	48.848	1.612.000	874.000	51	51
Est	Ardennes à Thionville.	401	49.162	19.713.853	10.809.740	51	51
		26	1098	46.551	51.113.469	27.437.912	53
Lyon	Toulon à la frontière d'Italie.	185	51.700	9.565.000	5.350.000	50	50
Midi	Bordeaux à Bayonne.	198	51.910	10.278.258	4.926.193	43	43
		27	383	51.810	19 843.258	10.276.193	50
Nord	Tergnier à Laon.	30	55.267	1.658.000	1.026.000	61	61
Lyon	Moret à Roanne.	355	56.100	19.910.800	9.202.100	49	49
—	Bessèges à Alais.	33	56.600	1.867.300	904.100	48	48
—	Nîmes au Teill.	149	58.000	6.901.600	2.386.400	33	33
—	Mâcon et Lyon à Genève (partie française)	220	58.800	12.933.400	7.654.400	33	33
		28	757	57.161	43.271.100	21.173.000	43
Midi	Narbonne à Perpignan.	64	60.066	3.844.209	1.504.634	33	33
P.-O.	Orléans à Vierzon, Samedze et Limoges.	369	60.080	22.169.436	8.478.139	38	38
Ouest	Malanvay à Dieppe.	50	60.410	3.020.479	1.424.851	47	47
—	Nantes à Caen.	182	61.072	11.145.121	5.139.938	46	46
Est	Noisy-le-Sec à la frontière.	446	61.610	27.478.215	16.548.058	41	41
—	Châlons à Mourmelon.	25	62.599	1.564.970	1.569.233	100	100
		29	1136	60.908	69.192.430	34.674.853	50
Lyon	Givros à La Voulte.	106	69.100	7.322.200	2.056.000	38	38
Est	Epernay à Reims.	30	69.414	2.082.425	1.297.170	42	42
Ouest	Paris à Rennes.	374	70.614	26.409.674	11.126.079	42	42
	A reporter.	510	69.709	35.814.299	14.479.249	44	44

RESEAUX	DÉSIGNATION DES LIGNES	NUMÉROS D'ORDRE	REVENUS		RECETTES	DÉPENSES	COEFFICIENTS
			LONGUEUR moyenne exploitée	RECETTES par kilomètre			
1	2	3	4	5	6	7	8
	Report.	510	69.709	35.814.299	14.479.249	41,1	
Nord	Busigny à Samain.	49	71.633	3.510.000	1.916.000	54,6	
—	Paris-Soissons et Villers-Cotterets à Port-aux-Perches.	110	72.027	7.923.000	3.823.000	48,2	
Est	Prouard à la frontière.	32	73.881	2.364.193	1.649.218	69,8	
Nord	Amiens à Boulogne et Saint-Valéry. . .	129	74.163	9.567.000	4.795.000	50,1	
—	Aulnoye à Anor.	31	75.387	2.336.000	1.035.000	44,2	
—	Lille à Calais, Hazebrouck à Dunkerque.	146	79.075	11.545.000	5.798.000	50,2	
Lyon	Marseille à Toulon.	66	79.900	5.270.000	3.708.700	70,0	
		30	1073	73.001	78.330.495	37 204.167	47,4
Lyon	Nîmes à la Levade.	64	81.400	5.210.500	2.202.900	42,0	
Ouest	Paris à Versailles.	18	86.311	1.553.607	1.236.507	79,5	
Nord	Lignes des houillères du Pas-de-Calais.	86	89.930	7.734.000	3.790.000	49,0	
Midi	Bordeaux à Toulouse.	258	92.201	23.787.766	9.310.597	39,1	
Est	Paris à Avricourt.	410	100.995	41.371.041	21.272.457	51,4	
—	Paris à Vincennes et à Brie-Comte-Robert.	37	102.197	3.781.797	2.610.623	69,0	
		31	873	95.576	83.438.711	40.423.084	48,4
Lyon	Roanne à Lyon, par Saint-Etienne. . . .	32	146	113.200	16.534.500	7.452.100	45,0
Nord	Paris à Mouscron, etc.	556	121.021	67.288.000	34.326.000	50,8	
Midi	Toulouse à Cette.	223	123.416	27.521.668	10.772.057	39,1	
Lyon	Tarascon à Cette.	107	123.900	13.260.400	7.303.800	55,0	
P.-O.	Paris à Bordeaux.	587	124.164	72.882.510	25.692.979	35,2	
		33	1473	122.846	180.952.578	78.094.836	43,3
Nord	Creil à Erquelles et à Feignies.	34	199	143.226	28.502.000	11.757.000	41,2
Ouest	(Colombe à Rouen et embranchements) sur Louviers.	35	228	155.304	35.409.463	14.376.693	40,6
—	Rouen au Havre.						
Lyon	Lyon à Marseille.	362	172.900	62.431.800	20.158.000	32,1	
—	Paris à Lyon.	512	177.000	90.632.000	37.602.600	41,0	
Ouest	Banlieue (sauf Paris à Versailles). . . .	52	201.776	10.492.368	5.865.995	55,9	
		36	926	176.626	163.556.168	63.624.595	38,9

TABLE DES MATIÈRES.

EXPOSÉ.	Pages
Voies de communication. Prix des transports.	267
CHAPITRE I.	
REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DES COEFFICIENTS D'EXPLOITATION ET DES PRIX DE REVIENT DE L'UNITÉ DE TRAFIC.	
Exploitation : recettes et dépenses.	268
Courbe des coefficients d'exploitation.	269
Courbe des prix de revient de l'unité de trafic.	272
Ligne de comparaison des prix de revient.	277
Prix de revient du millier d'unités de trafic en fonction de la fréquence $P_x = \frac{6.125}{F} + 21,50$	277
CHAPITRE II.	
MODE DE RÉPARTITION DU TRAFIC D'APRÈS LES DOCUMENTS STATISTIQUES.	
Conséquences déduites de la formule du prix de revient.	280
Invariabilité des prix de revient pour une même fréquentation générale.	281
Équilibre des prix de revient entre diverses directions.	283
Établissement d'une répartition stable du trafic.	283
Prix des transports en service.	286
Trafic et prix de revient comparés des exercices 1883 et 1884.	287
Trafic et prix de revient comparés de deux réseaux.	290
CHAPITRE III.	
ABAISSEMENT DES PRIX DE REVIENT DES TRANSPORTS PAR VOIES FERRÉES.	
Exposé.	292
Prix de revient du réseau de l'État.	293
Économie de 15 à 15,5 p. 100 par rapport à la courbe de comparaison.	294
Manque d'uniformité dans la comptabilité statistique des chemins de fer.	295
Part proportionnelle des dépenses de la traction : Réseau Etat.	296
— — Grands réseaux.	297
Prix de revient de la traction : Réseau de l'État.	298
— — Grands réseaux.	299
Comparaison de ces prix de revient.	299
Analyse des prix de revient de la traction : Réseau de l'État.	300
Influence d'une meilleure utilisation des places offertes.	300
Prix de revient de la traction rapportés à la charge brute.	301
Décomposition de l'économie de 30 p. 100 sur les prix de revient de l'unité de trafic.	302
Examen spécial sur l'économie de l'article <i>graissage</i>	304
Tiroirs cylindriques et surfaces de moindre résistance.	306
Conclusion.	307
Tableau A.	311

LE

PRIX DE REVIENT SUR LES CHEMINS DE FER

ET

LA RÉPARTITION DU TRAFIC

Par M. NOBLEMAIRE, ingénieur en chef des mines,
directeur de la Compagnie des chemins de fer de P.-L.-M.

M. l'inspecteur général Ricour a publié dans les *Annales des ponts et chaussées* (cahier d'août 1887) une note fort intéressante sur le prix de revient des transports sur les chemins de fer français (1).

A sa conclusion finale, qu'il faut essayer de réduire ce prix de revient en présence de la situation menaçante que finirait par créer à l'État et aux compagnies l'exécution trop rapide d'un grand nombre de lignes inutiles ou tout au moins improductives, nous nous associons sans réserve ; mais nous ne pouvons partager complètement ses appréciations sur le fond même de la question.

Les conséquences, logiquement déduites de la formule qu'il s'est donnée, sont exactes, si cette formule est elle-même exacte ; elles ne le sont plus si la formule est contestable ou incomplète.

Nous nous proposons de la compléter par l'adjonction d'un élément important négligé dans la note qui nous occupe. Cela nous paraît d'autant plus nécessaire que la

(1) *Supra*, p. 267.

très légitime notoriété de son auteur dans le monde des chemins de fer donne à ses appréciations une importance toute spéciale.

De l'examen comparatif des résultats statistiques publiés, pour les exercices 1883 et 1884, par le Ministre des travaux publics pour deux cent dix lignes du réseau français (27.000 kilomètres), M. Ricour a déduit une formule donnant la relation entre la dépense D et la recette R d'exploitation, d'une ligne de longueur donnée L

$$(1) \quad D = 6.125^f \times L + \frac{39}{100} R.$$

Il y a longtemps qu'un travail sommaire du même genre nous a conduit à nous servir de la formule très voisine et plus simple

$$(2) \quad D = 6.000^f \times L + \frac{40}{100} R.$$

Mais une formule de ce genre, très suffisante pour un premier aperçu, ne l'est plus dès que l'on veut s'en servir pour entrer dans les détails, pour comparer deux réseaux entre eux, ou, dans un même réseau, deux lignes entre elles.

M. Ricour fait observer, d'ailleurs, avec infiniment de raison, que, pour apprécier les résultats généraux d'une exploitation, c'est s'exposer à de graves erreurs que de ne considérer que le *coefficient* d'exploitation $\frac{D}{R}$; ce coefficient n'a, en effet, aucune valeur absolue.

Le seul élément qui permette d'apprécier exactement l'exploitation d'une ligne déterminée, c'est le prix de revient de la tonne kilométrique de marchandises, ou, plus généralement, de l'*unité kilométrique*, en assimilant 1 tonne à 1 voyageur, ce qui est admis assez couramment, parce que c'est commode et, en somme, pas très éloigné de la vérité sur la plupart des lignes.

Ce prix de revient peut se déduire de la formule précédente, en mettant en évidence un facteur fort important, la *fréquentation*.

Soit, en effet, T le tonnage kilométrique total, c'est-à-dire le produit du nombre total d'unités (tonnes, voyageurs, etc.) par leur parcours respectif,

L la longueur de la ligne considérée,

$\frac{T}{L}$ le tonnage annuel rapporté à la longueur de la ligne; c'est ce qu'on appelle la *fréquentation* F de la ligne,

p le prix de revient d'une unité kilométrique.

On a évidemment, pour la dépense totale d'exploitation: $D = Tp$.

D'autre part, l'expérience de l'époque actuelle (1883-1884) montre que le produit d'une unité kilométrique sur l'ensemble des six grands réseaux est d'environ 0',055 (il varie de 0',0517 Nord à 0',0647 Midi).

On a donc, pour la recette totale de l'exploitation, $R = 0',055T$.

En substituant ces valeurs dans l'équation première,

$$D = 6135^f L + 0,39 R,$$

on a

$$Tp = 6125^f L + 0,39 \times 0',055 T,$$

$$p = 6135^f \frac{L}{T} + 0',0245,$$

ou en exprimant tout en centimes, unité usuelle des tarifs et des prix de revient,

$$(3) \quad p = 2^r,15 + \frac{613,500}{F},$$

ou plus simplement, d'après la formule (2),

$$(4) \quad p = 2^r,2 + \frac{600,000}{F}.$$

Cette formule montre bien l'influence de la *fréquentation*

tation d'une ligne, puisque

Suivant que la fréquentation sera F.	50.000	100.000	200.000	500.000	1.000.000	2.000.000
Ce qui, avec les tarifs actuels (3 ^e ,5 environ), correspond à une recette kilométrique annuelle de	2.750 ^f	5.500 ^f	11.000	27.500	55.000	110.000 ^f
Le prix de revient (4) deviendra p =	14 ^e ,2	8 ^e ,2	5 ^e ,2	3 ^e ,4	2 ^e ,8	2 ^e ,5

Mais elle ne tient pas compte, et c'est l'omission que nous tenons à relever, d'un autre élément qui joue, lui aussi, un rôle fort important dans le prix de revient et tout à fait prépondérant quand on veut comparer une ligne à une autre, nous voulons parler des *déclivités*.

La conséquence de cette omission dans la note que nous examinons ne se fait pas attendre :

« De quelque façon (*supra*, p. 281) que le trafic se partage entre les divers groupes de lignes d'un réseau, pourvu que la fréquentation générale soit la même, le prix de revient de l'unité reste invariable. »

Et plus loin (p. 284) :

« Si deux gares extrêmes sont reliées par deux lignes de même longueur, l'une à profil facile, l'autre à profil accidenté, il est indifférent, dans l'état actuel de répartition du trafic, de faire suivre l'une ou l'autre direction, pourvu que la fréquentation de chaque ligne ne subisse que de légères variations. »

Ces conclusions « qui peuvent paraître singulières et inattendues » sont la conséquence forcée de l'application à des lignes les unes faciles, les autres accidentées, d'une formule qui *ne tient pas compte des déclivités*.

Il nous semble donc bien évident que :

1° Les formules (1) ou (2) ne sont pas la « représentation fidèle, à l'abri de toute hypothèse, des faits » (p. 272);

2° Si la formule (2) peut « fournir un terme de comparaison nettement défini » (p. 277) pour une ligne déterminée, voire même pour un même réseau, dont le profil moyen ne change pas beaucoup d'une année à une année voisine,

elle ne peut aucunement le fournir pour deux lignes ou pour deux réseaux différents, pour comparer, par exemple, le réseau du Nord, qui n'a que des lignes de plaines, au réseau P.-L.-M., qui traverse le Jura, les Cévennes, les Alpes.

Il est donc indispensable de faire entrer les *déclivités* dans la formule du prix de revient si l'on veut en faire usage pour comparer avec quelque exactitude les réseaux entre eux.

Cela nous est particulièrement facile, car, à la suite d'études longues et minutieuses, dont le mécanisme et le résultat font l'objet d'une note déjà classique de M. Amiot, insérée dans les *Annales des mines* (5^e livraison de 1879), nous avons déterminé, d'après les résultats comptables de l'exploitation de chacune des cinquante-cinq lignes qui composaient alors le réseau P.-L.-M., le prix de revient de la tonne kilométrique en fonction de la fréquentation et du profil.

Cette formule, déduite des résultats effectifs d'un réseau, est-elle applicable à tous? Nous le croyons. Dans un même réseau, est-elle applicable aveuglément à toutes les lignes qui le composent? Nous n'oserions être aussi affirmatifs, en raison et de certaines circonstances locales et de l'incertitude assez grande, somme toute, qui règne, dans la répartition par lignes, de la dépense totale d'exploitation d'un réseau, au point de vue, en particulier, de la répartition des frais des gares communes; mais elle donne, dans la pratique, une idée suffisamment exacte de la réalité, et nous croyons difficile de la remplacer par une formule plus simple ni plus approchée; c'est la suivante :

$$p = \left(1^e,46 + \frac{303,680}{F} \right) (1 + 0,05 i),$$

ou, plus simplement, pour l'application :

$$(5) \quad p = \left(1^e,5 + \frac{300\ 000}{F} \right) (1 + 0,05 i).$$

des dépenses de l'ensemble des réseaux français, ce qui représenterait pour l'exercice 1884, par rapport à 1883, une économie réelle de 7 p. 100. Telle n'est pas la conclusion qui découle du tableau ci-dessus, et la différence provient d'une erreur commise dans la longueur exploitée portée à 6,084, tandis qu'elle était réellement de 6.471 kilomètres; cette erreur a rejailli naturellement sur la fréquentation F. Le tableau ci-dessus montre, en tout cas, que la compagnie P.-L.-M. ne s'est pas arrêtée dans cette voie de réduction de ses dépenses, et que son prix de revient de l'exercice 1886 est inférieur de 5,3 p. 100 à celui de l'exercice 1883.

Nous voudrions borner là nos observations; mais nous retrouvons dans la note que nous examinons, sur le prix de revient, en général, sur le prix de traction, en particulier, du réseau de l'État, comparé avec celui des six grands réseaux, des appréciations déjà formulées par M. l'inspecteur général Ricour dans le remarquable mémoire qu'il a publié dans les *Annales des ponts et chaussées* (septembre 1885) et dans les *Annales des mines* (janvier-février 1886); c'est ici le lieu de les discuter.

D'après le mémoire de 1887, le prix de revient général de l'État, en 1884-1885, serait inférieur de 15 p. 100 à celui des six grands réseaux (*supra*, p. 294);

Le prix de revient de la traction spécialement y serait inférieur de 30 p. 100 à celui des mêmes réseaux (p. 300).

La question, ajoute-t-il, est loin d'être épuisée; elle vaut la peine, en effet, qu'on s'y arrête quelques instants.

La comparaison des prix de revient de l'unité de trafic sur les divers réseaux, nous ne la tenterons pas; nous avons montré que la formule qui avait servi à les déterminer était incomplète, erronée, par conséquent, puisqu'elle ne tient pas compte de l'élément important des

déclivités; et nous n'avons pas, pour le moment, les éléments pour appliquer aux divers réseaux la formule (5) qui, seule, peut servir de base à une pareille comparaison.

Mais, en ce qui concerne la *traction* pour laquelle, au moyen de calculs assez laborieux, le mémoire revendique pour l'État (p. 298-300) un avantage de 30 p. 100, nous n'éprouvons plus le même embarras.

Nous reconnaissons, avec le mémoire de 1887, que la proportion des dépenses de la traction, par rapport à celle des autres services, a représenté :

Sur les six grands réseaux. . .	52 p. 100 (en 1882-1883);	50,5 p. 100 (en 1884-1885).
Sur l'État.	46 —	39 —

D'un *rapport* de ce genre, il n'y a manifestement aucune conséquence à tirer au point de vue de la comparaison entre un réseau et un autre, ne serait-ce qu'en raison des modes différents de répartition de la dépense totale entre les différents services; il en est tout autrement quand il s'agit d'un réseau déterminé, et nous rendons pleine et entière justice aux résultats fort remarquables obtenus par M. Ricour au réseau d'État et que le simple rapprochement des chiffres ci-dessus 46 et 39 met nettement en évidence. Chacun apprécie à leur valeur les perfectionnements divers apportés par M. Ricour, en 1884-1885, au matériel roulant de l'État, et les économies qu'ils ont permis de réaliser sur les exercices antérieurs (*). Il n'y a qu'à désirer qu'ils se maintiennent en d'autres mains et avec des machines moins neuves, pour les exercices qui suivront 1886.

Cela dit, et ce n'était que justice, nous pouvons exa-

(*) Indiquons cependant, à propos de l'économie de graissage, évaluée à 62 p. 100 (p. 305), le rôle important joué par la diminution, très notable depuis quelques années, du *prix* des huiles de graissage.

miner plus librement les comparaisons faites par le mémoire de 1885, entre les frais de traction du réseau de l'État et ceux du réseau P.-L.-M., que M. Ricour veut bien reconnaître comme les plus bas parmi ceux des six grandes compagnies.

Il est évident, et sur ce point nous sommes bien d'accord avec lui, que l'unité de comparaison ne peut être le prix de revient du kilomètre de train, que l'on a trop souvent le tort de considérer seul, ce qui a l'inconvénient radical de ne tenir aucun compte de la charge du train moyen; il n'y a évidemment qu'une unité de comparaison possible: le prix de la tonne brute transportée à 1 kilomètre.

C'est bien, en effet, la tonne brute kilométrique que le mémoire de 1887 prend comme point de comparaison; mais, par une exception que nous ne comprenons pas, aux errements suivis dans tout le mémoire, qui parle d'unités kilométriques (1 voyageur assimilé à 1 tonne), les calculs de la page 301 ne portent que sur l'unité *voyageurs*, assez difficile à isoler (pour tenir compte des trains mixtes); et c'est de la charge brute remorquée par les *trains de voyageurs* que l'on y déduit une économie de 18 p. 100 en faveur du réseau d'État; les autres 12 p. 100 qui complètent l'avantage total de 30 p. 100 étant attribués par différence (p. 303) à la meilleure utilisation des places offertes.

Il nous paraît plus sûr, dans des calculs comparatifs de ce genre, qui présentent, nous allons le voir, tant de causes d'incertitude, de ne pas essayer de faire de départ entre les trains de *voyageurs* et les trains de *marchandises*, et de rapporter l'ensemble de la dépense à l'ensemble du tonnage kilométrique brut effectif pour en déduire le prix de traction de la tonne kilométrique.

Plaçons-nous donc sur ce terrain pour examiner les appréciations du mémoire de 1885.

Pour tenir compte de ce que, sur le réseau P.-L.-M., le charbon coûte plus cher et contient plus de cendres que sur le réseau de l'État, le mémoire calcule quelle serait l'atténuation de dépense au P.-L.-M. si l'on y brûlait le même charbon qu'à l'État et acheté au même prix; il constate que nos prix, ainsi atténués, sont les plus faibles de tous les grands réseaux français; mais il ajoute qu'ils sont encore plus élevés que ceux de l'État, qui sont de 4^f,699 par 1.000 tonnes kilométriques.

Il importe tout d'abord de remarquer que les chiffres de l'État se rapportent à 1884, tandis que ceux de P.-L.-M. sont relatifs à 1883. La comparaison des chiffres de 1884 pour les deux réseaux s'établit comme suit :

	ÉTAT	P.-L.-M.
Dépenses totales.	5.633.174 ^f	56.021.012 ^f
Tonnage kilométrique brut.	1.198.999.826	12.383.813.208
Prix de revient de 1.000 tonnes kilométriques. .	4 ^f ,699	4 ^f ,524

Mais, pour rendre ces chiffres comparables, il ne suffit pas de rectifier ceux du P.-L.-M. en raison de la seule différence de prix et de qualité des charbons employés; il faut que les dépenses de traction de l'un des deux réseaux comprennent les mêmes éléments que celles de l'autre réseau et n'en comprennent pas d'autres, et, en outre, que les tonnages soient évalués de la même manière de part et d'autre. Il s'en faut qu'il en soit ainsi. Sans entrer dans des détails où l'on se perdrait fatalement, nous indiquerons ici les principales rectifications :

1° *Charbon*. — Les charbons brûlés au P.-L.-M., en 1884, contenaient 10 p. 100 de cendres en moyenne et coûtaient 22^f,65 la tonne rendue sur le tender; à l'État, ils tenaient 6 p. 100 de cendres et coûtaient 22^f,65.

Si les charbons français du P.-L.-M., qui se trouvent revenir précisément au même prix (transport sur le réseau

non compris), avaient eu la même teneur en cendres que les charbons anglais de l'État, la dépense de traction aurait été diminuée de 520.336 francs.

2° *Transports.* — Toutes les matières consommées au P.-L.-M. sont grevées de leurs frais de transport sur le réseau; il n'en est pas de même à l'État; cette différence de procédé représente :

Pour les charbons. 2.417.851 fr.
Pour les matières, outils, métaux, bois, huiles, etc. 4.285.668

3° *Liquidation de matériel.* — Au P.-L.-M., les comptes d'entretien sont grevés, en outre des dépenses d'entretien proprement dites, de toutes les dépenses de liquidation de matériel démolé ou vendu, des dépenses de transformation de matériel qui n'ajoutent rien à sa valeur marchande; elles se sont élevées, en 1884, à 1.567.788 francs.

Sur l'État, il n'y a pas de dépenses de ce genre, pas encore du moins, ce qui tient sans doute à ce que le matériel, étant relativement neuf, n'est pas encore entré dans la période normale de remplacement et de transformation.

4° *Tonnage.* — Le tonnage kilométrique brut est calculé, sur le réseau de l'État, d'après le poids mort exact des véhicules; sur le P.-L.-M., d'après des poids conventionnels fixés par un ordre de service fort ancien et très notablement inférieurs au poids mort réel. — Pour 1884, le tonnage kilométrique exact est supérieur au tonnage kilométrique accusé, de 1.300.461.655 tonnes kilométriques.

En tenant compte de ces quatre natures de rectifications, le tableau suivant donne la comparaison finale, pour 1884, du prix de revient d'une tonne kilométrique sur les deux réseaux :

	ÉTAT	P.-L.-M.
Dépenses brutes accusées.	5.635.174 ^f	56.021.012 ^f
Différence de prix des charbons. Transports. Liquidation (1°, 2°, 3°).	»	5.491.643
Dépenses à comparer D.	5.635.174 ^f	50.529.369 ^f
Tonnage kilométrique brut accusé	1.198.999.826	12.383.813.208
A ajouter (4°).	»	1.300.461.655
Tonnage kilométrique à comparer T.	1.198.999.826	13.684.274.863
Prix de revient comparables pour une tonne.	0 ^e ,47	0 ^e ,37

Nous ne poursuivrons pas pour d'autres exercices cette comparaison entre les deux réseaux. Nous nous contenterons, en terminant, de montrer par le tableau suivant dans quelle mesure ont diminué, depuis 1883, les dépenses de traction du réseau P.-L.-M., à quelque point de vue qu'on les considère :

	1883	1884	1885	1886	9 MOIS DE 1887
Prix du kilomètre de train moyen	1 ^e ,114	1 ^e ,028	0 ^e ,978	0 ^e ,936	0 ^e ,899
— de véhicule moyen	4 ^e ,69	4 ^e ,31	4 ^e ,17	4 ^e ,03	»
Prix de la TONNE kilométrique brute.	0,484	0 ^e ,452	0,437	0,424	0 ^e ,405
— — utile	1,179	1 ^e ,157	1 ^e ,122	1,077	»

CONCLUSION.

Si l'on veut se faire une idée approchée de ce que peut être la dépense d'exploitation d'une ligne analogue à celles qui composent le réseau français actuel et exploitée dans les mêmes conditions, dont le profil est indéterminé encore et dont le produit est connu ou supposé, l'on peut se servir de la formule :

$$(2) \quad D = 6000^f L + 0,40 R \text{ (dépense et recette totales),}$$

ou

$$d = 6000^f + 0,40 r \text{ (dépense et recette kilométriques).}$$

Si, dans les mêmes conditions, l'on veut se faire une idée de ce que peut être le prix de revient de la tonne à 1 kilomètre, ou, plus généralement, d'une unité kilométrique (en assimilant 1 voyageur à 1 tonne, etc., comme on le fait ordinairement sans grande erreur), on peut se servir de l'expression :

$$(4) \quad p = 2^{\text{c}}, 2 + \frac{600\,000}{F},$$

qui dérive de la précédente, en fonction de la fréquentation de la ligne, c'est-à-dire de son trafic connu ou supposé.

Mais si l'on veut :

Savoir ce que doit être ce prix de revient sur une ligne ou un réseau de profil connu ;

Apprécier les résultats d'une ligne ou d'un réseau donné ;

Comparer entre eux les résultats de deux lignes ou de deux réseaux de profil et de trafic connus ;

Il faut se servir de la formule :

$$(5) \quad p = \left(1^{\text{c}}, 5 + \frac{300\,000}{F} \right) (1 + 0,05 i).$$

Dans ces formules :

La longueur	L	est exprimée en kilomètres,
La recette et la dépense	R, r, D, d	— en francs,
Le prix de revient d'une unité kilométr. p		— en centimes,
La déclivité	i	— en millimètres par mètre,
L'importance du mouvement	T	— en tonnes ou unités kilométr.
La fréquentation	F = $\frac{T}{L}$	

Nous nous abstenons d'essayer de tirer actuellement une conclusion de ces formules ; il sera aisé de le faire à qui connaîtra exactement les éléments, la déclivité moyenne, en particulier, d'une ou plusieurs lignes ou réseaux déterminés.

Cette même formule (5) donne la solution rationnelle d'un problème qui se pose à chaque instant et qu'on résout ordinairement suivant les circonstances et les intérêts plus encore que suivant la raison : nous voulons parler de la direction à donner au transport des marchandises.

Les voyageurs déterminent leur itinéraire suivant leurs convenances.

Les expéditeurs de marchandises demandent l'application des taxes les plus réduites, quel que soit d'ailleurs l'itinéraire effectivement suivi.

Il serait rationnel que les taxes les plus réduites s'établissent toujours par l'itinéraire qui correspond, pour les compagnies, au minimum de dépenses. Ce ne sera pas, à coup sûr, la plus courte distance géographique ; ce sera la plus courte distance rationnelle, « *reasonable* » suivant l'expression, si juste dans son vague même, que l'on retrouve à chaque pas dans les cahiers des charges anglais.

Pour apprécier rationnellement les conditions qui influent sur le prix de revient, il ne faut pas seulement tenir compte des *déclivités*, il convient aussi d'avoir égard aux circonstances qui, au grand dommage de l'économie, interrompent la circulation directe des trains de marchandises, c'est-à-dire des *transmissions dans les gares de jonction* d'une ligne avec une autre.

Ces *transmissions* exigent des manœuvres, des remaniements de trains et sont l'équivalent d'un parcours supplémentaire dont il faut tenir compte. On a cru devoir en fixer le chiffre à 25 kilomètres dans les conventions intervenues en 1883, entre l'administration des chemins de fer de l'État et les Compagnies de l'Ouest et d'Orléans.

Quant aux *déclivités*, il faut en tenir compte par des distances d'application, en admettant, d'après le mémoire

précité de M. Amiot, que 1 kilomètre de ligne sera compté pour :

1.000 mètres si la déclivité est de 0 à 5 millimètres par mètre.				
1.200	—	—	5 à 10	—
1.400	—	—	10 à 15	—
1.600	—	—	15 à 20	—
1.800	—	—	20 à 25	—
2.000	—	—	25 à 30	—
2.200	—	—	> 30	—

Avec ces deux conditions, ce qu'on appelle le *principe de la plus courte distance* peut devenir une *loi générale*, dont l'application donnera une solution rationnelle des questions suivantes :

1° Détermination de l'itinéraire à faire suivre aux marchandises dans l'intérieur d'un réseau (*);

2° Répartition du trafic entre deux ou plusieurs compagnies et règlement des tarifs communs qui doivent l'assurer.

Novembre 1887.

(*) Intéressante pour les compagnies, cette question ne l'est pas moins pour l'État dans les deux cas suivants par exemple :

A. La Compagnie P.-L.-M. exploite la ligne du Rhône au Mont-Cenis pour le compte de l'État. Quel est le trafic de transit auquel peut rationnellement prétendre la section de Culoz à Montmélian ?

B. Pour les lignes mises à double voie sur son ordre, l'État, aux termes des conventions de 1878, supporte la charge du capital correspondant jusqu'à ce que la ligne produise 35.000 francs par kilomètre. Quel est le trafic auquel ces lignes peuvent prétendre ?

NOTE

SUR LE RAMMELSBERG (BAS-HARZ)

Par M. L. BABU, ingénieur des mines.

Introduction.

Le gîte du Rammelsberg, à deux kilomètres au sud de Goslar, est un des trois districts miniers de la région métallifère du Harz.

Il se sépare nettement des gîtes de Clausthal et de Saint-Andréasberg; ceux-ci représentent les types des filons d'incrustation avec tous leurs accidents; dans le premier, au contraire, on ne trouve pas les caractères des filons proprement dits.

A Saint-Andréasberg, les filons sont dans le silurien, à Clausthal, ils rejettent le culm, et cette observation a servi de point de départ à M. de Chancourtois dans sa classification des filons du Harz. Le Rammelsberg est dans les schistes dévoniens.

Géologie du Rammelsberg.

Depuis longtemps déjà la géologie de la région a été faite; mais c'est seulement dans ces dernières années que les travaux exécutés dans le gîte ont accusé son origine vraie.

Ainsi que le montre la *fig. 1*, Pl. X, le dévonian com-

prend là trois termes visibles dans l'ascension du Rammelsberg et qui sont, à partir du pied de la montagne :

Les schistes de Wissenbach ou de Goslar ;

Les schistes à calcéoles ;

Les grès à spirifères qui forment le sommet.

En descendant vers la vallée de l'Ocker, on retrouve ces termes en sens inverse, et plus loin les grauwackes du culm.

Il est bien certain que l'ordre de succession des couches par ancienneté est le suivant :

1° Les grès à spirifères (*Spirifer macropterus*, *Chonetes sarcinulata*, *Ctenocrinus* et *Cyathocrinus*) ;

2° Les schistes à calcéoles (*Calceola sandalina*, *Cupressocrinites Urogalli*, *Spirifer speciosus*, etc.) ;

3° Les schistes de Wissenbach (*Orthoceras multi-septatus*, *Bactrites carinatus*, *Goniatites Jugleri*, etc.).

A l'endroit où se trouve le gîte il y a donc eu renversement et inversion du toit au mur.

A l'est, les granites de la vallée de l'Ocker forment les escarpements du Siegenrücken ; et au nord, avec une orientation à peu près est-ouest, les couches postérieures au carbonifère se sont déposées dans un grand bassin. On trouve à Goslar et à Ocker, en allant du sud au nord, la série suivante :

Buntersandstein ;

Calcaire du muschelkalk ;

Keuper ;

Lias (Jura noir et Jura gris) ;

Oolithe (Jura blanc) ;

Néocomien ;

Gault ;

Cénomanien ;

Sénonien (inférieur et supérieur).

Les diabases font leur apparition en quelques points,

au milieu des schistes de Wissenbach, notamment à Steinberg et à Nordberg. D'après M. Köhler, elles s'étendraient en nappe dans les schistes de Wissenbach.

Description du gîte.

Le gîte affleure à peu près à mi-hauteur de la montagne du Rammelsberg, dont le sommet s'élève à 360 mètres au-dessus de Goslar (633 mètres au-dessus de la mer du Nord). Sa direction varie de 4 à 5 heures de la boussole du mineur allemand (N. 60° à 75° E.). Le pendage, quelquefois nul, se tient ordinairement entre 40° et 55° vers S.-E. et plonge vers l'intérieur de la montagne.

La forme du gîte est indiquée en plan et en coupe par les fig. 1, 2 et 3 ; et la partie qui s'est déjà terminée en profondeur a reçu le nom de *hangende Trumm*. Le puits Kanekuhl l'a recoupé à 120 mètres de profondeur. C'est à la réunion de cette sorte de panse avec le gîte principal qu'est due une grande augmentation de la puissance, qui atteint 30 mètres et plus. Ailleurs la puissance maxima est de 15 mètres. Grâce à ces épaisseurs énormes et à la longueur exploitée en direction (1.300 mètres), les travaux actuels ne sont pas au-dessous de 300 mètres, bien que le commencement des exploitations remonte à plus de mille ans.

Au toit et au mur les schistes de Goslar qui encaissent le gîte présentent des caractères différents ; le mur est stérile ; le toit est plus ou moins imprégné de matières pyriteuses qui le rendent exploitable sur des épaisseurs quelquefois très grandes.

Les différents sulfures qui constituent le remplissage forment une masse minérale compacte à structure grenue ou zonée, mais pas du tout géodique. La pyrite y domine, plus ou moins riche, selon les endroits, soit en pyrite de cuivre, soit en blende, soit en galène.

Le minerai de plomb extrait est surtout formé de galène, blende, pyrite et sulfate de baryte; et on y distingue les minerais bruns, *braunerze*, où domine la blende, les minerais gris, *grauerze*, où domine le sulfate de baryte.

Opinions diverses des géologues sur le Rammelsberg.

Les géologues ont attribué au gîte du Rammelsberg les noms les plus divers. En France, M. de Chancourtois, M. Fuchs y ont vu un filon d'injection dû à une éruption pyriteuse. En Allemagne, les avis ont été très partagés, et, depuis plus d'un siècle, on trouve le gîte désigné successivement comme filon, couche, amas, stockwerk, etc.

Ch. Traugott Delius l'appelle	Stockwerk	(1773)
Gatterer —	Erzlager	(1786)
Lasius —	Rhomboïdalisches Erzparallelepipedum	(1789)
Böhmer —	Erzflöz et Gang	(1793)
Reichetzer —	Stehender Stock	(1812)
Zimmermann —	Mächtiges Lager	(1834)
	ou Liegender Stock	
Hausmann —	Erzlager	(1842)

Plus récemment, et sans plus d'entente, un grand nombre de géologues (Cotta, Stelzner, Lossen, etc.) se sont occupés de la même question. Cependant la plupart d'entre eux, avec MM. Wimmer, von Groddeck et Köhler, considèrent maintenant le gîte comme une couche interstratifiée. Ils sont, en cela, de l'avis de M. Schuster, qui, en 1867, dans la *Berg-und Hüttenmännische Zeitung*, disait que : « à l'époque du dépôt des schistes de Goslar existait au Rammelsberg un bras de mer, grâce auquel a pu s'effectuer en repos le dépôt des substances minérales. »

Constitution intime du gîte.

En réalité, les diverses opinions qu'on peut émettre sur le Rammelsberg se réduisent à trois :

- 1° Ou bien le gîte est un véritable filon d'injection ;
- 2° Ou bien c'est un épanchement en nappe de matières pyriteuses ;
- 3° Ou bien le gîte est dû à un phénomène de précipitation chimique.

1° *Le gisement de pyrite est interstratifié.* — Il semble au premier abord, lorsqu'on parcourt les travaux, que l'hypothèse du filon d'injection soit la plus vraisemblable : les épontes sont nettes, bien qu'il n'y ait pas de salbandes, et les schistes paraissent recoupés par le gîte. Mais une observation plus attentive montre qu'il y a la plus parfaite concordance entre les stratifications du gîte et celle des schistes encaissants : tous les plis et selles des schistes se trouvent reproduits dans la pyrite, et les strates très visibles de cette dernière sont parallèles aux strates beaucoup moins visibles de l'encaissement.

Il y a lieu, en effet, de distinguer dans ces schistes :

Le plan de stratification ;

Le plan de fissilité, clivage ou schistosité.

M. le Bergrath Wimmer, directeur du Rammelsberg, m'a montré que la schistosité était loin de concorder avec la stratification, en plusieurs points de la route qui conduit à Goslar. J'ai fait la même observation dans les carrières à remblai voisines du puits Kanekuhl. Dans les travaux souterrains on n'observe guère que les clivages, et c'est de là qu'est née l'opinion que le gîte recoupe les schistes.

Cette distinction entre les clivages et les stratifications n'est pas particulière aux schistes de Goslar ; elle se retrouve dans tous les schistes qui ont été soumis à des efforts obliques au plan de stratification. On peut admettre que le plan des clivages est perpendiculaire à la direction de la résultante des efforts qui les ont produits.

Au Rammelsberg, les plans des clivages restent paral-

lèles à eux-mêmes dans toute l'étendue des schistes de Wissenbach et leur pendage est d'environ 75° vers le sud-est. Dans les stratifications, au contraire, on trouve les directions les plus variées, dues à des accidents tels que plis et selles; mais il y a toujours concordance avec les stratifications du gîte.

On avait déjà remarqué depuis longtemps le parallélisme du gîte principal avec les schistes à calcéoles et les grès à spirifères, mais cette observation semblait ne pas s'appliquer au hangende Trumm. Il est maintenant reconnu que cette panse correspond à un glissement parallèle dans les schistes de Wissenbach.

J'ai pris, dans les gradins et au front de taille des galeries, plusieurs croquis montrant la concordance absolue des stratifications du gîte et de celles des schistes. Je les ai trouvés reproduits dans la *Zeitschrift für Berg, Hütten und Salinenwesen* (XXX, 1882) par M. Köhler, qui s'attache à prouver cette concordance (*fig. 4*).

2° *Le gîte n'est pas dû à un épanchement en nappe de matières pyriteuses.* — Puisque le Rammelsberg est un gîte interstratifié, peut-on attribuer son origine à un épanchement en nappe de matières pyriteuses? Cette hypothèse paraît peu d'accord avec les fines stratifications successives des sulfures divers. Non seulement on constate cette structure zonée aux fronts de taille, mais la collection d'échantillons, réunie par les soins du directeur actuel, offre de curieux exemples des plissements de ces zones, qui n'ont pu être évidemment produits par une coulée pyriteuse (*fig. 5 et 5 bis*).

3° *Le gîte est dû à des dépôts sous-marins.* — Au contraire, tout dans la constitution du gîte s'accorde à prouver que celui-ci est dû à un phénomène de dépôt sous-marin. Les fines stratifications sont déjà une des meilleures

preuves; une autre, non moins importante, est fournie par les *kupferkniest*. Lorsqu'on va du toit au mur actuel du gîte, on rencontre successivement :

1° Les *kupferkniest*, schistes plus ou moins imprégnés de pyrites.

2° Une masse compacte de pyrite avec pyrite de cuivre et un peu de mispickel.

3° Au milieu du gîte les *melirte Erze*, fines stratifications de pyrite et de galène.

4° Au mur domine une masse pyriteuse à grains fins avec galène et blende, pyrite et sulfate de baryte. C'est le minerai de plomb proprement dit, qui est brun ou gris suivant que la blende ou la baryte y domine. Il est à remarquer que les bords du gîte sont toujours relativement plus riches; la pyrite, qui est l'élément principal au centre, y disparaît pour faire place seulement à la galène et au minerai gris.

5° Immédiatement au mur de la pointe du nouveau gîte, on trouve des couches de schistes très compactes et régulières reposant sur une petite fissure remplie de *schmierigen Letten*.

6° Enfin, partout s'étend le *Leitschicht*, schistes tendres et tourmentés, traversés par un grand nombre de fissures avec remplissage de quartz et de calcite (*fig. 6*).

Au centre du gîte, l'épaisseur des *kniest* est considérable, 20, 30, 50 mètres et plus; elle diminue sur les bords où on ne trouve plus que des alternances de petits lits de pyrite et de schistes très fins. C'est là une indication précieuse, car elle annonce sûrement un prochain coïncement dans le gîte. Tout fait croire que c'étaient les bords d'un golfe où se déposaient les parties les plus ténues; vers le centre, la finesse du grain diminue et on arrive peu à peu à des morceaux de schistes empâtés dans de la pyrite.

Mode de formation probable du gîte.

Quant à la manière dont est venue la substance minérale, elle est nettement accusée par de petits filons qu'on trouve au toit (autrefois le mur) et dans la masse pyriteuse elle-même.

Ces fissures filoniennes, avec axes géodiques et druses tapissées de cristaux, ont des remplissages assez complexes où se trouvent toutes les variétés des minéraux qui constituent le gîte : pyrite de cuivre, pyrite, cuivre gris, galène, blende, baryte sulfatée, calcite, sidérose, quartz et calamine. Jamais ces filons n'occasionnent de rejets dans le gîte. Ce sont là évidemment les points d'arrivée des substances minérales; les sources sulfureuses auxquelles ils livraient passage, débouchant au fond d'une mer, laissaient déposer les sulfures qu'elles tenaient en dissolution. Ces sulfures ont d'abord englobé les galets pavant le fond de la mer, qui, probablement, devait être à cet endroit peu profonde. Sur les bords, les fines poussières provenant de l'érosion des côtes se déposaient en même temps. Peu à peu se formait une couche pyriteuse dont les fissures continuaient à livrer passage aux eaux minérales.

Les soulèvements postérieurs ont ensuite produit le redressement et le renversement qu'on observe aujourd'hui. La partie des schistes la plus maltraitée par ce renversement a été celle qui se trouve maintenant au mur du gîte; elle a été broyée et disloquée. Les fissures ainsi produites auraient été remplies plus tard par le quartz et la calcite.

Résumé.

En résumé, il semble que les travaux actuels indiquent bien que la masse minérale est un gîte de dépôt sous-

marin dû à une précipitation chimique; et les observations qui conduisent à cette conclusion sont que :

- 1° La masse minérale est rigoureusement interstratifiée;
- 2° Elle présente elle-même de fines stratifications parallèles à celles des schistes encaissants;
- 3° Les kupferkniest, schistes plus ou moins riches en sulfures, formant autrefois le mur du gîte, sont recoupés par un grand nombre de fissures filoniennes avec remplissage de minéraux sulfurés. Ces filons avec axe géodique sont les points d'arrivée des sources d'eaux sulfureuses dont la précipitation a donné naissance au gîte.

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages
INTRODUCTION.	335
Géologie du Rammelsberg.	335
Description du gîte.	337
Opinions diverses des géologues sur le gîte.	338
Constitution intime du gîte.	338
1° Le gisement est interstratifié.	339
2° Il n'est pas dû à un épanchement en nappe de matières pyriteuses.	340
3° Il est dû à des dépôts sous-marins.	340
Mode de formation probable.	342
Résumé.	342

BULLETIN
DES ACCIDENTS ARRIVÉS DANS L'EMPLOI DES APPAREILS A VAPEUR
PENDANT L'ANNÉE 1886.

344 BULLETIN DES ACCIDENTS ARRIVÉS DANS L'EMPLOI

DES APPAREILS A VAPEUR PENDANT L'ANNÉE 1886. 345

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE, forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
27 janv.	Forges du Creusot (Saône-et-Loire).	Chaudière verticale à carneau extérieur unique. — Hauteur 16 ^m ,40. — Diamètre, 1 ^m ,05. — A 5 ^m au-dessus du fond inférieur, couronne de 16 tubes calorifères verticaux de 6 ^m de longueur et de 0 ^m ,08 de diamètre noyés dans le carneau circulaire. — Chauffage par les flammes perdues d'un four à réchauffer. — Timbre 5 ^k . — Dernière épreuve, juin 1885.	L'un des tubes calorifères s'est rompu à sa partie inférieure au point où il était coudé pour se greffer sur le corps cylindrique. — Déchirure carrée de 53 ^{mm} de côté, prenant naissance au coude extérieur où l'épaisseur de la tôle était très réduite.	Trois ouvriers mortellement brûlés. — Dégâts matériels insignifiants.	Usure excessive du métal due aux actions chimiques et mécaniques exercées par le courant de flammes.
22 févr.	Forges de l'Adour (usine du Boucau) (Landes).	Chaudière verticale à 4 bouilleurs verticaux reliés au corps cylindrique par 2 tubulures; la tubulure inférieure se prolonge hors de la maçonnerie et est fermée par un bouchon de fonte portant un auto-clave. — Hauteur du corps 17 ^m . — Chauffage par les flammes perdues d'un four à réchauffer. — Timbre 5 ^k . — Dernière visite complète, janvier 1886.	Un des tampons a fait explosion, a été projeté et a été retrouvé brisé en trois morceaux.	Quatre ouvriers mortellement brûlés; quatre autres grièvement.	Malfaçon dans la rivure qui réunissait le bouchon à la tubulure.
3 avril.	Teinturerie à Villefranche (Rhône).	Récipient cylindrique vertical en tôle de fer, à fonds plats réunis au corps par des cornières. — Diamètre 1 ^m ,70. — Hauteur 1 ^m .	Le fond plat inférieur s'est déchiré suivant la ligne de rivets qui le rejoignait à la cornière; l'appareil est retombé à 50 ^m .	Quelques dégâts matériels.	Défaut d'épaisseur, manque d'armature, qualité médiocre de la tôle.
6 avril.	Papeterie à Muzy (Eure).	Récipient cylindrique horizontal. — Diamètre 1 ^m ,50. — Longueur 2 ^m ,65. — Destination des fonds au corps par des cornières.	Le robinet d'échappement était presque entièrement fermé. La cornière du fond arrière s'est brisée à la base de sa tige.	Un ouvrier a eu les deux jambes fracturées. — Dégâts matériels. Ouvre et s'écroule instantanément.	Mauvais état d'entretien du récipient. Aggravation par l'exercice de pression imposé à un appareil ancien et fatigué.
20 avril.	Usine de charbon hydraulique, à Yvertoison (Puy-de-Dôme).	Chaudière horizontale à 2 bouilleurs. — Longueur du corps 5 ^m ,80. — Diamètre 0 ^m ,632. — Foyer sous les bouilleurs.	Les deux débris d'un des bouilleurs se coupèrent sur une longueur de 1 ^m ,40. Deux déchirures transversales. La rupture a eu lieu après qu'on avait ramené les feux et remonté, en trois quarts d'heure, la pression (qui était presque nulle) à 4 ^k ,750.	Dégâts matériels peu importants.	à des têtes pressurées ou au commencement de la rupture doit être rapporté à un défaut de qualité des tôles.
9 mai	Raffinerie de sucre, à Marseille (Bouches-du-Rhône).	Chaudière horizontale cylindrique avec 2 bouilleurs. — Longueur du corps 10 ^m ,60. — Diamètre 1 ^m ,20. — Longueur des bouilleurs 12 ^m ,60. — Diamètre 0 ^m ,60. — Construite en 1864. — Epreuve réglementaire en août 1885.	Le bouilleur de droite s'est déchiré à sa partie supérieure, au voisinage du premier cuissard, sur une longueur de 0 ^m ,875.	Dégâts matériels peu importants.	Usure exagérée subie par la partie supérieure des tôles des bouilleurs au droit de l'autel du foyer; cette usure peut être rapportée avec quelque vraisemblance à l'action mécanique prolongée des poussières provenant du foyer et de la démolition partielle de la voûte du carneau inférieur en un point où les flammes, rencontrant cette voûte partiellement démolie, produisaient un tourbillon avant de se diriger tangentiellement au carneau.
11 mai.	Fabrique de tartre à Bordeaux (Gironde).	Chaudière cylindrique, horizontale, avec faisceau tubulaire et dôme de vapeur. — Longueur 4 ^m . — Diamètre 1 ^m ,30. — 50 tubes. — Timbre 5 ^k . — Alimentation par l'eau de la Garonne, mais de temps en temps au moyen des eaux mères destinées à la préparation du tartre.	La chaudière s'est rompue en trois fragments; les ruptures sont hélicoïdales en pleine tôle.	Chauffeur blessé mortellement; un autre ouvrier brûlé gravement. — Dégâts matériels considérables.	Coup de feu à rapporter à la nature des eaux d'alimentation employées.
11 mai.	Fonderie à Muret (Haute-Garonne).	Chaudière verticale à foyer intérieur cylindrique vertical contenant 3 tubes bouilleurs horizontaux superposés et croisés à 60°. La base de la cheminée forme entretoise entre le ciel du foyer et le fond supérieur du corps cylindrique. — Les tubes ont 0 ^m ,40 de longueur et 0 ^m ,12 de diamètre.	Pendant l'arrêt, le deuxième bouilleur s'est déchiré un peu de côté à 0 ^m ,04 d'une des extrémités sur 0 ^m ,12 de longueur.	Le propriétaire mortellement brûlé; un ouvrier gravement atteint. — Dégâts matériels insignifiants.	Corrosion à la suite d'un usage trop prolongé; défaut d'entretien et de réparations.

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement ou l'appareil était placé	NATURE, forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
12 mai.	Battage à St-Louis (département d'O-ran).	Locomotive-battouse.	Le trou d'homme a été dé-tamponné alors que la locomobile n'était pas refroidie et était incomplètement vidée.	Un homme mortellement brûlé.	Imprudence dans l'opération.
19 mai..	Bateau à Bougival (Seine-et-Oise).	Chaudière horizontale, cylindrique tubulaire, à foyer intérieur. L'enveloppe du foyer est parallépipédique à sa partie inférieure et surmontée d'un berceau cylindrique portant un dôme de vapeur. — Longueur du corps cylindrique 3 ^m . — Diamètre 1 ^m ,232. — Timbre 9 ^k . — Dernière visite annuelle de la Commission de surveillance, avril 1886.	Toute la bande de tôle constituant les faces latérales et le berceau de l'enveloppe du foyer a été projetée à 80 ^m de distance du bâbord. — De nombreux débris ont été projetés en tous sens. — Le bateau a coulé.	Deux hommes tués, deux autres assez grièvement blessés; deux autres légèrement atteints. — Bateau mis en pièces.	Rupture préalable et déjà ancienne de cinq entretoises juxtaposées sur la face plane latérale de gauche de l'enveloppe du foyer. — Cette rupture a isolé une vaste surface plane de l'enveloppe et en a favorisé l'arrachement consécutif.
25 mai.	Minoterie à Jonzac (Charente - Inférieure).	Chaudière horizontale cylindrique avec 2 bouilleurs. — Longueur des bouilleurs 6 ^m ,85. — Diamètre 0 ^m ,60. — Timbre 6 ^k . — Alimentation par une pompe avec tube plongeant jusqu'au fond du bouilleur de droite.	Le bouilleur de gauche s'est rompu le long de sa génératrice de coup de feu sur 0 ^m ,70 de longueur.	Dégâts matériels insignifiants.	Coup de feu par défaut d'alimentation.
23 juin.	Dentiste à Marseille (Bouches - du - Rhône).	Petite chaudière cylindrique en cuivre rouge, à fond plat brasé avec fond hémisphérique, maintenu par un étrier et une vis de pression. — Diamètre 0 ^m ,12. — Hauteur 0 ^m ,35. — Capacité 3 litres 1/2.	La brasure du fond plat a cédé.	Dégâts matériels insignifiants.	Défaut dans la brasure du fond plat qui s'est détaché.
26 juin.	Bateau à St-Denis (Seine).	Réservoir intermédiaire entre le petit et le grand cylindre. — Ce réservoir est de forme trapézoïdale: la base inférieure est plane et a 1 ^m ,45 de longueur sur 0 ^m ,98 de hauteur. — Le fond est en deux parties.	Le fond du réservoir intermédiaire a cédé sous la pression de la vapeur sur une longueur de 1 ^m ,10.	Deux ouvriers assez sérieusement brûlés. — Dégâts matériels importants.	Grand fond plat en fonte insuffisamment armaturé. — Ce fond plat se trouvait en outre en porte-à-faux et ne reposait sur aucun contrefort.
31 juillet.	Drague à Dieppe (Seine-Inférieure).	Chaudière à foyer intérieur, forme tombée avec chambre arrière de retour de flammes communiquant avec un faisceau de tubes en fer débouchant dans une boîte à fumée avant. — Diamètre de la partie cylindrique 1 ^m ,42. — Longueur 2 ^m ,23. — Hauteur totale 2 ^m ,33. — Dernière épreuve, novembre 1885. — Timbre 6 ^k .	Pendant un arrêt, l'enveloppe extérieure s'est rompue; sa partie supérieure avec le dôme pesant environ 1.000 ^k a été projetée à 100 ^m .	Mécanicien chauffeur et mousse et chef dragueur tués. — Trois matelots blessés. — Dégâts matériels considérables (drague coulée).	Longue bande de tôle latérale de l'enveloppe extérieure le long de la rivure entre cette tôle et le berceau cylindrique supérieur. — Métal et rivetage détectueux. — Négligences dans l'usage.
2 août.	Ponton-grue à Philippeville (Algérie).	Chaudière cylindrique horizontale à foyer intérieur et retour de flammes tubulaire; à l'arrière une boîte à feu à fond plat est entretoisée avec le fond plat arrière formant l'enveloppe extérieure. — Diamètre du corps cylindrique 1 ^m ,30. — Longueur 2 ^m ,70. — Capacité 2 ^m 3,2. — Timbre 5 ^k .	Pendant un arrêt, le fond plat arrière s'est rompu en pleine tôle et a été projeté à 70 ^m en arrière. Le reste du générateur, lancé en avant, est tombé dans la mer, à 10 ^m de l'avant.	Trois hommes tués, quatre blessés, dont un grièvement. — Machine mise en pièces.	Mauvais état d'entretien. — Corrosions du fond plat postérieur et des entretoises destinées à le consolider. Cette usure était d'autant plus dangereuse que les entretoises étaient primitivement trop faibles.
14 août.	Houillères de Mont-rambert.	Chaudière horizontale cylindrique avec un réchauffeur latéral. — Longueur du corps 12 ^m . — Diamètre 1 ^m ,30.	Le bouchon de fonte du réchauffeur a été violemment projeté.	Un ouvrier assez grièvement blessé. — Dégâts matériels importants.	Malfaçon de la rivure qui réunissait le fond en fonte au réchauffeur. — Le diamètre de ce fond (un mètre) noyé dans un carneau était en outre exagéré.
19 août.	Filature (et battage) à Genevrey(Haute-Saône).	Chaudière horizontale cylindrique à fonds emboutis. — Longueur 3 ^m ,20. — Diamètre 0 ^m ,70. — Épreuve décennale, octobre 1882. — Timbre 3 ^k .	Le corps de chaudière s'est dressé verticalement par l'explosion. — Les fonds emboutis se sont largement déchirés.	Dégâts matériels importants (fourneau et local complètement démolis).	Corrosion prolongée des surfaces extérieures des deux fonds emboutis du corps cylindrique.
23 août.	Raffinerie à Paris.	Chaudière horizontale cylindrique avec 4 bouilleurs juxtaposés suivant un même axe deux à deux. — Longueur du corps 15 ^m . — Diamètre 1 ^m ,15. — Longueur des bouilleurs 6 ^m ,24 (pour les deux d'avant) et 8 ^m ,70 (pour les deux d'arrière). — Diamètre 0 ^m ,65.	On venait d'égaliser le feu lorsqu'il sortit un jet de flamme suivi d'une violente expansion de vapeur sans détonation violente, mais avec sifflement. Une déchirure de 0 ^m ,85 de longueur s'était produite dans la première virole inférieure du bouilleur d'avant de droite en pleine tôle au-dessus de l'autel.	Cinq ouvriers morts des suites de leurs brûlures. — Dégâts matériels insignifiants.	Accident dû en partie au défaut de surveillance des appareils indicateurs du niveau de l'eau et vraisemblablement à une négligence dans la conduite du feu du générateur qui a fait explosion. — Suites aggravées par la disposition de la chambre de chauffe.

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
25 août.	Battage à Bois-Minard (commune de Nanteau-sur-Essonne) (Seine-et-Marne).	Locomobile à foyer intérieur cylindrique vertical et corps horizontal tubulaire. — Longueur totale (enveloppe du foyer et corps) 2 ^m ,90. — Diamètre du corps 0 ^m ,52. — Dernière épreuve, avril 1882. — Timbre 6 ^k .	Pendant le travail, le corps cylindrique et l'enveloppe du foyer ont été brisés en nombreux morceaux projetés dans un rayon de 260 ^m .	Deux hommes tués.	Accident principalement dû à la corrosion et à la détérioration prolongée de la chaudière par suite de vétusté et de défaut d'entretien d'un appareil qui date de 1862.
26 août.	Locomobile au château de Passy, près Villeneuve-s.-Yonne (Yonne).	Locomobile avec foyer intérieur cylindrique vertical et corps cylindrique horizontal contenant 15 tubes. — Longueur totale de l'enveloppe du foyer et du corps cylindrique 3 ^m ,36. — Diamètre du corps 0 ^m ,57. — Dernière épreuve, juin 1886, après réparation. — Timbre 6 ^k .	Pendant un arrêt, l'enveloppe extérieure du foyer et du corps cylindrique s'est rompue en plusieurs fragments.	Deux personnes grièvement blessées; cinq autres légèrement. — Dégâts matériels considérables.	Accident dû vraisemblablement à un excès de pression. — Les rivets étaient trop rapprochés les uns des autres eu égard à leur diamètre.
7 sept.	Battage à St-Germain-en-Montagne (Jura).	Chaudière horizontale cylindrique tubulaire à foyer intérieur. — Longueur 4 ^m ,95. — Diamètre 0 ^m ,95. — Dernière épreuve, juillet 1884 (avec constatation d'une déformation de 8 ^{mm} de saillie au ciel du foyer).	Pendant la marche une faible détonation s'est fait entendre. — Le ciel du foyer s'est fendu en croix, l'une des fentes a 0 ^m ,55 de longueur, l'autre 0 ^m ,35.	Trois ouvriers blessés, dont un grièvement. — Dégâts matériels assez considérables (incendie d'une grange).	Accident dû à l'existence d'une avarie antérieure consistant en une boursofflure de la tôle du foyer intérieur au coup de feu.
13 sept.	Tissage à Giromagny (territoire de Belfort).	Récipient cylindrique en cuivre rouge à fonds plats en fer. — Longueur 1 ^m ,40. — Diamètre 1 ^m ,48. — Fonds rivés sur cornière au corps et reliés entre eux par 15 entretoises en fer. — Cylindre soudé sur lui-même en crémaillère le long d'une génératrice. — Dernière épreuve, juin 1885. — Timbre 2 ^k . — Alimentation par un générateur à vapeur à 100 ^{psi} sur un récipient à vapeur.	La virole cylindrique s'est déchirée suivant la génératrice de soudure et une partie des clouures circulaires de liaison au fond plat.	Ouvriers voisins renversés sans blessures graves. — Dégâts matériels peu importants (cheminée en planches démolie).	Excès de pression.
22 sept.	Usine d'alimentation d'eau à Isanka (Hérault).	Chaudière horizontale cylindrique avec 2 réchauffeurs latéraux superposés. — Diamètre du corps 0 ^m ,90. — Longueur 6 ^m . — Dernière épreuve, juin 1886.	La troisième virole du réchauffeur inférieur s'est déchirée; les deux premières viroles avec le cuissard et le réchauffeur supérieur ont été projetés à 12 ^m ; l'extrémité arrière du réchauffeur a été retrouvée dans les débris de la devanture du fourneau.	Dégâts matériels peu considérables.	Défaut d'entretien et de visite intérieure soignée.
7 octob.	Sucrerie à Graincourt-les-Havrincourt (Pas-de-Calais).	Chaudière comportant un corps cylindrique horizontal et 3 bouilleurs disposés en demi-cercle à la partie inférieure. — Les deux bouilleurs latéraux sont tubulaires à retour de flammes; ils ont 6 ^m ,00 de longueur et 0 ^m ,70 de diamètre et contiennent chacun 28 tubes en fer.	Le bouilleur tubulaire de droite s'est déchiré sans explosion sur une longueur de 1 ^m ,28.	Un ouvrier mortellement brûlé. — Dégâts matériels peu importants.	Défaut d'alimentation. — Tuyau d'alimentation bouché par un joint plein (très probablement par malveillance).
19 octob.	Bateau à vapeur à Thouaré (Loire-inférieure).	Chaudière composée de 2 lames d'eau réunies par 145 tubes en fer de 1 ^m ,20 de longueur et d'un diamètre intérieur de 62 ^{mm} . — Capacité totale 4.010 litres. — Alimentation par l'eau de la Loire. — Le bateau ayant circulé entre Nantes et St-Nazaire, la chaudière a reçu de l'eau saumâtre. — Dernière épreuve, avril 1886. — Timbre 6 ^k .	En marche, un tube surchauffeur de la quatrième rangée supérieure s'est brusquement déchiré sur 0 ^m ,21 de longueur.	Chaufleur brûlé mortellement; monse assez grièvement. — Dégâts matériels nuls.	Rupture d'un tube surchauffeur profondément corrodé et à épaisseur réduite de plus des trois quarts le long de la partie qui s'est rompue.
19 octob.	Hôtel à Paris. . . .	Chaudière composée de 7 éléments de 16 tubes bouilleurs d'un diamètre extérieur de 100 ^{mm} et d'une longueur de 1 ^m ,80. — Collecteur inférieur et réservoir supérieur. — Timbre 12 ^k .	Le septième tube à partir de la base du troisième élément, en comptant de gauche à droite, s'est rompu sensiblement suivant la génératrice inférieure et sur une longueur de 0 ^m ,38.	Chef mécanicien et chaufleur mortellement brûlés.	Coup de feu, suite d'un défaut d'alimentation accompagné d'une alimentation intempesive et de l'ouverture imprudente des portes de la boîte à tubes.
25 octob.	Raffinerie à Paris. . .	Chaudière horizontale cylindrique avec 2 bouilleurs et 2 réchauffeurs latéraux. — Longueur du corps 11 ^m . — Diamètre 1 ^m ,30.	Le bouilleur de droite s'est déchiré sur 2 ^m ,40 de longueur au flanc droit, un peu au-dessus de la génératrice inférieure. La largeur maxima de la déchirure est de 0 ^m ,215; elle occupe le sommet d'une vaste boursofflure dont la flèche atteignait environ 0 ^m ,20.	Un ouvrier mortellement brûlé. — Dégâts matériels insignifiants.	Défaut d'alimentation.

DATE de l'accident	NAT. ET SITUAT. de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil Divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSEQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
4 nov.	Chemin de fer à l'Établil (ligne d'Alger à Oran).	Chaudière de locomotive — Diamètre du corps 1 ^m 234. — Longueur des tubes 3 ^m 92. — Volume d'eau 2 ^m 3970. — Capacité totale 4 ^m 3770. — Surface de chaudière du foyer 6 ^m 373. — Surface de chauffe des tubes 83 ^m 88. — Timbre 7 ^m 500. — Dernière épreuve, janvier 1880.	L'explosion s'est produite pendant la marche à la vitesse de 55 kilom. environ sur un palier en alignement droit. Le cendrier est tombé dans l'entre-voie. Le foyer portant sa plaque tubulaire et les tubes a été trainé à 50 ^m et renversé sans dessus dessous. Le corps cylindrique, le dôme et la boîte à fumée ont été éparpillés en nombreux fragments dont quelques-uns projetés à près de 300 ^m . Dévalement d'une partie du train. Le cylindre en cuivre s'est déchiré suivant une génératrice du cylindre qui s'est déployée. Les sondes latérales à l'étain se sont décollées.	Mécanicien mort de ses blessures. — Chauffeur grièvement blessé. — Dégâts matériels considérables.	Cause immédiate restée hypothétique. Les tôles du corps cylindrique ayant subi préalablement des corrosions intérieures dangereuses, il est possible que, eu égard à la qualité médiocre du métal et aux efforts multiples subis à l'état dynamique, l'explosion se soit produite à une pression voisine du timbre. — Accessoirement, il est très probable que les soupapes étaient légèrement réglées en surcharge. 2. Grosses réparations avaient été effectuées sans être suivies d'épreuves.
6 nov.	Tissage à Golbey (Vosges).	Récipient cylindrique en cuivre rouge composé de 3 feuilles brassées entre elles au cuivre jaune. — Les fonds plats en tôle de fer sont garnis à leur circonférence d'un fer à T sur lequel sont soudées à l'étain les feuilles de cuivre rouge du cylindre. — 4 entretoises relient entre eux les fonds plats. — Dernière épreuve, 1881. — Timbre 1 ^m 30.	La machine étant au repos, le corps cylindriques est rompu au droit du foyer et de l'autil. Une déchirure prend 2 ^m 40 de la clouure latérale de droite de la première virole; de ses 2 extrémités partent 2 déchirures en plein diamètre qui intéressent tout le bergeau supérieur du corps cylindrique jusqu'à la clouure inférieure. Les tôles de l'autil ont été déplacées d'environ 0 ^m 25 à 0 ^m 30.	Trois personnes très légèrement blessées. — Dégâts matériels peu importants.	Epaississeur insuffisante de la tôle de cuivre rouge constituant le cylindre qui s'est rompu en liaison défectueuse de ce cylindre avec les fonds plats (simple soudure à l'étain).
14 déc.	Mines de la Béran-dière (Loire).	Chaudière horizontale cylindrique chauffée directement par le foyer. — Elle est reliée à un bouilleur réchauffeur latéral. — Diamètre 1 ^m 30. — Dernière épreuve, février 1886.	La machine étant au repos, le corps cylindriques est rompu au droit du foyer et de l'autil. Une déchirure prend 2 ^m 40 de la clouure latérale de droite de la première virole; de ses 2 extrémités partent 2 déchirures en plein diamètre qui intéressent tout le bergeau supérieur du corps cylindrique jusqu'à la clouure inférieure. Les tôles de l'autil ont été déplacées d'environ 0 ^m 25 à 0 ^m 30.	Deux chauffeurs assez grièvement blessés. — Dégâts matériels importants.	Accident dû vraisemblablement à un défaut d'alimentation. Le corps cylindrique présentait le caractère d'une usure et d'une fatigue exceptionnelles.

RÉSUMÉ RÉPARTITION DES ACCIDENTS

I. — Par nature d'établissements :

	NOMBRE	TUÉS	BLESSÉS (*)
Ateliers de construction	1	3	»
— de dentiste	1	»	»
Bateaux	3	3	5
Battages	4	3	4
Chemin de fer	1	1	1
Drague	1	4	3
Fabriques de chaux	1	1	1
— de papier	1	»	1
— de sucre	1	1	1
— de tartre	1	1	1
Filature	1	»	»
Fonderie	1	1	1
Forge	1	4	4
Hôtel	1	2	»
Mines	2	»	3
Minoterie	1	»	»
Ponton	1	3	1
Raffineries	3	6	»
Teinturerie	1	»	»
Tissages	2	»	»
Usine d'alimentation	1	»	»
Totaux	30	33	24

II. — Par espèces d'appareils :

1° Chaudières à foyer extérieur :			
Horizontales non tubulaires, avec ou sans bouilleurs	10	8	4
Horizontales plus ou moins tubulaires	1	1	»
Verticales	2	7	4
2° Chaudières à foyer intérieur :			
Horizontales non tubulaires	»	»	»
Horizontales plus ou moins tubulaires	8	13	11
Verticales	1	1	1
3° Récipients.			
4° Divers	4	3	3
Totaux	30	33	24

III. — D'après les causes présumées (**):

1° Conditions défectueuses d'établissements :	
Construction, disposition et installation, ou matières défectueuses	9
2° Conditions défectueuses d'entretien :	
Usure. — Fatigue ou amincissement du métal	9
Réparations non faites ou défectueuses	3
3° Mauvais emploi des appareils :	
Manque d'eau (suivi ou non d'alimentation intempestive)	6
Excès de pression	3
Autres imprudences ou négligences	3
4° Diverses et inconnues	
	3

(*) On a inscrit dans cette colonne, non pas uniquement les personnes qui ont reçu des blessures graves, mais tous les blessés qui ont eu au moins vingt jours d'incapacité de travail.

(**) Le nombre total des causes présumées est supérieur à celui des accidents, parce que le même accident a été quelquefois attribué à plusieurs causes réunies.

NOTE

SUR

L'ÉTUDE GÉOMÉTRIQUE DES CROISEMENTS DE FILONS

Par M. L. BABU, ingénieur des mines.

Régions diverses dans le plan d'un filon.

Lorsque deux filons se rencontrent, leur croisement donne lieu, en général, soit à une colonne riche, soit à une colonne pauvre. Le plus souvent il y a enrichissement, mais on peut essayer de déterminer géométriquement certains cas où on sera sûr de rencontrer une zone d'appauvrissement.

Dans le plan d'un filon, on distingue trois sortes de régions :

- Les régions riches ;
- Les régions pauvres ;
- Les régions stériles.

Les régions pauvres résultent d'une augmentation dans la proportion de gangue par rapport au minerai proprement dit ; les régions stériles résultent d'une diminution exagérée de la puissance du filon, ou de la disparition totale de celui-ci.

L'augmentation de la puissance coïncide souvent avec une diminution de la richesse du minerai. Ce fait est très

sensible dans les filons d'or des environs du Mont-Rose, en particulier dans le val d'Anzaska et dans le val Tappa. On y voit souvent la puissance passer très rapidement de 3 mètres à quelques centimètres ; et, en général, les parties les plus riches sont dans les coins qui résultent de ces étranglements successifs.

Aux croisements des filons, où souvent il y a production de colonnes de minerai très puissantes, un fait mécanique diminue la richesse moyenne. Le remplissage du filon y est quelquefois bréchiforme, et les morceaux de la roche encaissante entrent pour une forte proportion dans le minerai extrait. Dans quelques cas particuliers même, la colonne puissante ainsi bréchiforme est tout à fait inexploitable, par exemple lorsque le minerai ne peut pas être enrichi mécaniquement (filon d'apatite). Le même fait se retrouve à la partie inférieure des colonnes puissantes résultant du passage d'une roche défavorable dans une roche favorable.

Si l'on met de côté ces parties bréchiformes, on ne peut guère prévoir *a priori* les zones d'augmentation ou de diminution de la richesse du minerai ; mais on peut indiquer certaines régions où la puissance du filon sera sûrement augmentée ou diminuée.

Quelle que soit la contrée filonienne qu'on étudie, il est rare de ne pas trouver plusieurs systèmes de filons d'âges nettement différents, et chaque système est généralement caractérisé par un remplissage. Il y a donc lieu de distinguer dans l'étude des croisements des filons :

- 1° Les croisements de filons d'espèces différentes ;
- 2° Les croisements des filons appartenant à un même système.

Filons d'âges différents.

Je désignerai par A le filon dont le premier remplissage est antérieur au second filon N (*fig. 7, pl. X*).

1° *Croisement sans rejet.* — Si N ne rejette pas A, le croisement donnera lieu à une colonne riche par ce fait qu'avec le même travail on retirera une quantité plus grande de minerai. La colonne riche sera d'ailleurs d'autant plus importante que les filons se croiseront sous un angle plus aigu. Chaque filon pourra être inexploitable, quoiqu'il y ait intérêt à exploiter la colonne du croisement; il suffit pour cela que la somme des valeurs du mètre carré dans les deux filons soit supérieure au prix de revient de l'abatage du mètre carré dans les galeries et les gradins.

La largeur de la zone riche déterminée ainsi géométriquement est assez grande lorsque les filons se croisent sous des angles très aigus; elle est supérieure à 50 mètres pour des angles voisins de 1° et est encore de plus de 6 mètres pour un angle de 9°; cela en supposant que les travaux d'abatage aient seulement 1 mètre de large.

En second lieu, si le remplissage du filon A est incomplet, les eaux thermales venant par N auront aussi minéralisé A au voisinage du croisement. On trouvera donc là dans l'exploitation de A une colonne riche produite par la présence d'un remplissage étranger.

2° *Croisement avec rejet, sans réouverture.* — Le plus souvent le croisement de deux filons occasionne un rejet dans le filon le plus ancien. Ce rejet peut amener un enrichissement ou un appauvrissement surtout dans le cas de filons dont les directions sont voisines. Il y aura enrichissement si les angles aigus sont alternes-internes, appauvrissement s'ils sont alternes-externes (*fig. 8*).

Je suppose, par exemple, que les frais d'exploitation par mètre carré abattu soient f , et que la valeur du mètre carré de A et de N soit seulement de $\frac{2}{3} f$. Les filons sont inexploitable; mais si le croisement a lieu sous un angle de 9° et que le rejet de A compté normalement au

plan de ce filon, soit 1 mètre, la colonne riche résultant du rejet aura plus de 6 mètres de largeur, et la valeur du mètre carré abattu sera de $2 f$. On réalisera donc le bénéfice f par mètre carré dans l'exploitation de la colonne riche.

Un rejet amenant les angles aigus à être alternes-externes se traduirait au contraire dans le plan du filon par une colonne pauvre.

3° *Croisement avec rejet et réouverture n'ayant pas occasionné de rejet.* — Il peut arriver qu'après avoir été rejeté par N le filon A subisse une réouverture, qu'un nouveau remplissage vient combler. Si on considère alors le plan de A, il y a enrichissement au mur de N, appauvrissement au toit dans le cas d'eaux minérales venues d'en bas; l'inverse aurait lieu si les eaux minérales étaient venues de la surface. Dans le premier cas, en effet, il y a afflux d'eaux minérales au mur de la faille qui les fait dévier; au toit, au contraire, celles-ci n'arrivent qu'indirectement. On voit de plus immédiatement que la partie riche du mur sera d'autant plus riche et la partie pauvre du toit d'autant plus pauvre que l'inclinaison du filon croiseur comptée dans le plan de A sera moins forte.

4° *Croisement avec rejet et réouverture ayant occasionné un second rejet.* — Si la réouverture amène un rejet, il y a à considérer les mêmes cas que dans le double rejet de deux filons contemporains.

Filons contemporains.

1° *Croisement simple et rejet simple.* — Tout ce qui a été dit à propos des croisements de filons appartenant à des systèmes différents s'applique aux croisements des

filons contemporains. Au cas du croisement simple, il y aura donc toujours enrichissement; au cas du croisement avec rejet d'un des filons, il y aura enrichissement ou appauvrissement; de plus, le filon rejeté sera riche au mur du croiseur, pauvre au toit.

Il reste à considérer le cas où les deux filons se rejettent mutuellement.

2° *Double rejet.* — Soient deux filons F et F₁ (*fig. 9*) qui se rejettent mutuellement, et soit L la ligne d'intersection perpendiculaire au plan du dessin, avant le rejet. Suivant que le rejet des parties F' et F'₁ aura lieu dans un sens ou dans l'autre, il y aura production d'un vide suivant la ligne de croisement ou au contraire écrasement.

Dans le premier cas, les remplissages postérieurs donneront une colonne puissante dans le vide produit; dans le cas de l'écrasement, les exploitations se heurteront à une colonne absolument stérile. Il est donc très important d'étudier les conditions qui peuvent créer un vide ou donner lieu à un écrasement.

Je prends comme plan de la figure le plan perpendiculaire à l'intersection des deux filons.

Soient

- F et F₁ les traces des filons non rejetés;
- F' et F'₁ les traces des filons rejetés;
- t* la trace d'une des strates recoupées par les filons;
- I le point d'intersection des traces des filons;
- A et B les points d'intersection de *t* avec F et F₁;
- H la projection de I sur *t*.

Premier cas. — Les points A et B sont du même côté du point H (*fig. 10 [1]*):

1° Les deux rejets sont conformes à la règle de Schmidt. Production d'une colonne vide (*fig. 10 [2 et 3]*).

2° Les deux rejets sont contraires à la règle de Schmidt. Production d'une colonne vide.

3° Un rejet seul est conforme à la règle. Production d'une colonne d'écrasement (*fig. 10 [4]*).

Second cas. — Les points A et B sont de part et d'autre du point H (*fig. 11 [1]*):

1° Les deux rejets sont conformes à la règle de Schmidt. Colonne d'écrasement (*fig. 11 [2]*).

2° Les deux rejets sont contraires à la règle. Colonne d'écrasement (*fig. 11 [3]*).

3° Un rejet seul est conforme à la règle. Production d'une colonne vide (*fig. 11 [4]*).

Dans le cas où B coïncide avec H, il y a production d'une colonne vide, si, par le rejet, le point A se rapproche de B; écrasement dans le cas contraire.

Si donc on connaît le rejet de deux filons, on pourra prévoir si leur croisement donne lieu à une colonne vide ou à une colonne d'écrasement. Il suffit de voir si le point H est extérieur aux points A et B ou bien compris entre eux.

Mais les filons sont déterminés par leur orientation et leur pendage; il en est de même des strates. Il y a donc à faire soit une épure, soit un calcul pour déterminer la position relative des points A, B, H, dans le plan perpendiculaire à l'intersection des deux filons.

Épure. — Je prends le plan de la figure comme plan horizontal de projection (*fig. 12*).

Soient

- F et F₁ les traces des deux filons;
- t* la trace d'une strate;
- α et α_1 les angles d'inclinaison des filons;
- i* l'inclinaison de la strate sur le plan horizontal.

Le sens des pendages est indiqué par de petites flèches dirigées vers le bas.

Je détermine la projection horizontale CD de l'inter-

section des deux filons et son rabattement CI_1 . Un plan perpendiculaire à cette intersection se trouve alors défini par sa trace horizontale GK perpendiculaire à CD et par le rabattement EI_1 , perpendiculaire à CI_1 , de la ligne de plus grande pente dans le plan vertical projetant l'intersection des filons.

Le rabattement du plan considéré autour de sa trace horizontale GK donne alors les rabattements GI, KI des traces des filons sur ce plan.

Une construction facile détermine aussi le rabattement LM de la trace de la strate sur le même plan.

Les trois points A, B, I, et par suite le point H projection de I sur LM sont alors déterminés.

On pourrait aussi définir la position relative des trois points A, B, H, par la considération d'une série de trièdres dont on calcule successivement les éléments par les formules de la trigonométrie sphérique. Je ne reproduis pas ici les calculs, qui sont un peu longs et qui dans la pratique seraient sujets à donner lieu à des erreurs grossières, étant donnée la manière dont on définit le plan d'un filon (par exemple : direction, N. 15° O; pendage, 30° S).

Importance de la colonne vide ou de la colonne d'écrasement. — La section de la colonne vide ou de la colonne d'écrasement peut de même être déterminée soit par l'épure, soit par le calcul.

Je ferai seulement ici l'épure. La section cherchée S est égale à :

$$S = \text{rejet suivant GI} \times \text{rejet suivant KI} \times \sin \widehat{GIK}.$$

L'angle \widehat{GIK} , ou angle des deux filons, est déterminé en vraie grandeur sur l'épure.

Le rejet KI, par exemple, est égal à la somme algébrique des projections des rejets suivant l'horizontale du filon F_1 et sa ligne de plus grande pente. Ces deux rejets

définissent, en effet, le rejet total par le filon F_1 . Pour avoir cette somme, on rabat le filon F_1 autour de sa trace horizontale, et le point I de l'espace vient au point P. Il suffit alors de projeter sur KP les rejets comptés suivant CK et Pi et de faire la somme algébrique des deux projections.

3° *Conclusions.* — Si on considère un phénomène de soulèvement ayant donné lieu à un champ de fractures, quelles fractures peuvent occasionner des colonnes vides à leur croisement?

Dans la période de soulèvement, M. Moissenet distingue les fentes anticlinales de soulèvement F_a et les fentes radiales de soulèvement F_r .

Les fentes anticlinales F_a présentent un caractère particulier; toutes inclinent par rapport aux strates vers l'extérieur du soulèvement, et la règle de Schmidt leur est applicable. Le point H est toujours d'un même côté de A et B; il y a donc une colonne vide aux croisements des fentes anticlinales.

La règle de Schmidt s'applique encore aux fentes radiales; mais qu'il s'agisse du croisement de deux fentes radiales ou du croisement d'une fente radiale et d'une anticlinale, la position des points A, B, H, n'est pas déterminée *a priori*.

Pour les fentes de la période descendante, au contraire, qu'il s'agisse de fentes anticlinales ou de fentes radiales, en général, les rejets sont inverses à la règle de Schmidt (mines de cuivre de la Californie, filons de cuivre argentifères de la Sierra Nevada), mais on ne peut nullement indiquer *a priori* la position relative des points A, B, H.

Toutefois, comme les fentes anticlinales de la période ascendante sont les plus importantes pour l'exploitation des mines, tant au point de vue de la puissance qu'au point de vue de la nature du remplissage, on peut dire

qu'en général le croisement de deux filons importants contemporains donnera lieu à une colonne remarquable sinon par sa richesse, du moins par sa puissance.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
Régions diverses dans le plan d'un filon	352
Croisements de filons d'âges différents.	353
1° Croisement simple, sans rejet	354
2° Croisement avec rejet, sans réouverture	354
3° Croisement avec rejet et réouverture n'ayant pas occasionné de rejet.	355
4° Croisement avec rejet et réouverture ayant occasionné un second rejet.	355
Croisements de filons contemporains.	355
1° Croisement simple et croisement avec rejet simple	355
2° Croisement avec double rejet.	356
Production d'une colonne vide ou d'une colonne d'écrasement.	356
Détermination de la section droite de ces colonnes	358
3° Conclusions.	359

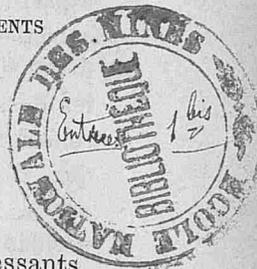
LES EXPLOSIONS DE LOCOMOTIVES

EN FRANCE, EN BELGIQUE ET EN ANGLETERRE

D'APRÈS

UN TRAVAIL DE M. VINÇOTTE ET DIVERS AUTRES DOCUMENTS

Par M. C. WALCKENAER, ingénieur des mines.



Les *Annales des mines* ont déjà signalé les intéressants travaux de M. R. Vinçotte, directeur de l'Association belge pour la surveillance des chaudières à vapeur. En 1876, M. l'ingénieur en chef des mines Hanet-Cléry a présenté aux lecteurs des *Annales* l'analyse des comptes rendus des opérations de cette Association pour les années 1873 et 1874 (*). Depuis cette époque, M. Vinçotte n'a cessé ni de développer l'utile institution qu'il dirige (**), ni de poursuivre l'étude des causes de détérioration des générateurs de vapeur. Au rapport qu'il a présenté à l'assemblée générale des membres de l'Association en 1886, il a joint une *Note sur les explosions de*

(*) *Annales des mines*, 7^e série, t. IX, p. 462 et suiv.

(**) L'Association pour la surveillance des chaudières à vapeur, qui avait, lors de sa fondation à la fin de 1872, moins de 500 générateurs à surveiller, en comptait plus de 1.000 en 1873, plus de 2.000 en 1881; elle en a plus de 3.000 depuis 1885. En 1885, son personnel a procédé à 2.946 visites intérieures et 8.046 visites extérieures; 234 chaudières inscrites à l'Association ont été réparées dans l'année.

locomotives, dont la plupart des conclusions ont toute la valeur de constatations expérimentales, car elles découlent d'une série de tableaux où l'auteur résume les circonstances des explosions (*) de ce genre dont la France, la Belgique, la Hollande et l'Angleterre ont, à sa connaissance, été le théâtre.

En ce qui concerne la France, l'historique de M. Vinçotte porte sur la période comprise depuis 1864 jusqu'en 1884, tandis que les accidents survenus en Belgique sont relatés à partir de 1840. Mais M. le Ministre des Travaux publics a bien voulu autoriser le rédacteur de la présente notice à consulter, dans les archives de son Administration, les dossiers nécessaires pour compléter et remanier les renseignements relatifs à la France (**). C'est ainsi que, d'une part, les tableaux qui vont être donnés ci-après, relativement à notre pays, embrassent toute la période comprise de 1840 à 1887 inclusivement; d'autre part, même pour la période dont s'était occupé M. Vinçotte, ils ont été entièrement refondus d'après les documents existant au Ministère des Travaux publics. Ils relatent notamment, de 1864 à 1884, 15 accidents, tandis que la nomenclature de M. Vinçotte n'en mentionnait que 11. Enfin, tandis que M. Vinçotte n'avait annexé de croquis à son compte rendu que pour les accidents belges, hollandais et anglais, la consultation des archives admi-

(*) Par le mot d'explosions, M. Vinçotte n'entend, en général, que les accidents de chaudières accompagnés d'effets dynamiques importants. Non seulement les ruptures d'entretoises, les écrasements de tubes, les coups de feu non accompagnés de déchirures des tôles, ne constituent pas des explosions au sens de son étude, mais il laisse ordinairement de côté les simples fissurations, lorsque leurs effets se bornent à une fuite d'eau plus ou moins violente.

(**) Nous devons aussi tous nos remerciements à M. l'Inspecteur général des mines Jacquot, qui a bien voulu, en qualité de président de la Commission centrale des machines à vapeur, nous autoriser à consulter les archives de cette Commission.

nistratives a permis de donner ci-après, en ce qui concerne la France, 23 figures dressées d'après les dessins inédits joints par les ingénieurs des mines à leurs rapports sur les explosions (Pl. XI et fig. 1 à 12, Pl. XII).

Pour les autres pays, les tableaux qui vont suivre reproduisent simplement, en l'abrégeant parfois un peu, le travail de M. Vinçotte. Les renseignements relatifs à la Belgique ont été puisés par lui, en général, dans les rapports officiels; ceux relatifs à la Hollande dans le *Raad van Toezigt op de spoorwegdiensten*. Enfin, pour l'Angleterre, il a dressé ses tableaux principalement d'après les travaux de M. Marten, directeur de la *Midland steam boiler inspection and insurance Co*, et de M. Fletcher, directeur de la *Manchester steam users Association*; les croquis, reproduits ci-après dans les fig. 11 à 13, Pl. XIII, et 1 à 13, Pl. XIV, sont extraits des rapports de M. Marten.

Pour chaque pays, en vue de faciliter les comparaisons et les conclusions qui suivront l'exposé des faits, les explosions ont été groupées d'après la partie du générateur où l'explosion a commencé à se développer, de la manière suivante :

- A. Explosions ayant pris origine dans le corps cylindrique;
- B. *id.* dans l'enveloppe du foyer;
- C. *id.* dans le dôme ou à sa base;
- D. *id.* dans le foyer;
- E. Explosions dues à des causes extérieures au générateur;
- F. Explosions sur lesquelles on n'a pas de détails.

Contrairement au langage usité pour les générateurs fixes, on appellera dans ce qui suit *arrière* d'une chaudière le côté de la porte de chargement, et *avant* celui de la boîte à fumée, afin qu'il n'y ait pas d'opposition entre l'avant de la chaudière et celui de la locomotive considérée comme véhicule.

DATE ET LIEU DE L'EXPLOSION	RENSEIGNEMENTS SUR L'APPAREIL	CIRCONSTANCES DE L'EXPLOSION	TUES	SÉSERTE
A. Explosions ayant pris origine dans le corps cylindrique.				
<p>A — 1 — 24 juin 1852. — Près d'Asnières. — Chemin de fer de Versailles (rive droite).</p>	<p>Chaudière éprouvée à la fin de 1849. Timbre, 5^k. L'épaisseur vérifiée en divers points a été trouvée de 7^{mm} ou au minimum de 6^{mm},5.</p>	<p>Voir la fig. 1, Pl. XI. Déchirure suivant une génératrice latérale du corps cylindrique un peu au-dessus d'une clouure. Cette déchirure a paru avoir pris naissance près de l'insertion du tuyau de refoulement de la pompe alimentaire, région affaiblie (en outre des trous de fixation de la bride du raccord) par une corrosion extérieure due probablement à une fuite du joint, et, ce qu'il importe surtout de remarquer, par une corrosion intérieure existant au-dessus de la ligne de rivure. La machine a déraillé seulement de ses roues d'avant et s'est arrêtée à 50^m du lieu de l'explosion. Il n'y aurait pas eu d'accident de personnes si le mécanicien ne s'était cassé la jambe en sautant à terre.</p>	" "	1
<p>A — 2 — 20 août 1857. — Dormans. — Chemins de fer de l'Est.</p>	<p>Locomotive <i>la Turquie</i>, mise en circulation le 20 février 1856, entrée aux ateliers le 24 novembre suivant pour rupture des angles du foyer, réparée et rééprouvée le 5 juin 1857, remise en service le 30 juin. Parcours total, 31.633^k. Tôle du corps cylindrique, 16^{mm} d'épaisseur; tôle mal soudée, feuilletée et très aigre. (Cf. <i>Couche</i>, t. III, p. 77.)</p>	<p>Explosion extrêmement violente. Le corps cylindrique a été complètement rompu et projeté en fragments à droite et à gauche de la voie, jusqu'à plus de 200^m. Le foyer est demeuré intact, la tubulure est restée à peu près en place, et la machine n'a déraillé que des roues motrices et des roues d'arrière, non de celles d'avant. L'explosion a eu lieu après une heure un quart de stationnement. L'examen des tôles rompues n'a révélé aucune fissure préexistante ni aucune réduction d'épaisseur. Leur aigreur a été considérée comme la cause de l'accident (Voir ci-après A — 11 et B — 13.)</p>	1	1
<p>A — 3 — 7 juin 1859 — Agen. — Chemins de fer du Midi.</p>	<p>Locomotive ayant été en service pendant huit mois et ayant parcouru 43.899^k. Chaudière de 1^m,36 de diamètre et 4^m,75 de longueur, composée de cinq viroles en tôle de 13^{mm}, chacune formée d'une seule feuille; tous les assemblages à couvre-joints extérieurs; les couvre-joints horizontaux avaient 13^{mm} d'épaisseur, 0^m,20 de largeur, et étaient réunis aux tôles par doubles rivures; les couvre-joints circulaires avaient 13^{mm} d'épaisseur.</p>	<p>Nous renvoyons pour cette explosion au rapport de M. Noblemaire, publié aux <i>Annales des mines</i>, 5^e série, t. XV, p. 475 et suiv., et aux dessins qui l'accompagnent, Pl. VI, fig. 1 à 4. Rappelons seulement que les 2^e et 3^e viroles, à partir de la boîte à fumée, ont cédé et ont été rabattues et projetées, les couvre-joints cédant suivant les lignes des rivets. L'accident a été rapporté à une disposition vicieuse des assemblages des feuilles, disposition dont les défauts ont pu être aggravés par un excès de tension intérieure provoqué par le mauvais réglage des soupapes.</p>	" "	" "
<p>A — 4 — 26 mars 1869. — Strasbourg. — Chemins de fer de l'Est.</p>	<p>Locomotive à roues libres en service depuis dix-huit ans. Corps cylindrique : diamètre, 0^m,95; longueur, 3^m,76; surface de chauffe, 63^m²; capacité 2^m³,500. Timbre, 8^k. Épaisseur des tôles du corps cylindrique, 10^{mm}. Dernière épreuve en février 1864.</p>	<p>La locomotive venait de s'atteler à un train, quand la virole d'arrière du corps cylindrique s'est déchirée suivant une ligne de rivure horizontale, qui présentait une « fissuration » antérieure. L'anneau s'est ensuite presque totalement séparé de la chaudière et sa partie supérieure a été projetée à quelque distance.</p>	" "	" "
<p>A — 5 — 10 octobre 1873. — Près de Toulouse. — Chemins de fer du Midi (ligne de Bordeaux à Cette).</p>	<p>Locomotive mise en service en 1863; parcours, 235.000^k. Diamètre, 1^m,25. Timbre, 8^k,5. Le corps cylindrique était primitivement tout en acier de 10^{mm} d'épaisseur. La partie inférieure des viroles, s'étant promptement piquée, avait été, en 1870, remplacée par des feuilles de tôle de fer. À l'épreuve hydraulique subséquente, il se produisit une rupture de la virole d'arrière (qui portait le dôme et la cuvette du régulateur), suivant sa génératrice supérieure, à une pression inférieure à 13^k; cette rupture ayant été attribuée à l'affaiblissement dû aux ouvertures du dôme et de la cuvette, on renforça dans cette chaudière, et celles de la même série, la feuille supérieure de la virole arrière. Depuis cette époque, la chaudière ne fut arrêtée qu'en 1872 pour réparation au foyer.</p>	<p>Voir les fig. 2 à 5, Pl. XI. L'explosion s'est produite en pleine marche et a fait dérailler la locomotive et sept wagons. La virole médiane du corps cylindrique s'est ouverte et rabattue sur les deux tabliers longitudinaux, laissant à nu la tubulure dont le faisceau s'était renflé, sans rupture d'aucun tube. La déchirure a eu lieu suivant une génératrice située au droit du chanfrein intérieur du recouvrement de deux des tôles d'acier, à 0,20 au-dessous du niveau normal de l'eau. Cette ligne présentait, sur toute sa longueur, des piqures d'un diamètre variant de 1 à 6^{mm} et d'une profondeur qui, en général, ne dépassait pas 2^{mm}, mais allant jusqu'à 9^{mm} vers le milieu de la ligne. Les caractères d'une importante corrosion en sillon ont donc été bien constatés. Cette déchirure suivant une génératrice fut d'ailleurs la seule que les tôles subirent, la virole s'étant, une fois ainsi fendue, ouverte en se décollant d'avec les viroles voisines par rupture des têtes de rivets.</p>	" "	5
<p>A — 6 — 29 avril 1876. — Entre Monnerville et Etampes. — Chemin de fer d'Orléans.</p>	<p>Chaudière construite en 1856, rééprouvée en juillet 1873 à la suite du remplacement de la plaque tubulaire d'arrière, et timbrée à 7^k,5. Diamètre intérieur du corps cylindrique, 1^m,287, en tôle de fer de 13^{mm}. Après l'accident, on reconnut que les déchirures transversales présentaient des sections pailleuses avec scories interposées; la résistance à la rupture, dans le sens du laminage, fut trouvée variant de 28^k,6 à 31^k, et l'allongement de 6 à 8,25 p. 100.</p>	<p>Voir les fig. 6 et 7, Pl. XI. Sous la pression de 7^k,5, la tôle de la virole d'arrière s'est déchirée sur le côté droit, le long d'une génératrice, au droit du recouvrement intérieur de la couture des deux feuilles qui composaient cette virole. Les déchirures transversales se sont ensuite faites suivant des sections droites, à l'avant et à l'arrière de la virole, dont toute la partie supérieure s'est ainsi déroulée vers la gauche. La tranche de la déchirure laissait apercevoir des incrustations très fines sur son bord interne, révélant une fissuration en sillon; de plus, on voyait que l'assemblage de la couture avait souffert, par l'existence d'incrustations sur la tranche et la paroi interne de la tôle inférieure. Un peu avant l'accident, le mécanicien avait remarqué, dans cette partie de la chaudière, une fuite de vapeur dont la chemise extérieure ne lui permettait pas de reconnaître la position exacte.</p>	" "	" "

Simple contusions sans gravité.

DATE ET LIEU DE L'EXPLOSION	RENSEIGNEMENTS SUR L'APPAREIL	CIRCONSTANCES DE L'EXPLOSION	TUSÉS	BLESSÉS
<p>A — 7 12 décembre 1876. — Loos. — Chemin de fer du Nord (ligne de Lille à Béthune).</p>	<p>Locomotive faisant partie d'un lot de trente-huit machines commandées en Belgique par la compagnie du chemin de fer de Lille à Valenciennes; cette locomotive avait été livrée, en 1876, par le constructeur, à la compagnie du Nord, devenue concessionnaire à cette époque du réseau de l'autre compagnie. Eprouvée le 1^{er} juillet 1876 et timbrée à 9^e. Durée de service, lors de l'accident, cinq mois et quatre jours. Parcours, 14.760^e.</p> <p>Corps cylindrique formé de trois viroles de 1^m,325 de diamètre et 1^m,148 de longueur, chacune formée de deux feuilles de 13^{mm}, assemblées par rivure simple.</p> <p>Machine bien entretenue.</p> <p>Sur presque toutes les chaudières de cette série, on avait constaté des fuites aux rivures et surtout aux cornières d'avant, et sur cinq d'entre elles des fentes et des cassures dans les tôles ou les cornières.</p>	<p>La machine, qui avait à remorquer un train de marchandises représentant la moitié de sa charge normale, manœuvrait en gare de Loos, quand l'explosion se produisit au moment d'un démarrage.</p> <p>Le corps cylindrique se fragmenta en dix-sept principaux morceaux qui furent projetés au loin; la machine se renversa sur le flanc droit.</p> <p>Aigreux excessive du métal, qui n'a présenté aux essais, dans le sens du laminage, avec 30^e,119 de résistance, que 4,12 p. 100 d'allongement. Rivures mal faites (trous mal en regard, rivets obliques, têtes excentrées); assemblage du corps cylindrique avec la plaque tubulaire de boîte à fumée obtenu par une cornière de 20^{mm} fixée par des rivets de 20 à 21^{mm} seulement de diamètre, et mal rivée.</p> <p>Les trente-sept autres chaudières de la série ont été mises au rebut à la suite de cette explosion.</p>	»	1
<p>A — 8 26 mars 1879. — Orléans. — Ateliers de la compagnie du chemin de fer d'Orléans.</p>	<p>Locomotive construite à Newcastle, en 1842, retirée de la circulation, en 1871, après avoir parcouru 326.743^e, et employée depuis lors comme machine fixe motrice d'atelier.</p> <p>Corps cylindrique de 3^m,565 de longueur, et de section elliptique; diamètre horizontal, 0^m,917; diamètre vertical, 0^m,961; pour empêcher la déformation, parois maintenues par quatre tirants transversaux placés horizontalement à hauteur du quart supérieur de l'axe vertical et fixés à des oreilles rivées au corps de chaudière (voir fig. 8, Pl. XI).</p> <p>Résistances du métal mesurées après l'accident, avant les génératrices, 37^e suivant la section droite, 34^e et 3 p. 100. Les tôles étaient donc cintrées dans le mauvais sens.</p> <p>Timbre, 7^{atm}.</p> <p>La chaudière avait été visitée intérieurement en 1874; mais l'inspection de sa partie supérieure devait être rendue difficile par la présence des tirants.</p>	<p>Peu après une alimentation qui avait fait descendre la pression à 5^e, le corps cylindrique se développa en se déchirant le long de deux génératrices et se divisa en deux morceaux inégaux qui furent projetés. Les tubes s'écartèrent et se rompirent, les essieux furent brisés par la secousse et la locomotive s'affaissa.</p> <p>Sa rupture initiale s'était faite le long d'une génératrice voisine des tirants transversaux, suivant le bord du recouvrement de deux feuilles. Du côté intérieur, se reconnaissait une fente ancienne remplie d'oxyde noir ayant 2 ou 3^{mm}, parfois 3^{mm},5 d'épaisseur.</p> <p>Explosion déterminée par les flexions qu'éprouvait le corps cylindrique eu égard à sa forme et à la présence des tirants transversaux.</p>	»	1
<p>A — 9 30 juillet 1879. — Entre Châtel-Nomexy et Charmes. — Chemin de fer de l'Est (ligne de Nancy à Vesoul).</p>	<p>Machine à trois essieux couplés, construite en 1853, munie d'une chaudière neuve à la fin de 1873. Timbre, 8^e.</p> <p>Corps cylindrique de quatre viroles, chacune d'une seule pièce en tôle de 11 à 11^{mm},5 environ, présentant dans ses parties saines une résistance de 32,7 à 38^e,1 par millim. carré avec allongement de 10,5 à 18,05 p. 100 à la rupture. Rivures longitudinales simples placées alternativement à droite et à gauche. Recouvrement des tôles, 75^{mm}; rivets de 20^{mm}, distants de 53^{mm} d'axe en axe.</p> <p>Au recouvrement de la clouure longitudinale de la première virole, la partie supérieure de la feuille était à l'intérieur de la chaudière. Le tuyau de refoulement de l'alimentation aboutissait à environ 17^{cm} au-dessus de cette clouure et à 35^{cm} de la clouure circulaire réunissant la première et la deuxième viroles.</p>	<p>Voir fig. 9, Pl. XI.</p> <p>La machine remorquant un train de marchandises de quarante-quatre véhicules, descendait une pente de 2^{mm} et le mécanicien alimentait, lorsqu'une fente se manifesta sur le côté gauche de la chaudière, puis peu d'instant après la virole du corps cylindrique attachant au foyer se rompit, suivant une génératrice, immédiatement au-dessous de la rivure longitudinale; elle se développa en entraînant une partie de la virole suivante et en s'arrêtant, du côté du foyer, suivant la rivure transversale.</p> <p>La déchirure paraît avoir pris naissance dans la région la plus voisine de la boîte à feu, où l'on a reconnu après l'accident qu'il préexistait au-dessous de la ligne de recouvrement, un sillon de corrosion atteignant 4^{mm} de profondeur. Dans cette même région, la tôle était pailleuse et se divisait en deux feuillets mal soudés; le feuillet intérieur était altéré.</p> <p>Des chaudières de même provenance ont été examinées, et ont montré le long des recouvrements des corrosions ou commencement de corrosions de peu d'importance.</p>	»	3
<p>A — 10 15 octobre 1879. — Près de Voutré (Mayenne). — Locomotive routière appartenant à un exploitant de carrières.</p>	<p>Locomotive routière du poids de 9^e. Chaudière tubulaire, composée d'un corps cylindrique horizontal de 0^m,68 de diamètre et 1^m,17 de longueur en tôle de 9^{mm}; d'une boîte à feu verticale cylindrique de 0^m,80 de diamètre et 2^m de hauteur en tôle de 10^{mm}; foyer intérieur en tôle de 10^{mm}; cinquante tubes de 0^m,04 de diamètre intérieur.</p> <p>Age, douze ou quinze ans. Dernière épreuve, 19 août 1879. Timbre, 7^e.</p> <p>Les soupapes étaient chargées par des ressorts qu'on pouvait serrer à volonté.</p>	<p>La machine remorquait deux chariots chargés de douze tonnes. Le feu devait être ardent. Les balances étaient chargées outre mesure, et un moment avant l'explosion, on vit le manomètre marquer 12^e.</p> <p>L'enveloppe cylindrique vola en morceaux; l'une des plaques tubulaires fut projetée à 40^m, en entraînant le faisceau des tubes; le dôme de la boîte à feu fut lancé en avant à 200^m.</p> <p>Excès de pression.</p>	1	2

DATE ET LIEU de L'EXPLOSION	RENSEIGNEMENTS SUR L'APPAREIL	CIRCONSTANCES DE L'EXPLOSION	ÉTAT	ESSAIS
<p>A — 11 — 4 novembre 1886. — L'Hillil. — Chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée (ligne d'Alger à Oran).</p>	<p>Locomotive <i>Béhémoth</i>. Corps cylindrique composé de quatre viroles : Diamètre 1^m,234 Épaisseur 11^{mm},25 Chaque virole composée de deux feuilles; aux 2^e et 4^e viroles, rivures longitudinales situées au-dessous de l'axe de la chaudière. Ces rivures, simples, avaient pour éléments : Distance d'axe en axe des rivets. 53^{mm} Diamètre des rivets 23 Demi-recouvrement 18 Capacité totale de la chaudière. 4^m3,770 Timbre 7^e,500 Chaudière construite en 1833 et ayant parcouru 650.000^e, appartenant au même lot que les chaudières qui avaient fait explosion en 1857 et 1864, et dont les tôles avaient été reconnues aigres et médiocres. (Accidents A — 2 ci-dessus et B — 4 ci-après.) Dernière épreuve officielle à 13^e,5, le 12 janvier 1880. En 1882 et dans l'hiver 1883-84, réparations comportant entre autres choses le renouvellement de la tubulure et la pose d'une pièce au bas de la deuxième virole. Au moment de l'explosion, survenue en cours de route, pression supérieure à celle du timbre.</p>	<p>Voir les <i>fig.</i> 10 et 11, Pl. XI. Corrosions en sillon sous les rivures longitudinales de la deuxième virole, à petite distance du bord du recouvrement. Celle de gauche : longueur 0^m,80; tôle réduite à 5^{mm}. Celle de droite : longueur 0^m,50; tôle réduite à 7^{mm}. A la présence de ces corrosions, sont à ajouter la médiocre qualité des tôles et un certain excès de pression. La déchirure paraît avoir commencé au sillon de gauche; le corps cylindrique s'est rompu en trente fragments, dont quelques-uns projetés à plus de 300^m. L'arrière de la chaudière a été lancé à droite, normalement à la voie; l'avant de la chaudière, le dôme et la boîte à fumée ont été projetés obliquement à gauche. Le foyer, avec la plaque tubulaire, hérissée de tubes, a été poussé par le train à 56^m en avant du lieu de l'explosion, après avoir, dans le recul initial, projeté hors voie le tablier, le mécanicien et le chauffeur. Nota. — Un rapport détaillé sur cette explosion, par M. l'ingénieur des mines Baills, sera publié dans la livraison prochaine des Annales des Mines. Nous devons à l'obligeance de M. Baills la permission de publier ici les <i>fig.</i> 10 et 11 de la Pl. XI, qui sont extraites de son rapport.</p>	5	»

B. Explosions ayant pris origine dans l'enveloppe du foyer.

<p>B — 1 — 30 mars 1846. — Chemin de fer de Paris à Orléans.</p>	<p>Locomotive <i>Smeaton</i>, construite en Angleterre en 1839, timbrée en 1840 à 5^m,50 et ayant subi de l'accident. Parcours : 1.000.000^e. Épaisseur de la tôle, 9 à 10^{mm}. La chaudière n'avait pas de manomètre. Elle portait deux soupapes à ressorts, dont l'une sur le dôme ci-dessus.</p>	<p>Cet accident a été décrit et figuré dans un rapport de M. l'ingénieur en chef Bineau, inséré aux <i>Annales des Mines</i>, t. XII, p. 601 et Pl. VI. La machine était sur un terrain très sec, et les rails étaient très usés. L'excès de pression, la seule soupape qui put être observée après l'accident était paralysée par le serrage à fond de son ressort.</p>	2	»
<p>B — 2 — 14 juillet 1854. — Près de Clermont (Puy-de-Dôme). — Travaux de remblai sur le chemin de fer du Centre.</p>	<p>Locomotive achetée en 1838, au constructeur Hawthorn, de Newcastle, et vendue en 1854 à un entrepreneur de la ligne du Centre. Capacité, 2^m3,250; surface de chauffe, 42^m2; timbre, 5^e,5. L'enveloppe du foyer, disposée en berceau cylindrique, à la partie supérieure, avait une épaisseur de 7^{mm},75 environ, réduite en certains points, à 6^{mm},5; elle était reliée aux faces latérales du foyer par des entretoises distantes de 0^m,14 verticalement et de 0^m,45 horizontalement. Cette chaudière était soumise en service à des pressions de 6^e,5 ou 7^e,5, parfois davantage.</p>	<p>La locomotive, remorquant un train de matériaux, a fait explosion à 270^m de son point de départ. La face plane gauche de l'enveloppe du foyer s'est déchirée et arrachée, la tôle se rompant transversalement sur toute la largeur, à hauteur de la naissance du berceau et le long de sa rivure inférieure, et les cornières qui reliaient cette face plane aux faces avant et arrière, se rompant le long de leurs arêtes. Cette face arrachée était en outre déchirée en deux. Les déchirures se continuaient sur le berceau cylindrique et se terminaient irrégulièrement sur la face de droite. La locomotive a été renversée sur le flanc droit et presque retournée. L'accident a été attribué à une insuffisance d'épaisseur de la tôle de l'enveloppe du foyer, insuffisance exagérée par l'usure; au trop grand espacement des entretoises; aux excès de pression.</p>	3	2
<p>B — 3 — 14 mars 1856. — Rive-de-Gier. — Chemin de fer de Saint-Etienne à Lyon.</p>	<p>Ancienne machine Verpillieux, à quatre cylindres, construite en 1847 et modifiée en 1854, par la suppression des cylindres du tender. Corps cylindrique de 1^m de diamètre et 2^m,88 de longueur; enveloppe du foyer, de 1^m,20 de longueur et 1^m,16 de largeur, surmontée d'un berceau cylindrique, s'élevant à 0^m,45 au-dessus de la génératrice supérieure du corps cylindrique. Faces antérieure et postérieure de l'enveloppe du foyer, en bonne tôle de 13^{mm}, reliée aux faces latérales et au berceau par des fers d'angle à angle droit de 12^{mm} d'épaisseur. Capacité, 3^m3,430. Surface de chauffe, 70^m2. Timbre, 6^e,5. Lors de la modification du mécanisme, en 1854-55, l'enveloppe du foyer avait été renforcée par diverses armatures, notamment par quelques tirants, reliant les faces antérieure et postérieure. Il n'y avait pas eu d'épreuve officielle à la suite de cette modification.</p>	<p>Voir les <i>fig.</i> 1 à 4, Pl. XII. La rupture de l'enveloppe du foyer (disjonction de la face postérieure d'avec le berceau, par suite de la rupture du fer d'angle qui unissait ces deux parties), s'est produite au moment où la machine, remorquant un train à son maximum de charge, après avoir gravi une rampe de 16^{mm}, circulait en rampe de 4^{mm} et allait aborder une rampe de 17^{mm}; elle patinait fortement. L'une des soupapes était surchargée par le serrage à fond du ressort, l'autre était peut-être calée. La locomotive, qui était à deux essieux et foyer en porte-à-faux, a rompu l'attelage qui la reliait au tender et s'est retournée de 160° autour d'un axe horizontal. L'accident a été rapporté à un excès de pression et au mauvais assemblage des faces de l'enveloppe du foyer, réunies au moyen de fers d'angle qui travaillaient normalement au sens de leur laminage et étaient insuffisamment résistants.</p>	2	»

DATE ET LIEU de L'EXPLOSION	RENSEIGNEMENTS SUR L'APPAREIL	CIRCONSTANCES DE L'EXPLOSION	TUÉS	BLESSÉS
B — 4 — 27 juin 1864. — Vesoul. — Chemins de fer de l'Est.	Locomotive <i>Tchernaïa</i> , de la même série que celle qui avait fait explosion à Dormans, en 1857, et que celle qui devait sauter à l'Hillil, en 1886. Construite en 1856, ayant subi une réparation complète à la fin de 1862. Parcours total, 237.000 ^m environ. Parcours depuis la réparation de 1862, 55.000 ^m . Diamètre du corps cylindrique, 1 ^m .25. Berceau de boîte à feu, formant prolongement de la partie supérieure du corps cylindrique, en tôle de 43 ^{mm} , rivée aux parties voisines par des rivets de 22 ^{mm} .5, distants de 0 ^m .05 d'axe en axe. Timbre, 8 ^{atm} . Tôle extrêmement aigre, dont l'allongement à la rupture descendait sur certains échantillons à 0,67 p. 100. (Cf. <i>Couche</i> , t. III, p. 78.)	Nous renvoyons, pour cette explosion, aux rapports de MM. Couche et Le Bleu, publiés par les <i>Annales des Mines</i> , 6 ^e série, t. VII, p. 23 et suiv., et aux dessins qui accompagnent le rapport de M. Le Bleu, Pl. II, fig. 1 à 8. Rappelons seulement sommairement que cette explosion s'est produite sur une locomotive de la même série, dans les mêmes conditions générales que celle du 20 août 1857, à Dormans, qui a été relatée ci-dessus sous le n ^o A-2. Il est vrai que dans l'accident de 1857, c'était le corps cylindrique qui avait cédé, tandis qu'ici c'est le berceau formant la partie supérieure de l'enveloppe du foyer; mais ce berceau n'était, dans les machines de ce type, que le prolongement de la partie supérieure du corps cylindrique. La machine était venue se mettre en tête d'un train qu'elle devait remorquer, lorsque la feuille formant le berceau se déchira suivant la ligne des centres des rivets qui la réunissaient aux parois latérales de l'enveloppe, et fut projetée en l'air. Il n'y avait pas de surcharge des soupapes. L'accident a été rapporté à la très grande aigreur et à la structure feuilletée du métal. A la suite de cet accident, la compagnie de l'Est a examiné minutieusement toutes les machines du même type, renforcé par des armatures les corps cylindriques et les dômes de boîte à feu, et allégé le service de ces machines.	2	"
B — 5 — 11 septembre 1870. — La Chapelle-Anthenaise. — Chemins de fer de l'Ouest (ligne de Brest).	Locomotive mise en service en 1856, et ayant subi, en 1866, une réparation importante comportant le remplacement de trente-sept entretoises. La face arrière de l'enveloppe du foyer était formée d'une feuille de tôle de 41 ^{mm} .3 à 42 ^{mm} d'épaisseur, à bords emboutis et rivés sur les parois latérales et supérieures de cette enveloppe. Elle était reliée à la face arrière du foyer par des entretoises de 22 ^{mm} , espacées de 10 ^m , et sa partie supérieure, située au-dessus du ciel du foyer, était raidie par quatre tirants longitudinaux, situés sur une même ligne horizontale.	La face arrière de l'enveloppe du foyer, dans toute sa partie située au-dessus du gueulard, s'est violemment détachée; la ligne de rupture a suivi le contour de la plaque, mais sans atteindre les rivures; au bas, la plaque s'est brisée suivant une ligne irrégulière, sise dans son ensemble, à hauteur de l'axe du gueulard, et contournant la partie supérieure de celui-ci. Toutes les entretoises intéressées se sont rompues au droit de la plaque arrachée. La machine, lancée en avant par la réaction, a parcouru 370 ^m . Les ruptures paraissent avoir commencé vers le haut de la plaque d'arrière, région où la section de cassure laissait voir un dédoublement de la tôle et où la demi-feuille interne paraissait présenter une fissure ancienne. Cet accident a été rapporté à une fissuration par flexion dans le bord arrondi de la plaque d'arrière.	1	1
C. Explosions ayant pris origine dans le dôme ou à sa base.				
C — 1 — 1844. — Entre Rive-de-Gier et St-Etienne, près du percement de St-Julien. — Chemin de fer de Saint-Etienne à Lyon.	Chaudière à foyer cylindrique, construite par Verpilloux, et timbrée en 1843 à 3 ^{atm} . Corps cylindrique de 1 ^m .20 de diamètre en tôle de 10 ^{mm} . Pour empêcher les entraînements d'eau, on avait surmonté ce corps, postérieurement à l'épreuve, d'un réservoir de vapeur dont la forme était celle d'un berceau cylindrique de 0 ^m .30 environ de rayon, ayant ses génératrices parallèles à l'axe de la chaudière et boulonné sur celle-ci suivant ses naissances. Ce réservoir était en tôle de cuivre de 2 ^{mm} seulement d'épaisseur. La chaudière était percée au-dessous de lui de trois larges ouvertures établissant entre eux la communication.	Cet accident a été décrit et figuré dans un rapport de M. l'ingénieur des mines Pigeon, inséré aux <i>Annales</i> , 4 ^e série, t. VIII, p. 33 et Pl. II. La locomotive descendait une pente de 14 ^{mm} avec un train de 39 ^t , lorsque le réservoir de vapeur en cuivre se rompit; un fragment fut projeté à 10 ^m ; le corps cylindrique lui-même se déchira suivant la ligne des ouvertures par lesquelles il communiquait avec le réservoir, et suivant deux sections droites, de sorte que deux lambeaux se rabattirent de part et d'autre sur le tablier. Causes: vices de construction, le réservoir étant en tôle trop mince et le corps cylindrique étant trop affaibli par les ouvertures sous-jacentes. De plus la tôle de la chaudière était de mauvaise qualité. Accessoirement, il a été présumé que la pression excédait le timbre.	"	"
C — 2 — 22 juin 1872. — Près d'Angerville. — Chemin de fer d'Orléans.	Locomotive mise en service en juin 1871. Parcours, 66.000 ^m . Chaudière en acier fondu, métal livré comme ayant une résistance de 52 à 55 ^t par millim. carré. Diamètres: du corps cylindrique, 1 ^m .25; du dôme situé sur l'avant de ce corps, 0 ^m .90; de l'ouverture du corps cylindrique sous le dôme, 0 ^m .80. Epaisseurs: du corps cylindrique, 8 ^{mm} ; du dôme, 6 ^{mm} .5 à 7 ^{mm} ; du raccordement du dôme avec la chaudière, 6 ^{mm} . Assemblage des tôles: à double rangée de rivets, sauf au raccordement du dôme avec le corps cylindrique où il n'y avait qu'une seule rangée. Timbre, 8 ^{atm} . En 1871 et 1872, onze autres chaudières du même type se sont fissurées à la base du dôme, savoir, neuf à l'épreuve hydraulique sous des pressions généralement voisines de 13 ^t , et deux en service.	Voir les fig. 5 à 8, Pl. XII. Explosion survenue en pleine marche, alors que la machine remorquait un train-poste en alignement droit et en palier, à la vitesse de 65 ^t . Dispersion du corps cylindrique, qui s'est fractionné par des ruptures généralement en pleine tôle, de la boîte à feu à la boîte à fumée; ces deux boîtes et le faisceau tubulaire les reliant, sont restés intacts. Le dôme s'est séparé de la chaudière à sa base, principalement suivant l'emboutissage, et déchiré sur toute sa hauteur en pleine tôle. La calotte du dôme s'est arrachée. La machine a été renversée, les roues en l'air; tout le train, sauf la dernière voiture, a déraillé. L'accident a été rapporté à l'insuffisance de solidité de la chaudière, tenant à la faible épaisseur des tôles et au grand affaiblissement de la virole qui portait le dôme, par suite des grands diamètres de ce dernier et du trou sous-jacent.	1	1

DATE ET LIEU de L'EXPLOSION	RENSEIGNEMENTS SUR L'APPAREIL	CIRCONSTANCES DE L'EXPLOSION	TUÉS	BLESSÉS
C — 3 26 septembre 1872. — Limoges. — Chemin de fer d'Orléans.	Locomotive mise en service en 1865. Chaudière en acier fondu, du même type que la précédente. Dôme de 0 ^m ,90 de diamètre, surmonté d'une calotte emboutie sur ses bords et portant en son centre le piètement des soupapes. L'épaisseur de cette calotte variait de 6 ^{mm} ,5 à 7 ^{mm} en général, et de 6 à 7 ^{mm} dans la section de rupture.	Arrachement de la calotte du dôme, qui a été projetée à 100 ^m de distance. La rupture a eu lieu au-dessus de la rivure, dans la partie moyenne de la surface d'emboutissage. L'examen de la cassure a révélé, sur une demi-circonférence, une altération du métal s'étendant depuis l'intérieur, jusqu'à 4, 5 et 6 ^{mm} , parfois sur toute l'épaisseur. Sur le reste de la circonférence, une altération semblable s'observait seulement sur une longueur de 0 ^m ,20. Il y avait en outre des gerçures au voisinage de la ligne de rupture. On a rapporté ces altérations du métal, au travail d'emboutissage; nous pensons qu'il y a lieu d'y voir aussi, ainsi que l'avait indiqué M. l'ingénieur des mines Orsel, le résultat des flexions.	»	»
C — 4 17 juillet 1879. — Caen. — Chemins de fer de l'Ouest (ligne de Paris à Cherbourg).	Age, vingt-quatre ans. Timbre, 7 ^k ,5. Le dôme avait à son sommet une calotte hémisphérique en fonte, de 0 ^m ,60 de diamètre et 25 ^{mm} d'épaisseur, présentant à sa base une collerette que vingt boulons fixaient sur une bride, portée par la partie inférieure cylindrique de ce dôme. Avant l'accident, on avait eu à lever la calotte du dôme, après quoi on l'avait remise en place en faisant le joint au moyen d'un fil de cuivre disposé en cercle et serré entre les deux brides.	Explosion de la calotte du dôme, à la première chauffe après la réfection de joint mentionnée ci-contre, et au moment où la machine venait se mettre en tête d'un train de voyageurs. Il fut reconnu qu'il existait vers la base de la calotte, dans la ligne suivant laquelle celle-ci s'était séparée de la collerette, une fente ancienne, longue de 260 ^{mm} et profonde de 20 ^{mm} en son milieu. Accident rapporté à la réunion des deux circonstances suivantes : existence de cette fente ancienne, et serrage exagéré de la collerette, que les boulons pressaient en porte-à-faux, à cause de la présence du cercle en cuivre.	1	»
C — 5 25 mars 1887. — Frontignan. — Chemin de fer de Paris à Lyon.	Dôme cylindrique : Diamètre intérieur 0 ^m ,803 Hauteur totale 0 970 Épaisseur 0 011 Terminé à sa partie supérieure par une calotte plane à bords emboutis; rayon de l'emboutissage, sommet d'assise de la calotte, 0 ^m ,011.	La calotte supérieure du dôme s'est rompue au droit de la partie emboutie. Il existait au milieu de cette partie une fissure préalable, intéressant toute l'épaisseur de la tôle sur 230 ^{mm} de développement, soit sur la presque totalité de la circonférence. Cette fissure, dénoncée extérieurement le 23 mars, par une fuite de vapeur, avait été reconnue le 24, sur 200 ^{mm} de développement. C'est par suite d'une erreur que la chaudière avait été remise en service.	»	»

Age de la locomotive, environ quinze années de service environ. Dernière épreuve, 19 novembre 1884.

D. Explosions ayant pris origine dans le foyer.

D — 1 4 mars 1849. — A Versailles, dans une tranchée ouverte pour la construction du chemin de fer de Chartres. — Machine appartenant au matériel du chemin de fer de Versailles (rive gauche) et louée aux entrepreneurs des travaux.	Locomotive construite en 1841. Dimensions du foyer : Longueur 0 ^m ,78 Largeur 1 04 Hauteur 1 15 Le ciel du foyer, en tôle de cuivre, de 10 ^{mm} , était raidi par six cornières placées longitudinalement, mais s'arrêtant à 0 ^m ,05 des bords des parois d'avant et d'arrière; les deux cornières moyennes étaient reliées au sommet de l'enveloppe du foyer. Timbre, 5 ^{atm} . La chaudière était sans manomètre et son tube indicateur était peut-être en mauvais état.	Cette explosion a été décrite dans un rapport de M. l'ingénieur des mines Sentis, inséré aux <i>Annales</i> , 4 ^e série, t. XVI, p. 81. Le ciel du foyer s'est déchiré sur toute sa largeur à 0 ^m ,06 de la face arrière et s'est replié suivant une ligne voisine de la plaque tubulaire. La chaudière a été jetée à 20 ^m en avant, avec la partie antérieure du châssis, lequel s'est rompu en avant des roues d'arrière; la partie postérieure du châssis a été projetée en arrière, par-dessus le tender. L'accident est attribué principalement à un défaut de construction, le ciel du foyer n'étant pas convenablement armaturé. Le même vice de construction avait, en 1846, amené la déformation du ciel du foyer d'une chaudière livrée par les mêmes ateliers à la compagnie du chemin de fer de Sceaux. Cette compagnie avait alors modifié les armatures des quatre foyers de ce système qui lui avaient été fournis.	1	4
D — 2 25 septembre 1853. — Enghien. — Chemin de fer du Nord.	Machine construite et mise en service en 1847, réapprouvée en 1850; dernière réparation, avec renouvellement de la tubulure, en janvier 1853. Timbre, 7 ^{atm} . Parcours total, 149.000 ^k . Parcours depuis la réparation subie en janvier 1853, 29.800 ^k . La plaque arrière du foyer était entretournée de 10 en 10 ^{cm} ; son épaisseur primitive était de 11 à 12 ^{mm} (cuivre).	Voir la <i>fig. 9</i> , Pl. XII. La plaque arrière du foyer, sous la porte de chargement, s'était corrodée tellement, qu'elle n'avait plus, en un point situé à 0 ^m ,10 sous le milieu de cette porte, que 1 ou 2 ^{mm} d'épaisseur sur 0 ^m ,25 ou 0 ^m ,30. Son épaisseur, graduellement croissante autour de cette plage, n'atteignait 6 ou 7 ^{mm} , qu'à 0 ^m ,40 de distance du point le plus faible. Les têtes d'entretoises étaient rongées. A une pression qui n'excédait pas 6 ^{atm} , et tandis que la machine était en stationnement, cette plaque corrodée s'est déchirée horizontalement, sur toute la largeur, à 0 ^m ,10 au-dessous de la porte et s'est repliée à l'intérieur du foyer, laissant une ouverture béante, rectangulaire, de 0 ^m ,54; sur cinquante-quatre entretoises environ mises à nu, une seule a été brisée, les autres ont lâché prise.	»	2

DATE ET LIEU de L'EXPLOSION	RENSEIGNEMENTS SUR L'APPAREIL	CIRCONSTANCES DE L'EXPLOSION	TUSÉS		BLESSES	
			TUSÉS	BLESSES	TUSÉS	BLESSES
D — 3 22 novembre 1854. — Entre Bordeaux et Dax. — Chemins de fer du Midi.	Locomotive ayant appartenu à la Compagnie du chemin de fer du Nord, qui en avait réparé le foyer en 1848, et cédée par elle aux chemins de fer du Midi. Surface de chauffe, 69 ^m ,30. Dimensions du foyer : Longueur 1 ^m ,02 Largeur 1 41 Hauteur 1 41 Le ciel du foyer était raidi par cinq armatures en fer, placées longitudinalement, reliées chacune au ciel par six boulons, et ayant : Longueur 1 ^m ,00 Hauteur 0 ,09 Épaisseur 0 ,035 Étant moins longues que le foyer, ces armatures ne pouvaient porter à la fois sur les parois extrêmes : deux portaient sur l'une des parois, les trois autres ne portaient pas. La chaudière avait été réépruvée à la suite d'une réparation importante, le 29 avril 1854, et timbrée à 6 ^{atm} .	Voir les fig. 40 à 42, Pl. XII. Le ciel du foyer s'est défoncé et détaché complètement, en arrachant avec lui des lambeaux des faces latérales. La machine paraît avoir parcouru 78 ^m entre le point où l'explosion a commencé à se développer et celui où la locomotive s'est arrêtée, sans renversement complet, et où l'on a retrouvé le ciel du foyer tombé. Causes : Une fissure existait vers le haut de la partie gauche du foyer ; une partie de la tôle du ciel s'était notablement amincie ; enfin le ciel du foyer n'était pas convenablement armaturé.	2	2	2	2
D — 4 17 août 1861. — Près de Charmoy. — Chemins de fer de l'Est.	Machine construite en 1856. Foyer en cuivre relié à son enveloppe par des entretoises en fer de 48 ^{mm} de diamètre, espacées de 40 ^{mm} . On reconnut après l'accident que sur les 120 entretoises de la face gauche du foyer, 41 présentaient des traces de rupture très ancienne ; 33 entretoises de la face droite et 27 de la tôle d'avant étaient dans le même cas.	Cette explosion a été décrite et figurée dans un rapport de M. Le Bleu, suivi d'un avis de M. Couche, insérés aux <i>Annales des mines</i> , 5 ^e série, t. XX, p. 509 et Pl. VIII. Le rapport de M. Jutier cité ci-après (D — 5) en commente les circonstances en termes intéressants. La machine, attelée en tête d'une double traction, remorquait un train de marchandises, lorsque la tôle d'arrière du foyer se déchira ; en même temps le ciel fut déplacé, et les parois latérales se déformèrent. L'eau de la chaudière se répandit dans le foyer. Heureusement pour le mécanicien et le chauffeur, la fermeture de la porte de chargement était fermée.	»	2	»	2
D — 5 10 novembre 1862. — A 3 kilomètres de Moulins. — Chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée (ligne du Bourbonnais).	Chaudière construite en 1857, timbrée à 8 ^{atm} . Parcours, au jour de l'explosion, 123.085 ^k . Dimensions du foyer en cuivre : Longueur 1 ^m ,290 Largeur au-dessus des longerons 1 ,066 Épaisseur de la plaque tubulaire 0 ,025 Épaisseur des faces verticales } à 0 ,015 Tôle arrière de l'enveloppe du foyer en tôle de fer de 13 ^{mm} . On a reconnu qu'à l'endroit où le foyer a été déchiré, 17 entretoises étaient rompues à l'avance aux trois rangées supérieures de l'entretoisement de la face arrière du foyer, notamment 9 sur les 10 qui composaient la 2 ^e rangée.	Nous renvoyons, pour cette explosion, au rapport de M. l'ingénieur des mines Jutier, inséré aux <i>Annales des mines</i> , 6 ^e série, t. V, p. 239 et suiv., et aux dessins qui l'accompagnent, Pl. IX. Rappelons seulement sommairement qu'au moment où la locomotive, remorquant le train 810, arrivait au passage supérieur, dit pont du Rigolet, au kilom. 309.600, le ciel du foyer se rabattit en tournant autour de l'arête supérieure de la plaque tubulaire, et entraînant de larges lambeaux des faces latérales. Les ruptures d'entretoises de la face d'arrière rendant insuffisamment rigide le raidissement de cette face, celle-ci s'était bombée et avait laissé le ciel s'écraser sous l'effort de la pression, en entraînant ses armatures. La locomotive fut lancée à 23 ^m en avant du pont, soit à 53 ^m du lieu de l'explosion ; le pont lui-même tomba sur la voie.	1	2	1	2
D — 6 28 février 1867. — Rouleau compresseur pour le cylindrage des voies empierrées à Paris. — MM. Gellerat et C ^e , entrepreneurs de cylindrage à vapeur.	Timbre, 6 ^{atm} . Le ciel du foyer était raidi par cinq armatures longitudinales s'appuyant d'un côté sur la plaque tubulaire, de l'autre, sur une cornière appliquée sur la face postérieure de la chaudière. Le cadre de la porte du foyer était en fonte.	La cornière servant de support postérieur aux armatures du ciel du foyer s'étant rompue, il y a eu rabattement de la partie arrière de ce ciel jusque sur les barreaux de la grille ; en même temps le cadre de la porte du foyer s'est brisé et a été projeté en fragments. Le rouleau compresseur, mis en mouvement par la réaction en sens inverse de l'écoulement de la vapeur, a été heurté un mur qu'il a démoli en partie. Vices de construction dans le mode de raidissement du ciel et dans la constitution du gueulard.	2	2	5	5
D — 7 29 avril 1867. — Villiers-Neauphle. — Chemins de fer de l'Ouest (ligne de Granville).	Machine n° 632, remorquant le train régulier de marchandises n° 121, de Vaugirard à Laigle.	L'accident a eu lieu pendant un stationnement. Il n'y a pas eu d'accident de personnes, parce que le mécanicien et le chauffeur s'étaient éloignés de leur machine. Rupture du ciel du foyer, qui s'est rabattu sur la plaque tubulaire. L'arrière a été soulevé, avec bris de l'attelage, et la machine est retombée sur le côté gauche. La traverse du tender et sa caisse à eau de gauche ont été brisées ; des morceaux de houille qu'il contenait ont été lancés à plus de 200 ^m .	»	»	»	»

Plus
quelques
passants
contusionnés

DATE ET LIEU de L'EXPLOSION	RENSEIGNEMENTS SUR L'APPAREIL	CIRCONSTANCES DE L'EXPLOSION	TUÉS	BLESSÉS
D — 8 — 25 mars 1884. — Près de Curbigny, chantiers de construction du chemin de fer de Roanne à Chalon-sur-Saône. — MM. Vouillon, Baudron et Vernet, entrepreneurs.	Machine datant probablement de 1867; mais la chaudière était peut-être plus ancienne. Foyer en tôle de cuivre de 10 ^{mm} , de qualité convenable, ayant pour dimensions : Hauteur. 0 ^m .80 Largeur. 0 52 Longueur. 0 65 et dont les joues étaient reliées à l'enveloppe par des entretoises, espacées de 10 ^{mm} verticalement et de 9 ^{mm} horizontalement. Les entretoises primitives avaient 18 ^{mm} de diamètre; un certain nombre d'entre elles avaient été remplacées à diverses époques et les entretoises nouvelles avaient été mal ajustées. La chaudière avait subi avec succès l'épreuve officielle, le 20 février 1884, pour le timbre de 7 ^k .	Nous faisons figurer ici cet accident parce que M. Vinçotte l'a compris dans ses tableaux, mais il pourrait être laissé de côté comme ne constituant pas une explosion. La joue droite du foyer, où un groupe de huit entretoises était probablement cassé à l'avance, et où la corrosion de la tôle de cuivre du côté du feu avait réduit l'épaisseur du métal à 6 ^{mm} et diminué outre mesure le recouvrement des têtes d'entretoises, s'est brusquement bombée avec flèche maximum de 9 ^m , et les trous d'insertion des entretoises livrant passage à la vapeur, le mécanicien fut brûlé assez sérieusement, et le chauffeur, d'une manière tout à fait insignifiante. Il n'y eut aucune déchirure des tôles.	1	Plus le chauffeur brûlé d'une manière insignifiante.
D — 9 — 1 ^{er} décembre 1887. — Sur le carreau de la fosse n° 4 des mines de Bruay (Pas-de-Calais).	Chaudière construite en 1881. Dimension du foyer : Longueur. 1 ^m .22 Largeur. 0 .92 Ciel et parois latérales formés d'une même feuille de 12 ^{mm} d'épaisseur. Ciel raidi par huit armatures composées chacune de deux flasques de 10 ^{mm} d'épaisseur, espacées de 20 ^{mm} et reliées par des rivets; ces armatures ne prenaient appui que sur la plaque tubulaire et ne portaient pas sur la plaque arrière. Le ciel ainsi raidi, mais non efficacement soutenu, était relié à l'enveloppe extérieure par six tirants d'une section minimum de 4 ^{mm} , en fer médiocre.	Le ciel du foyer s'est déchiré et rabattu autour de l'arête supérieure de la plaque tubulaire; la machine a été soulevée à 2 ^m au-dessus du sol et projetée à une distance horizontale de 23 ^m . Le mécanicien a été lancé à 26 ^m de la machine et le chauffeur à 93 ^m ; la porte du foyer a été retrouvée à 55 ^m . Les tirants destinés à soutenir le ciel du foyer étaient rompus d'ancienne date et le ciel était fissuré, antérieurement à l'accident, le long de la face arrière. Causes : vices de construction, ayant entraîné la formation de ces avaries sous l'influence du jeu des dilations inégales entre fer et cuivre.	2	»

II. — BELGIQUE (1840-1886).

DATE ET LIEU de L'EXPLOSION	RENSEIGNEMENTS SUR L'APPAREIL	CIRCONSTANCES DE L'EXPLOSION	TUÉS	BLESSÉS
A. Explosions ayant pris origine dans le corps cylindrique.				
A — 1 — 4 septembre 1878. — Construction du chemin de fer de Bruxelles à Termonde.	Longueur de la partie cylind., 2 ^m .50. Diamètre, 0 ^m .91. Timbre, 6 ^{atm} .	Fente le long d'une rivure longitudinale, puis déroulement de toute la partie cylindrique qui se déchire en plusieurs fragments. La cause n'a pas été reconnue.	»	»
A — 2 — 5 mars 1880. — Bruxelles (gare du quartier Léopold). — Chemins de fer de l'État belge.	Voiture à vapeur, chaudière en forme de 8, construite en 1878. Timbre, 10 ^{atm} .	Voir les fig. 13 à 17, Pl. XII. Corrosion en sillon le long d'une génératrice, à l'endroit où, par suite de la forme en 8, la tôle pliait sous pression; une cassure longitudinale s'est produite dans la partie rongée, puis les tôles du corps cylindrique se sont déroulées en se déchirant de diverses façons. Le foyer et la boîte à fumée ont été jetés à une certaine distance, mais sont restés réunis par le faisceau tubulaire.	»	»
A — 3 — 2 février 1886. — Esschen. — Chemins de fer de l'État belge.	Locomotive à voyageurs, construite en 1871. Corps cylindrique de deux viroles, formées chacune de deux tôles. Diamètre vertical 4 ^m .340 Id. horizontal 4 .316 Épaisseur 14 ^{mm} Pression 8 ^{atm} Rivures longitudinales à deux rangées de rivets; distance des lignes d'axes des deux rangées, 33 ^{mm} ; distance des axes des rivets dans chaque rangée, 72 ^{mm} ; largeur du recouvrement des tôles, 90 ^{mm} .	Corrosion en rigole le long des rivures longitudinales de la seconde virole, qui se trouvaient à 0 ^m .31 sous le niveau de l'eau. Les rivures de la première virole étaient à 0 ^m .20 seulement du niveau de l'eau et n'ont pas été rongées. (V. les fig. 1 à 3, Pl. XIII). Au fond de la rigole, qui avait jusqu'à 5 ^{mm} de profondeur, il s'était fait un sillon de corrosion de moins de 1 ^{mm} de large et dont la profondeur atteignait 5 ^{mm} , de sorte qu'à certaines places la tôle n'avait plus que 1 ^{mm} . Cette corrosion était à son maximum au milieu de la virole. La locomotive était au dépôt, et la pression était d'environ 5 ^{atm} , quand une déchirure s'est produite dans le sillon de la rivure longitudinale de gauche et s'est prolongée jusqu'aux rivures transversales. Les tôles se sont déroulées, l'une vers le haut et l'autre vers le bas, et ont été jetées vers la droite, l'une à 100 ^m et l'autre à 30 ^m . La locomotive est restée en place.	»	»

DATE ET LIEU de L'EXPLOSION	RENSEIGNEMENTS SUR L'APPAREIL	CIRCONSTANCES DE L'EXPLOSION	TUÉS	BLESSÉS
B. Explosions ayant pris origine dans l'enveloppe du foyer.				
B - 1 4 octobre 1864. Lodelinsart. Locomotive provenant du chemin de fer de Sambre-et-Meuse, reprise depuis six semaines par le Grand-Central Belge.	Age, huit ans. Timbre, 7 ^{atm} . Dernier essai à la presse, le 29 octobre 1863. Tôle plane d'arrière de boîte à feu en tôle de 10 ^{mm} , soutenue par un fer à T, relié par trois tirants à la tôle tubulaire d'avant.	Crevasse intérieure de la tôle plane d'arrière de l'enveloppe du foyer, suivant le congé qui la reliait à la partie cylindrique. Maximum de la crevasse à la partie supérieure. La tôle s'est déchirée en suivant la crevasse, puis s'est rabattue, en se cassant à la hauteur de la porte. La réaction a lancé la machine en avant, lui a fait casser l'attelage et parcourir 1 ^r .	2	»
B - 2 23 février 1866. Ligne d'Anvers à Rotterdam. Locomotive provenant du chemin de fer de Sambre-et-Meuse, récemment reprise par le Grand-Central Belge.	Age, onze ans. Timbre, 7 ^{atm} . Chaudière de même système que la précédente, faite en Angleterre, avec cinq autres pareilles.	Accident semblable au précédent. Crevasse dans le congé de la tôle plane, de 90° de longueur. Sa profondeur maximum était à la partie supérieure, où sur 33° elle était de 6 à 8 ^{mm} . La tôle s'est cassée dans la partie crevassée et s'est rabattue vers l'extérieur en cassant un certain nombre d'entretoises. Après cet accident, toutes les chaudières de la même série ont été démolies. Elles avaient toutes le même défaut.	1	»
B - 3 29 décembre 1873. Lichtervelde. Société générale d'exploitation.	Chaudière datant de février 1870, essayée à la presse à 12 ^{atm} , le 12 décembre 1873. Timbre, 8 ^{atm} .	La tôle d'arrière était insuffisamment soutenue et s'était rongée à l'intérieur de la chaudière, suivant un sillon, à l'endroit où la disposition des renforts lui faisait faire sa flexion. La première fente se produisit horizontalement à la partie supérieure de la tôle dans ce sillon. Après quoi la tôle d'arrière se rabattit sur la plate-forme et la locomotive fut violemment lancée en avant.	»	»
B - 4 24 novembre 1881. Ath. Chemins de fer de l'Etat belge.	Locomotive âgée de vingt-sept ans.	Crevasse de 0 ^m ,58 dans l'emboutissage de la tôle d'arrière. La crevasse était verticale dans l'angle de gauche. Elle commençait à la hauteur du foyer en cuivre et descendait vers le bas dans un sillon de corrosion. Les dégâts matériels ont été très faibles, aucune entretoise n'a été arrachée. L'accident ne constitue donc pas pour M. Vinçotte une explosion proprement dite. Il n'a été compris, dit-il, dans les listes officielles belges des accidents de chaudières à vapeur que parce qu'il y a eu mort d'homme.	1	»
B - 5 6 mars 1886. Monceau. Chemins de fer de l'Etat belge.	Locomotive construite en 1870, pour la Société générale d'exploitation. Timbre, 8 ^{atm} . Épaisseur de la tôle plane d'arrière, 14 ^{mm} . Cette tôle a 0 ^m ,56 de hauteur au-dessus de la rangée supérieure des entretoises du foyer. Sur cette hauteur, elle n'est soutenue que par deux équerres horizontales, qui ne sont rattachées au corps cylindrique que sur les côtés.	Rupture ancienne de l'attache de l'équerre au corps cylindrique. Fissure et corrosion dans la courbure de la tôle d'arrière que l'équerre ne soutenait plus. Le maximum de profondeur correspondait au niveau de l'équerre. Rupture successive de sept entretoises placées immédiatement sous l'équerre rompue. La chaudière étant en cet état, la fissure s'est ouverte pendant que la locomotive était en marche. D'abord, une fuite de vapeur s'est produite, puis il y a eu ouverture de la crevasse avec 35 ^{mm} de bûillement maximum et sur une longueur dépassant de 10 ^{cm} la crevasse préalable.	»	2
C. Explosion ayant pris origine dans le dôme ou à sa base.				
C - 1 19 juin 1874. Grand-Central Belge.	Chaudière mise en service le 4 novembre 1871, essayée à la presse à 12 ^{atm} , le 12 juin 1874. Timbre, 8 ^{atm} .	Voir les fig. 6 à 9, Pl. XIII. La virole porte-dôme s'est brisée en un grand nombre de fragments qui ont été dispersés au loin; le dôme a été partagé en deux pièces. La première déchirure s'est produite en travers de l'ouverture carrée pratiquée vers le bas du dôme pour le passage de la prise de vapeur.	»	2
D. Explosions ayant pris origine dans le foyer.				
D - 1 22 février 1859. Marchiennes. Chemins de fer du Nord belge.	Chaudière à foyer en cuivre, dont le ciel était soutenu par des poutrelles longitudinales.	Le ciel du foyer s'est affaissé et déchiré. La locomotive a été soulevée de 3 à 4 ^m et a cassé les rails en retombant. Il y avait des dégradations à la tôle et à ses supports, mais le rapport ne dit pas lesquelles.	»	1

DATE ET LIEU de L'EXPLOSION	RENSEIGNEMENTS SUR L'APPAREIL	CIRCONSTANCES DE L'EXPLOSION	TUÉS	BLESSÉS
D — 2 9 novembre 1861. Charbonnage de Bonne-Espérance.	Age, deux jours. Timbre, 7 ^{atm} . Foyer en cuivre soutenu par des poutrelles longitudinales.	Le ciel du foyer a cédé. La réaction a soulevé la chaudière qui est allée tomber à 20 ^m sens dessus dessous. Cause : insuffisance de soutènement du ciel du foyer ou manœuvre d'eau.	»	3
D — 3 21 décembre 1861. Même lieu que l'explosion précédente.	Locomotive ayant marché deux ans sur le chemin de fer reliant les usines de Couillet au charbonnage de Marcinelle-Nord, et mise en service en remplacement de la précédente, à la suite de l'accident ci-dessus, après avoir été essayée à la presse, le 12 novembre. Timbre, 5 ^{atm} .	La chaudière, en tout semblable à la précédente, la remplaçait et a sauté à la même place, de la même manière et avec les mêmes effets.	2	»
D — 4 10 janvier 1870. Bruges. Société générale d'exploitation.	Foyer en cuivre.	Écrasement du ciel du foyer, qui arrache la tôle des parois latérales, sur une étendue telle, que l'enveloppe extérieure du foyer n'est plus soutenue et se déchire de son côté. Le bouchon fusible a été retrouvé intact.	1	1

III. — HOLLANDE (1866-1885).

DATE ET LIEU de L'EXPLOSION	RENSEIGNEMENTS SUR L'APPAREIL	CIRCONSTANCES DE L'EXPLOSION	TUÉS	BLESSÉS
D. Explosion ayant pris origine dans le foyer.				
D — 1 31 mars 1868. Chemins de fer de l'Etat néerlandais.	Age, cinq ans. Foyer en cuivre dont le ciel était soutenu par des poutrelles.	Voir la Ag. 10, Pl. XIII. La machine était attelée à un train de voyageurs et prête à partir.	»	2
		Le ciel du foyer a cédé à l'arrière et s'est rabattu sur la tôle tubulaire. La locomotive a été lancée en l'air, en tournant sur elle-même. Quelques entretoises de la partie supérieure de la paroi d'arrière du foyer étaient cassées, et avaient permis à la tôle de cuivre de former une bosse. Dans ces conditions, les poutrelles n'étaient plus suffisamment supportées à l'arrière, et le ciel du foyer s'est affaissé en arrachant une partie de la tôle d'arrière et des tôles latérales.		

IV. — ANGLETERRE (1866-1885).

DATE ET LIEU de L'EXPLOSION	RENSEIGNEMENTS SUR L'APPAREIL	CIRCONSTANCES DE L'EXPLOSION	TUÉS	BLESSÉS
A. Explosions ayant pris origine dans le corps cylindrique.				
A — 1 1 ^{er} janvier 1866. Nottingham. Great Northern Railway.	Pression maximum de marche, environ 7 ^{atm} ,5. Chaudière récemment visitée et essayée à la presse.	Corrosion (grooving) le long d'une rivure longitudinale. Toutes les parties, sauf le foyer, ont été lancées de divers côtés.	»	»
A — 2 19 juin 1866. Nottingham. Midland Railway.	Pression, environ 9 ^{atm} ,5. Épaisseur, 12 ^{mm} ,7. Nota. — Le mot pression, dans cette colonne, signifie pression maximum de marche normale.	La cassure s'est faite le long du matage d'une rivure longitudinale. Elle s'est prolongée dans la virole voisine. La réaction due à l'échappement de l'eau et de la vapeur a jeté la locomotive hors voie. Il y avait au point d'origine de la rupture une corrosion dont le rapport ne précise pas l'espèce.	2	1
A — 3 10 mai 1867. Shildon. North Eastern Railway.	Pression, environ 9 ^{atm} .	Corps cylindrique dispersé en un grand nombre de fragments. Les tubes en grande partie arrachés : la boîte à fumée et le foyer restent réunis par quelques tubes et par les longerons. On a supposé que la rupture avait commencé à une rivure longitudinale.	1	1

DATE ET LIEU de L'EXPLOSION	RENSEIGNEMENTS SUR L'APPAREIL	CIRCONSTANCES DE L'EXPLOSION	TUÉS	BLESSÉS
A — 4 14 juillet 1868. Hallefan. Lancashire and Yorkshire Railway.	Pression, environ 9 ^{atm} . Corps cylindrique de 1 ^m ,219 de diamètre, 3 ^m ,276 de longueur, 12 ^{mm} ,7 d'épaisseur. Rivures sans couvre-joint.	Destruction du corps cylindrique. La première fente a été longitudinale, dans une profonde ligne de corrosion (furring), le long d'une rivure.	»	3
A — 5 22 janvier 1869. Manchester. Lancashire and Yorkshire Railway.	Age, quatorze ans. Pression, environ 9 ^{atm} . Corps cylindrique de 1 ^m ,219 de diamètre, 3 ^m ,20 de longueur, 11 ^{mm} ,41 d'épaisseur. La locomotive avait été essayée à la presse à 12 ^{atm} ,24, quelque temps auparavant.	Corrosion intérieure (furry) le long d'une rivure longitudinale, rupture de la virole dans la ligne rongée. Légère extension dans la virole voisine et commencement du développement de la tôle. Pas d'autre dégât.	»	»
A — 6 29 décembre 1870. Northallerton. North Eastern Railway.	Age, vingt ans. Pression, environ 5 ^{atm} ,5. Corps cylindrique de 1 ^m ,117 de diamètre, 3 ^m ,75 de longueur, 9 ^{mm} ,52 d'épaisseur.	Voir la fig. 11, Pl. XIII. Corps cylindrique déchiré en un grand nombre de fragments. Les pièces caractéristiques n'ont pas été retrouvées.	»	1
A — 7 13 décembre 1871. Middlesborough. North Eastern Railway.	Pression, environ 8 ^{atm} . Diamètre, 1 ^m ,619. Longueur totale, 5 ^m ,639. Epaisseur, 11 ^{mm} ,11.	Corrosion intérieure (furry) le long d'une rivure. Fente longitudinale d'une virole dans la partie rongée et commencement de déroulement de la virole. Pas d'autre dégât.	»	1
A — 8 5 février 1872.	Pression, environ 7 ^{atm} ,5. D = 1 ^m ,619. e = 11 ^{mm} ,11. Double rivure.	Voir la fig. 12, Pl. XIII. Corrosion le long d'une rivure longitudinale. Fente longitudinale de la première virole au côté du foyer, développement du disque de	1	»

Moor Row. Whitehaven Cleator and Egremont Railway.				
A — 9 23 mars 1872. Bridge of Dun (Ecosse). Caledonian Railway.	»	Destruction de toute l'enveloppe cylindrique, qui a été arrachée du foyer et de la boîte à fumée. Cause inconnue.	»	1
A — 10 16 septembre 1872. Bray (Irlande). Dublin Wicklow and Wexford Railway.	Age, dix-huit ans.	Voir la fig. 13, Pl. XIII. Les soupapes étaient calées. L'explosion a commencé par le milieu du corps cylindrique qui a été entièrement détruit. Une partie de l'enveloppe du foyer arrachée. Les tubes ont été arrachés du foyer et sont restés fixés à la boîte à fumée.	2	»
A — 11 22 août 1873. Brent. South Devin Railway.	Pression, environ 8 ^{atm} . D = 1 ^m ,371. L = 3 ^m ,676. e = 12 ^{mm} ,7.	L'enveloppe cylindrique s'est déchirée longitudinalement d'un bout à l'autre et les fragments ont été dispersés. Cause inconnue.	»	3
A — 12 2 septembre 1873 Radcliff. Chemin de fer d'une houillère.	Age, trente ans. Pression, environ 3 ^{atm} ,5. D = 1 ^m ,371. L = 3 ^m ,676. e = 9 ^{mm} ,52.	Corps cylindrique très corrodé, souvent réparé, devenu trop faible pour la pression normale.	»	2
A — 13 28 novembre 1874. Leeds. Lancashire and Yorkshire Railway.	Pression, environ 7 ^{atm} ,5. Rivures longitudinales simples, mal proportionnées.	La première rupture s'est produite dans une rivure longitudinale située au-dessous de la troisième virole. La cassure s'est prolongée jusqu'aux rivures transversales, puis la virole s'est déroulée et a été jetée à distance, au travers des boîtes à eau qui se trouvaient au-dessus. La cause de l'explosion est restée inconnue.	»	»

DATE ET LIEU de L'EXPLOSION	RENSEIGNEMENTS SUR L'APPAREIL	CIRCONSTANCES DE L'EXPLOSION	TUÉS	BLESSÉS
A — 14 26 juin 1875. Barnsley. Manchester Sheffield and Lincolnshire Railway.	Pression, environ 8 ^{atm} . D = 1 ^m ,296. L = 3 ^m ,20. e = 12 ^{mm} ,7 Rivures à couvre-joint simple.	Corrosion (grooving) du couvre-joint longitudinal.	"	"
A — 15 23 juillet 1875. Holbeck. North Eastern Railway.	Locomotives à voyageurs. Pression, environ 8 ^{atm} . D = 1 ^m ,17. L = 3 ^m ,20. e = 11 ^{mm} ,11.	La locomotive partait, remorquant un train, quand l'explosion se produisit. Corrosion intérieure générale (pitting).	"	2
A — 16 20 septembre 1876.	Pression, environ 5 ^{atm} . D = 1 ^m ,07. L = 3 ^m ,048. e = 12 ^{mm} ,7.	Pendant un arrêt, la pression a monté à 100 livres et l'enveloppe cylindrique s'est déchirée en commençant par un trou d'homme, non renforcé, du dessous de la chaudière. La cassure s'est prolongée jusqu'aux rivures transversales, puis, il y a eu un commencement de déroulement.	4	8
A — 17 20 mars 1877. North Eastern Railway.	Pression, environ 8 ^{atm} . D = 1 ^m ,29. L = 3 ^m ,20. e = 12 ^{mm} ,7. Rivures longitudinales doubles.	Voir les fig. 1 et 2, Pl. XIV. Moitié supérieure du corps cylindrique enlevée en commençant à un sillon de corrosion intérieure, le long d'une rivure longitudinale (double rivure). Tubes bouleversés et en partie arrachés de la tôle tubulaire du foyer.	"	"
A — 18 13 septembre 1878. Nethy Bridge. Great North Eastern Railway.	Pression, environ 8 ^{atm} .	Corrosion profonde en sillon le long de la rivure longitudinale, à la partie inférieure de la troisième virole. La cassure s'est propagée sur toute la longueur de la virole qui s'est entièrement déroulée et a été lancée à 200 ^m , et s'est prolongée dans la deuxième virole, où une cassure en spirale s'est développée sur les trois quarts de la circonférence.	"	1
A — 19 19 octobre 1878. Wigan. Chemin de fer d'une houillère.	Locomotive à marchandises, à six roues couplées. Age, trente ans. Corps cylindrique de 0 ^m ,94 de diamètre. 3 ^m ,962 de longueur, 11 ^{mm} ,11 d'épaisseur.	Corrosion en sillon (grooving) le long d'une rivure longitudinale de la troisième virole. Il restait 3 ^{mm} de bonne tôle au fond du sillon. Dessus des trois premières viroles déchiré en cinq fragments. Le bas est resté en place.	1	"
A — 20 24 novembre 1878. Blaydin. North Eastern Railway.	Age, six ans. Pression, environ 9 ^{atm} . D = 1 ^m ,219. L = 3 ^m ,353. e = 11 ^{mm} ,11. Corps cylindrique formé de trois viroles, en tôle lowmoor. Double rivure.	Voir la fig. 3, Pl. XIV. Corrosion intérieure le long des rivures longitudinales de la virole du milieu. La corrosion n'avait pas plus de 3 ^{mm} ,17 de large et ne laissait que 4 ^{mm} ,7 de bonne tôle au fond de la crevasse. La virole du côté de la boîte à feu était rongée de la même manière, mais moins. Développement de la virole du milieu dont une partie a été lancée au loin. Les fentes se sont propagées partiellement dans les autres viroles. Tubes bouleversés par le dégagement de l'eau et de la vapeur. A rapprocher des explosions A — 23 et A — 24 ci-après.	"	"
A — 21 16 août 1879.	Age, trente-un ans. Pression, environ 8 ^{atm} . D = 1 ^m ,167. L = 3 ^m ,20. e = 11 ^{mm} ,11.	Corrosion générale ne laissant plus que 3 à 6 ^{mm} d'épaisseur à la tôle inférieure de la première virole après le foyer. Les tôles voisines avaient été réparées. Les deux premières viroles et la plus grande partie de la troisième furent dispersées par l'explosion.	"	"
A — 22 9 septembre 1879. Leamside. North Eastern Railway.	Age, huit ans. Pression, environ 9 ^{atm} . D = 1 ^m ,219. L = 3 ^m ,828. e = 12 ^{mm} ,7.	Corrosion en sillon (grooving) à la place où un des supports rivés à la chaudière donnait trop de rigidité à la tôle. La première virole (après le foyer) se fendit longitudinalement dans la partie rongée et se développa entièrement en trois pièces. La deuxième virole se fendit dans le prolongement de la première cassure et se déroula partiellement.	"	2
A — 23 26 janvier 1880. Sunderland. North Eastern Railway.	Pression, environ 9 ^{atm} . D = 1 ^m ,296. L = 5 ^m ,029. e = 11 ^{mm} ,11. Tôle lowmoor. Double rivure.	Corrosion en sillon (furring) le long de la rivure longitudinale de la première virole. Celle-ci se fendit dans la partie rongée, se déroula et fut jetée à droite, en entraînant une partie de l'enveloppe du foyer. Les tubes furent bouleversés. La corrosion ne formait pas un sillon plus ou moins large, mais une ligne très fine. Son existence ayant été contestée dans la discussion des causes de l'accident, on découpa un échantillon dans une locomotive du même type, faite avec les mêmes tôles, et on trouva, à la même place, le long de la rivure, une crevasse fine comme un trait, dont la cause est, du reste, demeurée inconnue. Ces chaudières n'étaient pas matées intérieurement.	"	2

DATE ET LIEU de L'EXPLOSION	RENSEIGNEMENTS SUR L'APPAREIL	CIRCONSTANCES DE L'EXPLOSION	TUÉS	BLESSES
A — 24 12 novembre 1880. — France. — North Eastern Railway.	Age, six ans. Pression, environ 9 ^{atm} . D = 1 ^m ,296. L = 5 ^m ,029. e = 11 ^{mm} ,11. Tôle lowmoor. Double rivure.	Voir la fig. 4, Pl. XIV. Corrosion intérieure en sillon, le long d'une rivure longitudinale, à gauche de la virole du milieu. La locomotive était pareille à la précédente, la corrosion avait le même caractère. Profondeur de la corrosion, 6 ^{mm} ,35. Fente dans la partie rongée, déroulement de la virole qui est jetée au loin en trois morceaux; séparation de la boîte à fumée et de la boîte à feu jetées chacune de son côté avec les viroles attenantes, dans lesquelles diverses cassures se sont développées. A la suite de ces trois explosions, A — 20, A — 23 et A — 24, affectant des chaudières faites en tôles analogues et provenant de crevasses fines et profondes présentant les mêmes caractères, on remplaça tous les corps cylindriques des locomotives de cette série.	"	2
A — 25 14 juin 1882.	Pression, environ 7 ^{atm} ,5. Corps cylindrique de 1 ^m ,168 de diamètre et 3 ^m ,353 de longueur, en trois viroles. Double rivure.	Déchirure de la seconde virole dans un profond sillon creusé par la corrosion le long d'une rivure longitudinale. La fente s'est prolongée jusqu'aux rivures transversales, puis la tôle s'est partiellement déroulée.	"	2
A — 26 5 mars 1883. Locomotive de manœuvres d'un laminoir.	Age, treize ans. Pression, environ 7 ^{atm} ,5. D = 1 ^m ,015. L = 4 ^m ,038. e = 11 ^{mm} ,11.	Les tôles du dessous étaient notablement réduites d'épaisseur, par corrosion intérieure, et, de plus, le long d'une rivure longitudinale, il y avait un sillon ne laissant, par places, à la tôle, que 1 ^{mm} ,6 d'épaisseur. La première déchirure s'est produite dans le sillon, puis la déchirure a continué dans les parties amincies en enlevant une pièce de tôle de 1 ^m ,42 sur 0 ^m ,89. La locomotive a été jetée sur le côté.	"	"
A — 27 3 mai 1883. Maryport. Locomotive appartenant à un laminoir.	Age, quinze ans. Pression, environ 7 ^{atm} ,5. Corps cylindrique en trois viroles. D = 1 ^m ,045. L = 2 ^m ,54. e = 11 ^{mm} ,11. Simple rivure longitudinale.	Voir les fig. 5 et 6, Pl. XIV. Corrosion en sillon le long d'une rivure longitudinale. Déchirure le long de la rivure longitudinale de la troisième virole. Prolongement de la fente dans la seconde virole et commencement de déroulement de la tôle dans les deux sens. La locomotive a été renversée par la réaction.	2	1
A — 29 2 avril 1884. Coatbridge. Coatbridge Iron and Steel Co.	Age, douze ans. Pression, environ 8 ^{atm} . D = 1 ^m ,016. L = 0 ^m ,99. e = 9 ^{mm} ,52. Simple rivure. ★	La première virole du côté du foyer s'est fendue le long d'un sillon formé par la corrosion intérieure contre la rivure longitudinale (épaisseur minimum du métal au fond du sillon, 3 ^{mm} ,17). La fente s'est prolongée jusqu'aux rivures transversales, puis la tôle s'est déroulée.	"	1
A — 30 5 juillet 1884.	Age, douze ans. Pression, environ 9 ^{atm} .	Déchirure le long de la rivure longitudinale de la première virole. Cette rivure se trouvait en haut du corps cylindrique; elle était affaiblie par un sillon dont la cause n'a pas été reconnue.	1	2
A — 31 19 septembre 1884. — Coltress Iron Co.	Pression, 7 ^{atm} ,14. D = 1 ^m ,193. L = 4 ^m ,533. e = 11 ^{mm} ,11. Tôles lowmoor. Double rivure. ★	Quelques instants avant l'explosion, la pression était de 6 ^{atm} ,8. Déchirure au fond d'un sillon de corrosion, contre la rivure longitudinale de la dernière virole (épaisseur minimum du métal restant, 3 ^{mm} ,17). La déchirure s'est prolongée jusqu'aux rivures transversales, puis la tôle inférieure s'est déroulée. La réaction a soulevé la locomotive en la faisant tourner vers l'arrière, de sorte qu'elle est tombée sur le tender, cheminée en dessous.	"	1
A — 32 9 avril 1885. — Shoth Iron Co.	Age, dix ans. Pression, environ 6 ^{atm} ,75. Corps cylindrique de 1 ^m ,041 de diamètre, 2 ^m ,438 de longueur, 11 ^{mm} ,11 d'épaisseur. Simple rivure. ★	Corrosion en sillon le long des rivures longitudinales. Déchirure de la première virole le long de la rivure de droite. La fente se prolonge jusqu'aux rivures transversales, puis la tôle inférieure commença à se dérouler.	"	3
A — 33 21 juillet 1885. Locomotive appartenant à MM. Kirk brothers and Co.	Age, cinq ans. Pression, environ 8 ^{atm} . Corps cylindrique de 1 ^m ,32 de diamètre, 2 ^m ,314 de longueur, 9 ^{mm} ,52 d'épaisseur. Simple rivure. ★	Corrosion en sillon le long des rivures longitudinales. Déchirure le long de la rivure longitudinale de la seconde virole, prolongement de la fente jusqu'aux rivures transversales, puis déroulement de la tôle supérieure.	1	"

Les quatre chaudières signalées par un astérisque provenaient d'une même maison de construction.

DATE ET LIEU de L'EXPLOSION	RENSEIGNEMENTS SUR L'APPAREIL	CIRCONSTANCES DE L'EXPLOSION	TUÉS	BLESSÉS
B. Explosions ayant pris origine dans l'enveloppe du foyer.				
B - 1 26 octobre 1870. Sheffield. Manchester Sheffield and Lincolnshire Railway.	Pression, environ 5 ^{atm} ,5. Epaisseur, 12 ^{mm} ,7.	Le dessus de l'enveloppe du foyer était à peu près elliptique; de chaque côté, il s'était formé un sillon de corrosion déterminé par la position des deux lignes d'entretoises. Tout le dessus de l'enveloppe a été enlevé en trois pièces: l'une, entre les deux sillons; les autres, depuis le sillon correspondant jusqu'aux entretoises latérales qui ont tenu bon.	1	1
B - 2 4 janvier 1872. Orbliston. Highland Railway.	Pression, environ 7 ^{atm} . D = 1 ^m ,219. L = 4 ^m ,572. e = 15 ^{mm} ,87.	Enveloppe du foyer déchirée à gauche, par suite d'un affaiblissement de l'entretoisement dont la cause n'a pas été déterminée. Les déchirures se sont propagées dans toute l'enveloppe du foyer.	1	2
B - 3 26 février 1876.	Pression, environ 9 ^{atm} .	La partie inférieure de l'enveloppe du foyer était fort rongée intérieurement et fit explosion.	"	1
B - 4 13 février 1884. Exeter. Great Western Railway.	Age, onze ans. Pression, environ 9 ^{atm} . D = 1 ^m ,371. L = 4 ^m ,572. e = 14 ^{mm} ,29. Le dessus de l'enveloppe du foyer forme prolongation du corps cylindrique, et se trouve relié, aux parois planes latérales, par un joint à bande de recouvrement à double rivure.	Voir les <i>fig.</i> 7 et 8, Pl. XIV. Le couvre-joint de gauche s'est déchiré suivant la génératrice correspondant à la jonction des deux tôles. La fente s'est prolongée jusqu'aux rivures transversales, puis la tôle s'est déroulée et est venue se casser suivant la génératrice symétrique de l'autre côté. La cause est ou une ancienne paille ou un sillon de corrosion dans le couvre-joint.	"	1

C - 2 27 septembre 1873. Pontypool.	Pression, environ 8 ^{atm} .	La calotte en fonte du sommet du dôme sauta. On a supposé qu'on l'avait forcée en la boulonnant.	"	"
C - 3 30 novembre 1878.	Pression, environ 8 ^{atm} .	Explosion et projection d'un dôme en fonte. La cassure s'est faite autour de la base du dôme, où régnait, suivant la circonférence, une fissure ancienne ayant 229 ^{mm} de longueur et traversant presque toute l'épaisseur du métal.	"	"
C - 4 1 ^{er} septembre 1882.	Locomotive à marchandises. Age, six ans. Pression, environ 10 ^{atm} . Dimensions du corps cylindrique : Diamètre 1 ^m ,320 Longueur 3 200 Epaisseur 0 ^{mm} ,014	Voir la <i>fig.</i> 10, Pl. XIV. Toute l'enveloppe extérieure de la chaudière a été fragmentée. Le corps cylindrique s'est déroulé en longues bandes. Une large bande de tôle a été arrachée de la boîte à feu et a entraîné avec elle la partie correspondante du foyer. L'une des fentes passe longitudinalement par l'ouverture du dôme qui était probablement le point le plus faible.	3	"

D. Explosions ayant pris origine dans le foyer.				
D - 1 7 août 1866. Sunderland. Chemin de fer d'une houillère.	Pression, environ 7 ^{atm} . Dimensions du foyer en cuivre : Longueur 4 ^m ,346 Largeur 1 067 Hauteur 1 524 Epaisseur 12 ^{mm} ,70	La tôle de cuivre a cédé à mi-hauteur de la joue gauche, à 0 ^m ,762 sous le niveau de l'eau, à une place où la corrosion l'avait réduite à 3 ^{mm} ,17.	1	3
D - 2 31 janvier 1868. Bolton. Lancashire and Yorkshire Railway.	Pression, environ 6 ^{atm} .	Corrosion de la tôle de cuivre ne lui laissant plus que 3 ^{mm} ,17. La déchirure horizontale a affecté toute la joue gauche et une partie de la plaque tubulaire.	"	1

DATE ET LIEU de L'EXPLOSION	RENSEIGNEMENTS SUR L'APPAREIL	CIRCONSTANCES DE L'EXPLOSION	TUÉS	BLESSÉS
D - 3 1 ^{er} octobre 1870. Dowlais. Chemin de fer d'une houillère.	Age, quatre ans et demi. Pression, environ 8 ^{atm} .	Corrosion du foyer en cuivre à la hauteur du feu. Epaisseur restante, 0 ^{mm} ,8. Une fente s'est produite dans la partie rongée, puis s'est ouverte. La vapeur et l'eau se sont dégagées par la porte et ont brûlé ceux qui se trouvaient auprès.	1	2
D - 4 8 décembre 1871. Cradley. Chemin de fer d'une houillère.	Pression, environ 5 ^{atm} ,75.	Excès de pression pendant que la machine gravissait une rampe; à 9 ^{atm} ,11, les entretoises se sont arrachées; le foyer s'est bombé vers l'intérieur et l'enveloppe extérieure vers le dehors.	"	1
D - 5 15 juillet 1873. Darlington. Chemin de fer d'une usine.	" "	Vice de construction. La section horizontale du foyer avait la forme d'un D avec faces latérales non soutenues par des entretoises. La chaudière a été déchirée en un grand nombre de fragments.	"	1
D - 6 16 juillet 1873. Cardiff. Taff Vale Railway.	Locomotive presque neuve.	La chaudière fut déchirée en un grand nombre de fragments. On a supposé qu'il y avait eu excès de pression.	"	4
D - 7 23 mai 1874.	Pression, environ 9 ^{atm} ,5. Dimensions du foyer en cuivre :	Le ciel du foyer s'est bombé de 50 ^{mm} , puis s'est déchiré à son arête postérieure et s'est replié sur la tôle tubulaire.	3	2
D - 8 12 juin 1874. North Shields. Blyth and Tyne Railway.	Pression, environ 6 ^{atm} .	Quatre ou cinq têtes d'entretoises, sous la porte, étaient rongées. La tôle de cuivre, corrodée elle-même, s'échappa de ses entretoises, se bomba et cassa.	"	3
D - 9 28 mars 1876. Kilmacock. Glasgow and South Western Railway.	Locomotive d'un train de ballast. Pression, environ 6 ^{atm} ,75.	Le ciel du foyer s'est détaché à l'arrière et sur les côtés, et s'est replié sur la tôle tubulaire. La locomotive soulevée par la réaction a été lancée en l'air. Cause inconnue, peut-être excès de pression.	4	9
D - 10 13 décembre 1876. West Hartlepool. North Eastern Railway.	Locomotive à marchandises. Pression, environ 8 ^{atm} . Dimensions du foyer : Longueur 1 ^m ,219 Largeur 1 041 Hauteur 1 752	Voir la fig. 11, Pl. XIV. Corrosion de la tôle de cuivre immédiatement sous la porte du foyer. Cette tôle s'arrache partiellement des entretoises jusqu'au bas, fait une bosse de 152 ^{mm} et crève au milieu, à une partie réduite à 7 ^{mm} ,9. Les têtes d'entretoises avaient disparu.	1	1
D - 11 27 septembre 1879. Lewes. London Brighton and South Coast Railway.	Pression, environ 8 ^{atm} .	Voir les fig. 12 et 13, Pl. XIV. Corrosion qui avait réduit la tôle à 4 ^{mm} ,6; rupture à gauche du foyer à la partie rongée. La locomotive fut fortement endommagée et jetée en bas des rails.	1	4
D - 12 11 septembre 1877. Oakengates. Great Western Railway.	Foyer avec bouilleurs transversaux.	La tôle de cuivre du bouilleur transversal était réduite à une épaisseur variant de 12 ^{mm} ,7 à 3 ^{mm} ,8. Les entretoises, dont les têtes avaient disparu par corrosion, se sont arrachées de cette tôle.	1	2

DATE ET LIEU de L'EXPLOSION	RENSEIGNEMENTS SUR L'APPAREIL	CIRCONSTANCES DE L'EXPLOSION	SGT	BLESSES
D - 13 26 décembre 1881. Stockton-on-Tees. North Eastern Railway.	Locomotive à marchandises, construite en mars 1881. Pression, 9 ^{atm} ,5 environ. Dimensions du foyer en cuivre : Longueur 4 ^m ,397 Largeur . . . , 1 ^m ,016 à 1 092 Hauteur 1 778 Épaisseur 12 ^{mm} ,7 Ciel du foyer soutenu par sept poutrelles en long, reliées par quatre entretoises à l'enveloppe du foyer.	Pendant que la machine stationnait, le ciel du foyer s'abattit en arrachant la face d'arrière jusqu'au-dessus de la porte, déchirant les joues latérales et se rabattant autour de l'arête supérieure de la plaque tubulaire. La réaction souleva la chaudière en l'arrachant de ses longerons, la fit tourner vers l'avant et la jeta sur le sixième wagon d'un train qui stationnait. Il y eut deux enquêtes : L'une attribua l'explosion à un manège d'eau, bien que le bouchon fusible n'eût pas fondu ; l'autre fut d'avis que le ciel du foyer était mal soutenu, à quoi la compagnie répondit en essayant à la presse, à 20 ^{atm} ,4, une locomotive semblable. Mais M. Vinçotte fait remarquer que l'efficacité du support par poutrelles longitudinales dépend de la manière dont ses extrémités s'appuient sur les tôles verticales et de la solidité de la rangée supérieure d'entretoises, circonstances qui varient d'une chaudière à une autre.	5	»
D - 14 10 février 1882. Great Eastern Railway.	Locomotive à marchandises. Chaudière construite en 1876. Foyer en tôle de cuivre de 11 ^{mm} ,41.	Entretoisement défectueux, d'où arrachement partiel de la joue droite du foyer. La locomotive fut soulevée et dérailla.	»	3

E. Explosions dues à des causes extérieures au générateur.

E - 1 26 juin 1866. Richmond.	»	La locomotive faisait son voyage d'essai. Le dôme fut touché par un pont et enlevé.	»	2
E - 2 31 juillet 1868.	»	Rupture d'une bielle dont un fragment a percé la chaudière.	2	1

E - 4 8 mars 1871.	»	Rupture d'une bielle, qui a percé la chaudière.	»	»
E - 5 19 novembre 1881.	»	Idem	»	2

F. Explosions sur lesquelles on n'a pas de détails.

F - 1 14 février 1866. Dunse. North British Railway.	»	L'explosion a commencé par une déchirure longitudinale dans la partie cylindrique.	»	1
F - 2 2 septembre 1867. Plashetts. North British Railway.	»	»	»	2
F - 3 9 décembre 1869. Stonehaven. Scottish North Eastern Railway.	»	»	»	2
F - 4 18 décembre 1872. Dundee. Caledonian Railway.	»	La première déchirure s'est produite dans la partie cylindrique, dans la première virole du côté du foyer.	»	»

NOMBRE DES EXPLOSIONS. — En rangeant par ordre de dates les explosions décrites ci-dessus, relativement à la France (Algérie comprise), on forme ce tableau :

Tableau chronologique des explosions de locomotives survenues en France et en Algérie.

PÉRIODES	DATES des EXPLOSIONS	NUMÉROS des tableaux descriptifs	NOMBRE		TOTAUX PAR PÉRIODE		
			de tués	de blessés	d'explo- sions	de tués	de blessés
1840-49	1844	C - 1	»	»	3	1	6
	1846, 30 mars	R - 1	»	2			
	1849, 4 mars	D - 1	1	4			
1850-59	1852, 24 juin	A - 1	»	1	7	8	8
	1853, 25 septembre . . .	D - 2	»	2			
	1854, 14 juillet	B - 2	3	2			
	1854, 22 novembre	D - 3	2	2			
	1856, 14 mars	B - 3	2	»			
	1857, 20 août	A - 2	1	1			
1859, 7 juin	A - 3	»	»				
1860-69	1861, 17 août	D - 4	»	2	6	5	9
	1862, 10 novembre	D - 5	1	2			
	1864, 27 juin	B - 4	2	»			
	1867, 28 février	D - 6	2	5			
	1867, 29 avril	D - 7	»	»			
	1869, 26 mars	A - 4	»	»			
1870-79	1870, 11 septembre	B - 5	1	1	10	4	14
	1872, 22 juin	C - 2	1	1			
	1872, 26 septembre	C - 3	»	»			
	1873, 10 octobre	A - 5	»	5			
	1876, 20 avril	A - 6	»	»			
	1876, 12 décembre	A - 7	»	1			
	1879, 26 mars	A - 8	»	1			
	1879, 17 juillet	C - 4	1	»			
	1879, 30 juillet	A - 9	»	3			
	1879, 15 octobre	A - 10	1	2			
1880-87	1881, 25 mars	D - 8	»	1	4	4	1
	1886, 4 novembre	A - 11	2	»			
	1887, 25 mars	C - 5	»	»			
	1887, 1 ^{er} décembre	D - 9	2	»			
Totaux					30	22	38

Soit, en moyenne, pour dix années :

Nombre . . . { d'explosions 6,25
de tués 4,6 } de victimes . . . 12,50
de blessés 7,9

Si l'on se borne à considérer les machines affectées à

la remorque des trains sur les chemins de fer en exploitation (*) de la France européenne, ces nombres moyens s'abaissent d'une manière importante : on n'a plus, en moyenne, en dix ans, que 4,8 explosions, 2,7 morts et 4,8 blessés, et la comparaison est la suivante, pour chaque période, entre les nombres d'explosions et de victimes, et le nombre des locomotives employées à l'exploitation :

Exploitation des chemins de fer, embranchements industriels et tramways à vapeur en France (Algérie non comprise).

PÉRIODES	NOMBRES TOTAUX			NOMBRES moyens de locomotives	FRACTIONS MOYENNES par an et par locomotive		
	d'explo- sions	de tués	de blessés		d'explo- sions	de tués	de blessés
1840-49	2	»	2	407	$\frac{1}{2000}$	0	$\frac{1}{2000}$
1850-59	6	5	6	1.812	$\frac{1}{3000}$	$\frac{1}{3700}$	$\frac{1}{3000}$
1860-69	5	3	4	3.942	$\frac{1}{7900}$	$\frac{1}{13100}$	$\frac{1}{9800}$
1870-79	8	3	11	5.857	$\frac{1}{7300}$	$\frac{1}{19500}$	$\frac{1}{5300}$
1880-87	2	2	»	8.475 (*)	$\frac{1}{42400}$	$\frac{1}{42400}$	0
Moyennes pour un an	0,48	0,27	0,48	3.923	$\frac{1}{8200}$	$\frac{1}{14500}$	$\frac{1}{8200}$

(*) Moyenne prise de 1880 à 1885 seulement; le chiffre doit être faible, rapporté à la période 1880-87.

La fraction représentant la fréquence moyenne des explosions par an et par locomotive a, comme on voit, constamment décré, de dix ans en dix ans, à une seule exception près : la période 1870-79 a été un peu plus éprouvée, sous ce rapport, que la période décennale précédente. Mais en revanche l'amélioration, en ce qui concerne le nombre des tués, a présenté depuis 1850 une absolue continuité. Sur les huit dernières années écoulées, six se sont passées sans que le réseau en exploita-

(*) Y compris les embranchements industriels et les tramways à vapeur.

tion de la France européenne vit d'explosion de locomotive, et les deux accidents de ce genre survenus en 1887, dont l'un est demeuré inoffensif et l'autre a fait deux victimes, ne laissent ressortir la moyenne, pour cette période de huit années, qu'à la minime fraction de 1 explosion ou victime pour 42.400 années-locomotives. En comprenant l'Algérie avec la métropole, le nombre moyen des locomotives, pendant la période 1880-87, s'élève à 8.648 (*) au moins, et les trois accidents survenus pendant cette période conduisent aux moyennes suivantes :

1 explosion pour 28.800 années-locomotives.
1 victime pour 21.600 —

En Belgique et en Angleterre, les administrations de chemins de fer éclairées parviennent aussi à rendre relativement très rares les explosions de leurs moteurs. « Les chemins de fer de l'État belge, dit M. Vinçotte, qui avaient 1.695 locomotives en service en 1883, n'ont eu que quatre explosions de 1840 à 1886, et encore deux de ces accidents (B — 4 et B — 5) ne sont pas, à proprement parler, des explosions. Plusieurs grandes compagnies anglaises sont arrivées à des résultats aussi beaux. »

Nous trouverions une situation bien différente si nous franchissions l'Atlantique. Aux États-Unis, les chemins de fer employaient, en 1880, 17.412 locomotives. Voici combien, au minimum (**), cette industrie a compté d'explosions de 1867 à 1885 :

(*) Moyenne des six années 1880-85.

(**) Ce tableau, dont M. Vinçotte a puisé les éléments dans les publications de la *Hartford Steam boiler insurance Co*, est probablement incomplet, car ces publications ne paraissent avoir fait mention que des accidents graves.

	NOMBRES		
	d'explosions	de tués	de blessés
Du 1 ^{er} octobre 1867 au 1 ^{er} janvier 1881. . .	203	267	262
En 1881	12	8	14
1882	14	10	25
1883	17	26	35
1884	15	17	28
1885	10	5	5
Totaux.	271	333	369
Moyennes pour un an.	14,8	18,2	20,2

Il arrive fréquemment aux États-Unis, paraît-il, qu'une chaudière de locomotive éclate dans la collision de deux trains. C'est un genre d'explosion dont les pays européens, sur lesquels porte notre étude, ne paraissent pas connaître d'exemple.

Tel qu'il est, le nombre des accidents (108) que nous avons eu à relever ci-dessus en France, en Belgique et en Angleterre, est encore trop considérable. Si nos compagnies de chemins de fer apportent dans la surveillance de leur matériel une vigilance soutenue qui tend à réduire de dix ans en dix ans le nombre des victimes, il y a cependant encore des efforts à faire : 1886, 1887 ont vu des explosions sur des lignes françaises; et, postérieurement à la période sur laquelle portent nos tableaux, au commencement de 1888, un réservoir de vapeur a éclaté sur une locomotive de la compagnie du chemin de fer du Nord. Les autres industries, dont les locomotives ont donné en France quelques explosions particulièrement désastreuses (B — 2, D — 6), ont plus encore à apprendre. Cherchons donc des enseignements dans le rapprochement et l'analyse des causes que notre exposé a fait ressortir.

TABLEAUX RÉSUMÉS PAR GENRES ET CAUSES D'ACCIDENTS. — Pendant la période de quarante-sept ans com-

prise de 1840 à 1886, les natures et les causes des explosions de locomotives survenues en France et en Belgique, peuvent se résumer comme il suit (lorsqu'un accident a été rapporté à plusieurs causes, nous avons choisi, autant que possible, la cause caractéristique ou la plus digne de remarque) :

Tableau résumant les explosions de locomotives en France et en Belgique de 1840 à 1886.

EXPLOSIONS	FRANCE		BELGIQUE		TOTAUX par causes		TOTAUX par groupes			
	Accidents	Tués	Blessés	Accidents	Tués	Blessés	Accidents			
								Tués	Blessés	
(A) Dans le corps cylindrique.	Corrosion ou fissuration	7	2	10	1	»	8	2	10	
	Aigreurs du métal ou vice de construction dans les assemblages	»	»	»	1	»	1	»	1	
	Excès de pression	3	1	2	»	»	3	1	2	
	Cause inconnue	1	1	2	»	»	1	1	2	
(B) Dans l'enveloppe du foyer.	Corrosion ou fissure suivant une ligne de flexion.	1	1	1	5	4	2	6	5	3
	Aigreurs du métal ou vice de construction dans les assemblages	1	3	2	»	»	1	3	2	
	Excès de pression	2	4	»	»	»	2	4	»	
(C) Dans le dôme ou à sa base.	Affaiblissement de la chaudière par les ouvertures de la région du dôme	2	1	1	1	»	2	3	1	3
	Fissuration dans la ligne de flexion de la calotte emboutie	1	»	»	»	»	1	»	»	
	Rupture de dôme en fonte	1	1	»	»	»	1	1	»	
(D) Dans le foyer.	Écrasement du ciel	2	3	9	»	»	2	3	9	
	Corrosion de l'une des faces verticales du côté du feu ou rupture d'entretoises	2	2	2	4	3	5	6	5	7
	Corrosion de l'une des faces verticales du côté du feu ou rupture d'entretoises	4	4	7	»	»	4	4	7	
Totaux	28	20	38	13	7	9	41	27	47	41

Pour établir maintenant de la même manière un tableau d'ensemble relatif aux quatre pays sur lesquels porte cette étude, il est nécessaire, afin d'envisager pour tous une

même période, de se restreindre aux vingt ans compris de 1866 à 1885, et l'on obtient ainsi le résumé ci-après :

Tableau résumant les explosions de locomotives en France, Belgique, Hollande et Angleterre, de 1866 à 1885.

EXPLOSIONS	FRANCE		BELGIQUE		HOLLANDE		ANGL-TERRE		TOTAUX par causes		TOTAUX par groupes				
	Accidents	Tués	Blessés	Accidents	Tués	Blessés	Accidents	Tués	Blessés	Accidents	Tués	Blessés			
													Accidents	Tués	Blessés
(A) Dans le corps cylindrique.	Corrosion ou fissuration	5	»	9	»	»	»	»	»	92	8	21	27	8	30
	Corrosion intérieure générale	»	»	»	1	»	»	»	»	1	»	2	2	»	2
	Aigreurs du métal ou vice de construction dans les assemblages	»	»	»	»	»	»	»	»	2	»	2	2	»	2
	Excès de pression	1	1	2	»	»	»	»	»	2	»	2	2	»	2
	Cause inconnue	1	1	2	»	»	»	»	»	1	»	2	1	»	2
	Excès de pression	1	1	2	»	»	»	»	»	2	»	2	2	»	2
(B) Dans l'enveloppe du foyer.	Corrosion ou fissure suivant une ligne de flexion	1	1	1	3	2	»	»	»	1	1	1	5	4	2
	Corrosion intérieure non définie	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	1	1	»	1
	Cause mal définie	»	»	»	»	»	»	»	»	2	1	3	2	1	3
(C) Dans le dôme ou à sa base.	Affaiblissement de la chaudière dans la région du dôme	1	1	1	1	»	2	»	»	2	3	1	4	4	4
	Fissuration dans la ligne de flexion de la calotte emboutie	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	8
	Ruptures de dômes ou calottes de dôme en fonte	1	1	»	»	»	»	»	»	2	»	3	1	»	5
(D) Dans le foyer.	Écrasement du ciel	1	2	5	»	»	»	»	»	»	»	1	2	5	
	Corrosion de l'une des faces verticales ou ruptures d'entretoises	1	»	»	1	1	1	2	»	3	6	11	6	9	
	Corrosion d'un bouilleur transversal	1	1	»	»	»	»	»	»	6	4	14	7	4	
	Excès de pression	»	»	»	»	»	»	»	»	1	1	2	1	2	
	Vices de construction divers	»	»	»	»	»	»	»	»	2	»	4	2	»	
	Excès de pression	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
(E) Dues à des causes extérieures au générateur	»	»	»	»	»	»	»	»	5	3	5	5	3	5	
(F) Sur lesquelles on n'a pas de détails	»	»	»	»	»	»	»	»	4	»	5	4	»	5	
Totaux	14	6	20	7	3	3	1	2	»	64	34	93	86	45	116

GROUPEMENT DES ACCIDENTS. — La première chose qui frappe à l'inspection de ces tableaux, est qu'en général, les accidents ont leur origine localisée dans certains éléments de la chaudière, et se groupent autour d'un nombre très restreint de circonstances principales. La division même de la nomenclature ci-dessus met ce double fait en évidence. Les *explosions de l'enveloppe* qui, en France et en Angleterre, sont en majorité des explosions du corps cylindrique, ont le plus souvent pour causes des sillons de corrosion ou de fissuration intérieure, suivant les lignes sujettes à ces genres d'avaries; les *ruptures du foyer* consistent soit en écrasements du ciel, à la suite desquels on constate fréquemment des vices de construction, soit en déchirures des joues latérales ou de la face d'arrière par ruptures d'entretoises ou corrosions du côté du feu. Voici, sur les causes habituelles de chacune de ces catégories d'explosions, les observations que présente M. Vinçotte. Ces remarques permettront de rendre compte de la manière dont les explosions de locomotives se développent dans les parties qu'elles affectent, et d'examiner les raisons pour lesquelles il n'est presque pas d'explosion, proprement dite, qui prenne origine dans les autres parties.

I. EXPLOSIONS DE L'ENVELOPPE. — Ces explosions sont ordinairement la conséquence de *corrosions en sillon* ou de *fissurations*, provoquées les unes et les autres par les phénomènes de *flexion*; parfois, mais beaucoup plus rarement, elles sont le résultat d'une *corrosion générale*.

Corrosions en sillon. — Lorsqu'une tôle recouverte d'une pellicule d'oxyde est soumise à une flexion (et l'on verra plus bas dans quelles circonstances il en est ainsi pour la tôle d'une enveloppe de locomotive), si les fibres qui travaillent à l'extension s'allongent au delà d'une certaine limite, la pellicule d'oxyde se crevasse, et des

parties de fer sont mises à nu. C'est un phénomène analogue à celui qu'on observe lorsqu'on soumet à un essai de traction une éprouvette oxydée, expérience dans laquelle le détachement de l'oxyde se produit sous une charge qui doit être fonction de la ductilité de la tôle, de l'adhérence et de l'épaisseur de l'oxyde, et qui est, d'ailleurs, supérieure à la limite d'élasticité.

Que la tôle de chaudière supposée soumise à une flexion capable de produire, par suite de l'extension des fibres superficielles, un décapage de ce genre, se trouve au contact d'un agent chimique d'oxydation, les parties mises à nu s'attaquent; et, si une cause systématique répète les mêmes effets, une corrosion croissante va bientôt se manifester. A supposer qu'à l'origine les efforts fléchissants portent d'une manière égale sur une zone assez étendue, la corrosion elle-même aura bientôt pour effet de localiser les flexions; de sorte qu'après formation d'une rigole d'une certaine largeur ou d'une série de sillons parallèles, l'un des sillons s'approfondira seul et d'autant plus rapidement.

Tel est le mécanisme de la formation des corrosions en sillon, auxquelles on peut rapporter avec certitude ou vraisemblance l'origine de 33 explosions de corps cylindriques, parmi les 47 accidents de ce genre mentionnés dans nos tableaux descriptifs. Les faces planes de l'enveloppe du foyer présentent parfois aussi, à leur partie inférieure, le même genre d'altérations. Cette *corrosion par flexion* est, selon l'expression de M. Vinçotte, « le plus grand ennemi de la locomotive ». « Elle a, dit-il, ce triple caractère de se développer rapidement, de former de grandes lignes de cassure, et de rester invisible tant qu'elle n'a pas percé toute la tôle ou que la chaudière n'est pas démontée. »

Il semble que l'agent chimique d'oxydation, nécessaire à la production du phénomène qui vient d'être décrit, doive

être principalement l'oxygène dissous dans l'eau. S'il en est ainsi, comme il arrive avec le mode ordinaire d'alimentation, que l'eau nouvellement introduite gagne les parties inférieures du corps cylindrique, et n'est entraînée ensuite dans la circulation générale que lentement, parce que les courants qui se forment au sein de la masse liquide tendent surtout à s'établir couche par couche, — il doit arriver que les sillons de corrosion se forment principalement dans les parties basses des chaudières. C'est, en effet, ce que l'on constate dans un certain nombre de cas, notamment dans la chaudière qui a donné lieu à l'explosion A — 3 de Belgique. Une corrosion en sillon s'était formée le long des rivures longitudinales de la seconde virole, qui se trouvaient à 51 centimètres sous le niveau de l'eau, tandis que les rivures de la première virole, situées à 20 centimètres seulement au-dessous du niveau de l'eau, n'étaient pas rongées. Cependant, cela ne paraît pas être une règle absolue, et l'on observe parfois aussi des sillons de corrosion dans des parties où l'eau ne peut guère tenir d'oxygène, par exemple sur la face d'arrière de l'enveloppe, au voisinage immédiat du foyer. Il ne serait donc pas certain qu'un mode d'alimentation qui débarrasserait l'eau de son oxygène, comme l'alimentation dans la vapeur, supprimât totalement ce genre de corrosions.

Fissurations par flexion. — Dans les parties des chaudières où il n'y a point de tendance à l'oxydation et où, par conséquent, aucune corrosion intérieure ne se produit, par exemple au-dessus du niveau de l'eau, les flexions peuvent encore causer à elles seules une fissuration de la tôle, les alternatives de compression et d'extension auxquelles les fibres superficielles sont soumises déterminant une crevasse qui s'enfonce peu à peu dans le métal. Mais il faut pour cela, pense M. Vinçotte, des mouvements beaucoup plus considérables que dans le cas

précédent. L'aspect d'une semblable *fissure par flexion* est naturellement différent de celui de la corrosion en sillon : l'ouverture est fine ; ordinairement les bords en sont inégaux, et, en coupe, la crevasse ne s'enfonce pas rectilignement. La *fig. 12*, Pl. XI, reproduit le croquis présenté par M. Vinçotte comme donnant une idée de la coupe d'une tôle ainsi fissurée.

Des flexions. — Soit qu'elles donnent naissance à un sillon de corrosion en présence d'un agent d'oxydation, soit qu'elles produisent par leur seul jeu une fissure fine qui s'enfonce progressivement dans la tôle, que sont et comment se produisent les flexions dont il vient d'être parlé ?

Il en est qui sont dues à la pression de la vapeur sur les parois planes. La paroi tend à faire soufflet sous l'influence des variations de pression, et des lignes de flexion se déterminent sur ses bords, notamment dans les courbures d'emboutissage la reliant aux parties voisines ; de là, par exemple, les fissures par flexion qui ont fait sauter en France deux calottes de dôme (explos. C — 3 et C — 5).

D'autres flexions sont produites par l'inégale dilatation du système en fer et du système en cuivre.

« La différence de dilatation, dit M. Vinçotte, est de 0,0005 pour 100 degrés entre le fer et le cuivre, et de 0,00064 entre le fer et le laiton.

« Si l'on suppose des tubes de 3^m,50 de long, un foyer de 2 mètres et une pression de vapeur correspondant à 180 degrés de température, cela fait une différence de 5^{mm},4 qui doit se retrouver dans la flexion des pièces susceptibles de faire soufflet et dans l'extension ou la compression des autres.

« Le cuivre prend une partie de cette différence et le fer le reste, en raison de leur rigidité.

« L'allongement des tubes se porte sur les plaques tu-

bulaires et sur la tôle cavalier (*), l'allongement du foyer se compense par la flexion du fond d'arrière, par celle de la tôle cavalier, par ses déformations propres.

« Du reste, la dilatation du foyer ne peut que partiellement se faire, car l'ensemble des entretoises produit des efforts suffisants pour la diminuer. La preuve en est dans les déformations permanentes que subissent les trous des rangées de tubes voisines des faces latérales : ces déformations montrent que lorsque la tôle tubulaire se dilate en hauteur, les faces latérales ne la suivent pas. C'est l'avant-dernière rangée qui se déforme le plus, parce que la dernière est rendue rigide par le voisinage du coin. »

Ainsi, ces inégales dilatations se traduisent notamment par des mouvements de soufflet imprimés au fond d'arrière, c'est-à-dire à la face correspondant à la porte de chargement. A cette action s'ajoute celle des variations de pression, qui tend à corroder ou fissurer par flexion, dans les courbures de leurs bords, les diverses faces planes de l'enveloppe du foyer. C'est à cette double influence qu'il faut rapporter les arrachements de faces arrière de boîtes à feu survenues en 1870 en France (expl. B — 5), et en 1864, 1866, 1873 et 1881 en Belgique (expl. B — 1 à B — 4).

D'autres flexions encore tiennent à la rigidité des supports qui relient la chaudière aux longerons de la locomotive. Cette rigidité empêche, à l'endroit de ces supports, le corps de chaudière de demeurer exactement circulaire lors des extensions dues à la pression intérieure ; la tôle éprouve une tendance à se plier vers l'extérieur, le long de l'arête horizontale de chaque support. Heureusement, les sillons de corrosion ainsi engendrés sont de peu de longueur, et par conséquent les ruptures

(*) Tôle d'avant de l'enveloppe du foyer, par laquelle cette enveloppe se relie au corps cylindrique.

qui s'ensuivent dégénèrent rarement en explosions proprement dites. Cependant, cela a eu lieu en 1879 pour une chaudière du North Eastern Railway (expl. A — 22, Angleterre).

Les genres de flexions dont il reste à parler donnent, au contraire, naissance dans les corps cylindriques à de longues lignes de corrosion ou de fissuration, et, par suite, les accidents qui en résultent sont considérables par leurs effets dynamiques ; il s'agit des flexions qui affectent certaines génératrices des corps cylindriques, soit au *voisinage des rivures*, soit en *certain points des sections dont la forme s'écarte du cercle*.

1° Pour bien préciser comment et dans quelle mesure le voisinage d'une rivure longitudinale peut suffire à engendrer une flexion dangereuse, il est nécessaire d'entrer dans quelques considérations théoriques.

Soient (*fig. 14*, Pl. XIV) AB_1 , CD , A_1BC_1 , D_1 les coupes de deux tôles planes égales entre elles et rivées ensemble, par un plan de figure perpendiculaire à leur ligne de rivure ; on supposera que tout se passe d'une manière identique dans tous les plans parallèles au plan de figure, et l'on considérera, suivant la perpendiculaire à ce plan, les portions de tôles comprises entre deux plans distants d'une unité. Cela posé, les tôles peuvent être considérées comme des prismes encastrés, suivant BE et B_1E_1 , dans un solide indéformable CEC_1E_1 , qui représente la portion rigide de l'assemblage. Si l'on exerce à l'extrémité de ces prismes, dans la direction de leurs axes, deux tractions antagonistes T, T égales entre elles, il en résulte pour le solide CEC_1E_1 un couple qui tend à le faire tourner autour de son centre. Mais cette rotation infléchit les prismes, et les résistances à la flexion développées dans les sections d'encastrement arrêtent bientôt le solide CEC_1E_1 dans une position d'équilibre, que nous supposons assez voisine de la position initiale pour qu'on puisse

négliger le carré de leur angle et appliquer les méthodes de la théorie ordinaire de l'élasticité. Cherchons quels sont dans les sections d'encastrement, pour cette position d'équilibre, en fonction de T , le rayon de courbure de la fibre moyenne des tôles et la tension de la fibre qui travaille le plus.

Considérons, à cet effet, l'une des tôles, la tôle $AB_1 CD$, par exemple, et soient :

Gg' la fibre moyenne ;

BGE la section d'encastrement ;

bge la section infiniment voisine, dans la position initiale, c'est-à-dire lorsque l'on n'exerce aucune traction sur les tôles ; l'élément $Gg = ds$ est alors rectiligne ;

Ii une fibre quelconque de surface $d\omega$, distante de v de la fibre Gg (v étant positif ou négatif suivant son sens) ; dans l'état initial, Ii est aussi rectiligne et égal à ds ;

$b'e'$ la position que prend, par rapport à BE supposé immobile, la section $b'e$ après déformation, c'est-à-dire lorsque les tractions T sont exercées sur les tôles et dans l'état d'équilibre ; r le point de concours de BE et $b'e'$: le rayon de courbure cherché est $Gr = \rho$. Les fibres Gg et Ii se sont modifiées dans leurs longueurs et sont devenues, en appelant δ_0 et δ leurs dilatations positives ou négatives,

$$Gg' = ds(1 + \delta_0) \quad \text{et} \quad Ii' = ds(1 + \delta).$$

La fibre Ii' exerce alors sur l'élément I de la section d'encastrement, en vertu du coefficient d'élasticité E de la matière, une force égale à $E\delta d\omega$.

Mais la figure donne

$$\delta ds = Ii' - Gg' + \frac{Gg' \times g'\gamma}{Gr} = \delta_0 ds + \frac{ds(1 + \delta_0)v}{\rho},$$

d'où approximativement :

$$(1) \quad \delta = \delta_0 + \frac{v}{\rho}.$$

La valeur de la force exercée par la fibre Ii' sur l'élément quelconque I prend dès lors pour expression générale

$$E \left(\delta_0 d\omega + \frac{vd\omega}{\rho} \right).$$

Cela posé, d'une part, si l'on projette sur la direction BA_1 toutes les forces extérieures exercées sur le système en équilibre $C_1 ECA_1 D_1$, on a, avec le degré d'approximation que nous nous sommes fixé :

$$T = E \int \left(\delta_0 d\omega + \frac{vd\omega}{\rho} \right) = E\delta_0 \int d\omega + \frac{E}{\rho} \int v d\omega,$$

ou en remarquant que $\int v d\omega = 0$ à cause de la propriété du centre de gravité, et que $\int d\omega = e$,

(2)

$$T = E\delta_0 e.$$

D'autre part, écrivons que les moments de toutes les forces qui agissent sur le solide $CEC_1 E_1$ se font équilibre par rapport à son centre O . Il faut remarquer qu'en raison de la complète symétrie supposée, à chacune des forces élémentaires développées dans la section EB par le prisme $ABED$ correspond une force élémentaire développée dans la section $E_1 B_1$ par le prisme $A_1 B_1 E_1 D_1$, dont le moment, par rapport au point O , est égal à celui de sa symétrique *et de même signe*. Par conséquent, pour que la somme totale des moments soit égale à zéro, il faut que la somme des moments des forces élémentaires développées dans la section EB soit à elle seule égale à zéro. Or, le moment de la force exercée par la fibre Ii' est

$$E \left(\delta_0 d\omega + \frac{vd\omega}{\rho} \right) \left(\frac{e}{2} - v \right);$$

il vient donc, en remarquant que $\int v^2 d\omega$ est le moment

d'inertie I de la section BE,

$$0 = E \int \left(\delta_0 d\omega + \frac{v d\omega}{\rho} \right) \left(\frac{e}{2} - v \right) = \frac{E \delta_0 e^2}{2} - \frac{EI}{\rho},$$

ou en tenant compte de (2),

$$\frac{EI}{\rho} = \frac{T e}{2}.$$

Comme on a $I = \frac{e^3}{12}$, on déduit de là pour valeur de la courbure $\frac{1}{\rho}$.

$$\frac{1}{\rho} = \frac{6T}{E e^2}.$$

La fibre la plus fatiguée est la fibre Bb, pour laquelle $v = \frac{e}{2}$; si l'on appelle Θ sa tension par unité de surface, on a, en tenant compte de (1), (2) et (3),

$$\Theta d\omega = E \delta d\omega = E d\omega \left(\delta_0 + \frac{e}{2\rho} \right) = d\omega \left(\frac{T}{e} + \frac{3T}{e} \right),$$

d'où enfin

$$(4) \quad \Theta = 4 \frac{T}{e}.$$

la tension en B dans la fibre la plus fatiguée Bb est égale à quatre fois la tension moyenne de la tôle.

Ce que nous venons de dire, en considérant pour plus de simplicité des tôles planes sur lesquelles agissent des tractions T, ne s'appliquerait pas identiquement aux tôles d'un corps cylindrique que la tension intérieure fait travailler à l'extension. Néanmoins cela suffit à faire comprendre que, dans un pareil corps cylindrique, si ABCD₁ est le côté de l'eau, les phénomènes d'infléchissement de la tôle BEAD, et notamment l'effort qui en résulte pour les fibres superficielles de cette tôle le long de l'arête B, puissent développer dans la région de cette arête un

sillon de corrosion, dans tous les cas où existent des circonstances accessoires favorables à ce développement.

Les sillons de corrosion le long des rivures longitudinales du corps cylindrique ont causé, comme on l'a vu, 22 explosions sur 64 en Angleterre; et en France, pendant la même période, 5 explosions sur 14.

En Belgique, on n'en cite aucun exemple jusqu'en 1886, année où a eu lieu aux chemins de fer de l'État belge l'explosion A-3. M. Vincotte fait remarquer que certaines précautions dans la construction paraissent de nature à atténuer la flexion due aux rivures; ainsi, en pliant les tôles de manière qu'à une très courte distance elles se retrouvent dans le prolongement l'une de l'autre (fig. 15, Pl. XIV), on diminue certainement les effets décrits ci-dessus, bien qu'ils subsistent encore dans une certaine mesure entre le pli et la section d'encastrement. Nous ajouterons que la nature, et notamment la ductilité des tôles, la position des clouures, les circonstances diverses de l'alimentation, influent nécessairement sur ce genre d'altérations, et que certaines circonstances de l'emploi et de l'entretien des chaudières, par exemple la fréquence et le mode d'exécution des piquages, peuvent encore exercer une sensible action. On a même parfois, en France, mis en avant l'influence originelle possible d'un matage exagéré du chanfrein, produisant sur la tôle d'appui un commencement de sillon qui se développerait par la suite. Sans permettre de repousser entièrement aucune de ces explications, l'expérience montre que les sillons de corrosion sont de fréquence très variable, suivant les pays et suivant les modes de construction. En Angleterre, ils se montrent comme un défaut habituel de la locomotive; et sur cinq explosions de ce genre survenues en 1884 et 1885 (A-29 à A-33), il en est quatre qui ont affecté des chaudières provenant du même constructeur; il est aussi à noter que, dans quatre cas (expl. A-20,

A-23, A-24, A-31), les chaudières étaient en tôles low-moor, très ductiles. En Belgique, au contraire, à la suite de l'explosion A-3, l'administration des chemins de fer de l'État fit démonter les tubes des chaudières de la même série que celle qui avait sauté; le même défaut n'y fut pas trouvé.

« La même différence, dit M. Vinçotte, se trouve dans les générateurs fixes. En Belgique, la corrosion en sillon, le long des rivures, ne se produit pas. Nous n'en avons pas un seul exemple dans les 3.000 chaudières de l'Association...

« En Angleterre et aux États-Unis, c'est un défaut habituel régulièrement signalé dans tous les rapports de sociétés de surveillance, et qui occasionne de nombreuses réparations et beaucoup d'explosions. »

En tous cas, si l'explication qui en a été donnée ci-dessus est la véritable, il existe, comme le dit M. Vinçotte, un moyen de s'en affranchir radicalement : c'est de faire les assemblages par double couvre-joint. Faisons remarquer qu'un couvre-joint simple ne suffit pas, et peut même présenter, lorsqu'il est extérieur, un vice capital, car le sillon qui tend à se former dans le couvre-joint lui-même peut difficilement s'apercevoir.

Avec les rivures ordinaires, le moyen d'éviter les explosions dues à cette cause est évidemment d'inspecter intérieurement le corps cylindrique, à intervalles suffisamment rapprochés.

Il règne d'ailleurs, sur le temps au bout duquel ce défaut peut devenir dangereux, une grande incertitude qui doit rendre d'autant plus vigilant. Malheureusement l'inspection intérieure des chaudières locomotives ne peut se faire qu'en enlevant, en tout ou en partie, le faisceau tubulaire : l'étude du délai au bout duquel cet enlèvement et l'inspection intérieure sont nécessaires

pour donner toute sécurité est une question capitale et encore douteuse.

2° Les formes s'écartant du cercle, dans les sections des corps cylindriques, engendrent des flexions qui peuvent être considérables et dont le danger est évident. En général, on cherche à rendre stable la forme des corps de chaudière de cette nature au moyen de tirants transversaux; mais quand même les réactions de ces tirants feraient théoriquement équilibre aux efforts de déformation, il tendrait à se faire des flexions dans leur voisinage, parce qu'en général on ne peut pas placer rigoureusement ces tirants au point d'application de ces efforts.

En France, un accident dû à cette cause a été l'explosion A-8 des ateliers du chemin de fer d'Orléans. En Belgique, l'explosion A-2 est un exemple d'autant plus intéressant, que théoriquement la stabilité d'un corps de chaudière dont la section se compose de deux arcs de cercle devrait être assurée par des tirants dirigés suivant la corde commune. Or voici les détails que donne M. Vinçotte au sujet de cette explosion :

« La tôle était rongée intérieurement dans toute la zone des entretoises inférieures.

« De chacun des trous partaient, de tous côtés, de profonds sillons de corrosion; ceux qui avaient une direction transversale étaient courts; ceux qui étaient dirigés en longueur, ou à peu près, se prolongeaient dans la direction des trous voisins, en diminuant de profondeur au fur et à mesure qu'ils s'éloignaient des trous des entretoises.

« Le sillon principal, celui qui a causé l'accident, s'étendait d'une manière continue, de la 5^e à la 10^e entretoise, et avait une profondeur de 5 à 7 millimètres contre les trous, et de 1/2 à 1 1/2 millimètre dans les autres endroits.

« Les douze autres chaudières de la série furent essayées à la presse et démontées. Il fut reconnu :

« 1° Que tous les corps cylindriques s'étaient déformés en service ; la déformation maximum était au milieu de la longueur et sur une génératrice située de 80 à 90 millimètres sous la ligne des entretoises. Cette déformation variait de 2 à 9 1/2 millimètres, suivant le service que la machine avait fait et, comme il a été reconnu plus tard, suivant la profondeur de la corrosion intérieure.

« 2° Que, dans l'essai à 15 atmosphères, les deux corps cylindriques se déformaient, les déformations allant jusqu'à 3 1/2 millimètres lorsqu'il n'y avait pas de rupture.

« 3° Que, pour une pression, en général supérieure à 15 atmosphères, ils avaient une tendance à se fendre, à l'intérieur, vers le milieu de la longueur des entretoises, et à l'extérieur, suivant une génératrice placée à 85 millimètres sous cette ligne, c'est-à-dire aux points que le calcul indiquait.

« Que toutes les chaudières étaient rongées de la même manière que celle qui avait sauté, et en rapport avec le service qu'elles avaient fait et avec les détails de construction, en vertu desquels le bras de levier de la force de torsion avait été plus ou moins grand. »

Corrosion générale. — La moitié inférieure des corps cylindriques se corrode très habituellement sur la paroi intérieure, en pleine tôle, par cavités isolées lenticulaires. La tôle s'attaque d'abord en un certain nombre de points, où se forment des cavités arrondies qui augmentent plus vite en étendue qu'en profondeur, en même temps qu'elles se multiplient, de sorte qu'elles finissent par se rejoindre ; parfois cependant, même sur de vieilles tôles, une partie de la surface reste intacte ; c'est le cas représenté par les *fig.* 16 à 19, Pl. XIV ; d'autres fois la corrosion envahit la totalité de la surface : c'est l'aspect que

représente la *fig.* 20. Dans les trous se forme un oxyde de fer, noirâtre et dur. Ce genre de corrosion n'est pas particulier aux locomotives ; il se rencontre toutes les fois que l'eau est chauffée lentement, ou bien lorsqu'elle séjourne dans une chaudière en chômage. M. Vinçotte attribue le rôle actif, dans ce phénomène, à l'oxygène de l'air dissous dans l'eau d'alimentation, ce qui explique pourquoi il affecte particulièrement le bas des chaudières.

En passant, notons avec M. Vinçotte qu'un moyen efficace de supprimer ce genre de corrosion, si telle en est bien la cause, serait d'alimenter dans la vapeur ; mais cette méthode, pour une locomotive, peut être difficile en marche à cause des abaissements subits de pression et des entraînements d'eau qu'elle risquerait de produire ; M. Vinçotte pense du moins qu'elle serait réalisable pendant les stationnements, et il conseille d'avoir deux injecteurs : l'un alimentant dans la vapeur et l'autre vers la partie supérieure du faisceau tubulaire.

Quoi qu'il en soit, cette corrosion intérieure générale, par cavités lenticulaires, des parties basses du générateur, si elle est une cause d'usure qu'il serait très intéressant d'atténuer, ne paraît, d'après la statistique, amener que peu d'explosions de locomotives.

Cela tient, d'après l'opinion de M. Vinçotte, à ce que cette corrosion a une marche progressive que les enlèvements du faisceau tubulaire, lorsqu'ils sont complets, suffisent pour permettre de surveiller. Pour avoir des enlèvements complets de faisceau tubulaire à intervalles suffisamment réguliers et rapprochés pour que cette conclusion soit fondée, il est d'ailleurs utile, lorsqu'un ou plusieurs tubes deviennent mauvais en dehors des renouvellements généraux, de les remplacer non par des tubes neufs, mais par des tubes partiellement usés, bons néanmoins, mais ayant seulement la même durée probable que le reste du faisceau.

Si l'on laissait la corrosion générale engendrer une explosion, il est évident que cette explosion aurait grande chance d'être extrêmement grave.

II. EXPLOSIONS DE L'INTÉRIEUR DU FOYER. — Les explosions de l'intérieur du foyer se partagent en *écrasements du ciel* et en *ruptures des parois verticales*.

Écrasements du ciel. — Dans les accidents de ce genre mentionnés plus haut, le plus grand rôle paraît avoir été joué par les vices de construction. C'est un point essentiel pour la sécurité, que de donner au ciel des foyers un système de raidissement et de soutien qui ne laisse rien à désirer, et le problème est fort délicat. Notons par exemple avec M. Vinçotte que dans un ciel raidi par fermes, si la totalité ou une part trop prépondérante de l'appui de ces fermes est prise sur les faces verticales elles-mêmes du foyer, tout défaut de construction qui fera peser les fermes en dehors du plan moyen de ces faces (*fig. 21*, Pl. XIV) déterminera des efforts de flexion qui cisailent les entretoises de la ligne supérieure, tendront à infléchir la paroi verticale et compromettront la sécurité.

Il est nécessaire que les ciels soient constitués et soutenus de telle sorte, que les manques d'eau, qui sont inévitables, ne puissent donner lieu à des explosions. La statistique paraît confirmer du reste qu'il en est ainsi, en général, lorsque les ciels de foyer sont parfaitement construits.

Ruptures des parois verticales. — Ces ruptures résultent de la corrosion des parois et de la rupture des entretoises.

Les foyers en cuivre, qui sont les plus fréquemment employés en Europe, se corrodent au-dessus du plan de grille de la manière représentée *fig. 22*, Pl. XIV, plus ou moins vite suivant la nature du charbon, notamment

en ce qui concerne sa teneur en soufre, et suivant la vivacité des feux. Cette corrosion diminue l'épaisseur du métal, mais ce n'est généralement pas cette diminution d'épaisseur, considérée en elle-même, qui détermine l'explosion; la circonstance la plus immédiatement dangereuse, c'est que la corrosion ronge les têtes d'entretoises, et la tendance à l'arrachement de l'entretoise hors de la tôle n'est plus alors combattue que par l'adhérence due au taraudage; or on sait que cette adhérence n'a qu'une efficacité imparfaite, à cause de la dilatation que prend l'ouverture du trou sous l'effort de bombement (*).

Cette double corrosion de la tôle et des têtes d'entretoises pouvant être surveillée, une suffisante vigilance et des réparations faites à temps doivent empêcher complètement les accidents dus à cette cause. Mais, suivant une excellente remarque de M. Vinçotte, il ne faut pas perdre de vue, dans cette surveillance, que chaque tête d'entretoise, pendant qu'elle se corrode, protège contre la corrosion la partie de tôle sous-jacente; de sorte qu'une fois la tête rongée, cette partie de tôle forme une saillie qui simule une tête d'entretoise, ainsi que le montre la *fig. 22*; et ce n'est qu'en découvrant la ligne de séparation, *très fine*, entre l'entretoise et la tôle, qu'on peut se rendre compte de la situation.

(*) M. Vinçotte rappelle à cette occasion les expériences suivantes: « Avec des entretoises de 20^{mm},24, distantes de 101^{mm}, dans une tôle de cuivre de 12^{mm},5, Fairbairn a trouvé que la tôle s'arrache à 108 atmosphères, en n'endommageant qu'une partie des filets de la vis. Le trou s'ouvre sous l'effort et laisse passer les autres filets. — Avec une distance de 127 millim., la pression d'arrachement ne fut plus que de 54 atmosphères et le nombre de pas de vis intacts fut plus grand. — Enfin, dans les expériences de Thurston, tôle de fer de 8 millim., distance des entretoises 222 à 223 millim., la tôle s'arrache à 11^k,6 de pression, en déchirant le rebord de la tête, mais sans endommager le filet de la vis, ni dans l'entretoise, ni dans la tôle. »

Outre les corrosions des parois du foyer et des têtes intérieures d'entretoises, les ruptures des entretoises sont une cause importante des bombements et des déchirures, soit dans le foyer, soit dans son enveloppe. Les différences de dilatation du fer et du cuivre font subir aux entretoises des flexions qui dépendent de leur position et de la manière dont sont reliées les diverses parties : en ce qui concerne, par exemple, les dilatations en hauteur, « le cadre par lequel les parois de fer et de cuivre sont réunies forme, dit M. Vinçotte, le point à partir duquel les mouvements relatifs commencent ; ces mouvements ne peuvent se compenser que par la déformation de tout le système et par une flexion des entretoises d'autant plus grande que leur rangée est plus élevée.

« Dans la longueur, des effets analogues se produisent et sont, en outre, la cause des fuites que l'on observe aux cadres...

« Ces flexions font casser les entretoises à leurs extrémités et, le plus souvent, à l'encastrement dans la tôle de fer, parce qu'il est le plus rigide des deux. »

On doit donc apporter un grand soin, dans la visite des foyers, à la recherche des entretoises rompues ; sans quoi, la rupture de quelques entretoises contiguës exagère l'effort de la tôle sur les entretoises voisines, et la place non soutenue s'agrandit jusqu'à ce qu'un bombement violent et parfois une explosion se détermine.

MANIÈRE DONT LES EXPLOSIONS DE LOCOMOTIVES SE DÉVELOPPENT. — Telles sont les observations que comportent, non pas la totalité des causes d'explosion relevées dans les tableaux, mais les plus fréquentes et les principales d'entre elles.

La manière dont les explosions de locomotives se développent, sous l'influence de ces causes, dépend de l'organe qui cède le premier.

Lorsqu'une virole commence à se déchirer le long d'une génératrice, si, avant d'atteindre une longueur importante, la fente rencontre des parties de tôle suffisamment saines et résistantes, il se peut que sa propagation s'arrête et que l'accident se borne à une fuite plus ou moins vive. Mais sinon, elle se prolonge jusqu'aux extrémités de la virole, rencontre alors dans les rivures circulaires des lignes de moindre résistance, et il y a, en général, une violente explosion. Cette explosion comporte le déroulement d'une ou plusieurs viroles et, en même temps, sous l'impulsion de l'eau et de la vapeur qui s'échappent, un faussement du faisceau des tubes, dont une partie est parfois arrachée des plaques tubulaires. Mais le faisceau constitue, dans son ensemble, un entretoisement des plaques d'autant plus aisément efficace, que les résultantes de la pression de la vapeur sont relativement faibles sur ces plaques criblées de trous ; de sorte que, le plus souvent, le foyer et la boîte à fumée restent reliés l'un à l'autre ; alors les effets dynamiques sont presque exclusivement latéraux, et ces explosions, qui sont les plus violentes, sont loin d'être, en général, les plus meurtrières.

Les ruptures d'enveloppes de foyer font un plus grand nombre de victimes, tant à cause de la position qu'occupent sur la machine le mécanicien et le chauffeur, que par suite des impulsions que la réaction imprime à la locomotive. De là l'extrême importance de constituer ces enveloppes, d'en entretoiser et d'en soutenir les parois, de manière qu'il ne se produise pas de flexions dangereuses ou que, s'il s'en produit, les fentes qui en résultent soient de faible longueur et ne puissent se propager.

Les explosions qui prennent origine dans la région du dôme sont de deux natures bien distinctes, suivant qu'il y a simplement arrachement de la calotte du dôme ou du dôme entier, auquel cas les effets dynamiques consistent seulement dans la projection des parties rompues, ou que

le corps de chaudière vient à se rompre à cause de l'affaiblissement causé par les ouvertures de la région du dôme, cas auquel de grandes explosions se développent, avec déroulement d'une ou plusieurs viroles.

Les ruptures de foyers sont bien différentes dans leurs effets, suivant qu'il s'agit d'écrasements du ciel ou de déchirures de parois verticales.

« Lorsque le ciel du foyer s'écrase, la réaction, dit M. Vinçotte, soulève la locomotive en la faisant tourner, et la lance vers l'avant, où elle retombe le plus souvent sens dessus dessous. C'est de toutes les explosions la plus dangereuse, car elle frappe non seulement ceux qui se trouvent devant le foyer, mais souvent encore d'autres personnes. »

Sept explosions de ce genre, mentionnées au tableau de la page 399, ont fait onze morts et dix-sept blessés.

Quant aux déchirures des parois verticales du foyer (autres que la plaque tubulaire), leur grandeur est généralement limitée, par cette circonstance que l'eau et la vapeur n'ont, pour s'échapper, qu'un passage relativement étroit entre le foyer et son enveloppe. Néanmoins, lorsqu'une joue de foyer rompt une partie de son entretoisement, se bombe et se fend, le jet d'eau et de vapeur est très dangereux, notamment pour le mécanicien et le chauffeur. En Angleterre, six explosions de cette nature ont tué quatre hommes et en ont blessé quatorze.

LOCALISATION DES POINTS D'ORIGINE DANS CERTAINES PARTIES DES CHAUDIÈRES. — On n'a vu ci-dessus aucune explosion ayant pris naissance dans la plaque tubulaire de la boîte à fumée, ni dans la tôle cavalier reliant l'enveloppe du corps cylindrique à l'enveloppe du foyer; on n'en a rencontré qu'une seule affectant la plaque tubulaire du foyer, et, cependant, ce sont là des parties qui fatiguent beaucoup, à cause de l'inégale dilatation du

système en fer et du système en cuivre. Mais les plaques tubulaires sont entretoisées par le faisceau tubulaire; d'autre part, la tôle cavalier et la partie inférieure de la plaque tubulaire du foyer n'ont pas, dans la construction actuelle des locomotives, de parties non soutenues assez étendues pour que les fissurations, lorsqu'elles se produisent, aient grande chance de dégénérer en explosions. Ce sont là les raisons et en même temps les conditions indispensables de la sécurité relative qu'offrent, en fait, ces parties.

C'est aussi à la liaison résultant du système tubulaire que M. Vinçotte attribue l'innocuité relative des ruptures auxquelles sont sujettes les parties inférieures des rivures circulaires du corps cylindrique. En effet, le bas de ces rivures a beaucoup à souffrir des contractions qu'amène le froid de l'eau d'alimentation. De là les suintements fréquents de ces parties de rivures; de là aussi, surtout lorsque la rivure est à simple couvre-joint, des ruptures amenant des fuites plus ou moins vives, qui ne manqueraient pas de dégénérer en explosions, si le faisceau tubulaire ne maintenait les parties en place.

On ne trouve, dans les tableaux ci-dessus, aucune explosion par corrosion extérieure, ce qui tient encore, pense M. Vinçotte, à ce que dans les parties de la locomotive les plus sujettes à se ronger extérieurement, savoir, le bas de la plaque tubulaire de la boîte à fumée et le bas du foyer, une rupture locale ne risque pas beaucoup d'entraîner une explosion proprement dite. Citons aussi, cependant, parmi les parties sujettes à la corrosion extérieure, le voisinage du bas des rivures circulaires du corps cylindrique. Une explosion prenant naissance dans cette partie ne paraît pas impossible à M. Vinçotte, mais seulement si la partie mauvaise excédait une certaine étendue.

SÉRIES D'EXPLOSIONS. — La statistique montre que les

mêmes défauts et les mêmes accidents affectent les chaudières de constitution et de fabrication semblables. On a remarqué ci-dessus, en France, les explosions des locomotives de même lot : « la Turquie » (20 août 1857, A — 2), « Tchernaiâ » (27 juin 1864, B — 4), et « Béhémot » (4 novembre 1886, A — 11); et les explosions C — 2 et C — 3 de deux chaudières du chemin de fer d'Orléans, dont onze congénères se fissurèrent, toujours à la base du dôme, en 1871 et 1872. En Belgique, à la suite de l'explosion A — 2 d'une chaudière en forme de 8, les douze autres chaudières de la même série furent, dit M. Vinçotte, « démolies après une série d'essais, desquels il résulta que toutes avaient le même défaut, à la même place, et ce, au prorata du travail qu'elles avaient déjà fait et à des degrés différents, suivant certains détails de construction. » Les explosions B — 1 et B — 2, en ce qui concerne les explosions affectant l'enveloppe du foyer, sont un autre exemple remarquable.

En Angleterre, enfin, l'exemple le plus frappant est donné par la série de locomotives que la compagnie du North Eastern Railway avait fait construire en 1872. « En 1878, dit M. Vinçotte, l'une des chaudières sauta. La première cassure s'était produite dans un sillon de corrosion, le long d'une rivure longitudinale. Le sillon n'avait que 3 millimètres de largeur au plus, et l'on ne fut pas d'accord sur la question de savoir si c'étaient des corrosions ou des fentes.

« Toutes les autres rivures longitudinales avaient le même défaut.

« En 1880, une seconde locomotive de la même série sauta de la même façon ; mais le sillon de corrosion était plus fin encore et la discussion recommença. La qualité exceptionnelle des tôles et les soins apportés à une construction qu'on avait voulu rendre parfaite, empêchèrent de croire à autre chose qu'à un défaut accidentel.

« Enfin, la même année, une troisième explosion semblable aux précédentes vint ouvrir les yeux.

« On se décida à découper des pièces dans les chaudières de la même série, et à toutes les rivures longitudinales on trouva le même défaut, avec les mêmes caractères. »

(Explosions A — 20, A — 23 et A — 24.)

On voit donc combien une explosion, particulièrement lorsqu'il s'agit d'une rupture de corps cylindrique ou de boîte à feu, doit rendre suspects les chaudières de la même série.

M. Vinçotte fait ressortir ce fait, maintenant bien connu, c'est qu'à cet égard le succès d'une épreuve hydraulique ne peut, en l'absence d'une visite attentive intérieure et extérieure, constituer une démonstration suffisante de la solidité d'une chaudière. En France, les accidents A — 2, A — 7, D — 2, D — 3, D — 8, attribuables à l'état de l'appareil, ont eu lieu quelques mois après des épreuves officielles. En Belgique, l'explosion B — 3 s'est produite après dix-sept jours, l'explosion C — 1 sept jours seulement après une épreuve. On ne peut pas compter sur l'essai à la presse pour reconnaître des sillons de corrosion ni des fissures, capables cependant de compromettre la sécurité ; le jeu des dilatations produit, quand la chaudière est en feu, des efforts longitudinaux que la pression hydraulique n'engendre pas. Quant aux ruptures des entretoises et à la tendance aux déformations des parois planes, elles ne peuvent être révélées par le moyen des épreuves que si l'on accompagne celles-ci d'observations très précises et très minutieuses, que leur mode courant d'exécution ne comporte généralement pas.

Une autre raison d'apporter la plus grande vigilance à l'inspection intérieure et extérieure des chaudières de locomotives, c'est que la nécessité d'économiser la matière

en vue de la réduction du poids a conduit à adopter pour ces chaudières, en ce qui concerne les épaisseurs des tôles ainsi que le rapprochement et l'équarrissage des pièces de consolidation, un *coefficient de sécurité* peu élevé. Il résulte de ce qui précède qu'en France, en Belgique et en Angleterre, ce coefficient est, à la vérité, suffisant d'ordinaire en ce qui concerne les parois latérales entretoisées de l'enveloppe du foyer et même du foyer, les tôles tubulaires et le ciel du foyer lorsqu'il est bien raidi et bien soutenu par des supports le reliant à l'enveloppe extérieure; mais ledit coefficient paraît laisser souvent à désirer, en ce qui concerne le corps cylindrique, le dôme, la partie supérieure de la face arrière de boîte à feu, enfin les ciels de foyer dont les pièces de raidissement prennent la totalité ou une trop forte partie de leur appui sur le foyer lui-même. En ce qui concerne, notamment, les diverses parties de l'enveloppe extérieure, il y a lieu de conclure que l'on eût évité un certain nombre d'accidents en adoptant de plus fortes épaisseurs. « A mon avis, dit M. Vinçotte, les fortes épaisseurs sont nécessaires pour assurer la sécurité, et elles sont surtout indispensables pour les exploitations industrielles qui ne peuvent pas surveiller leurs locomotives aussi bien que les compagnies de chemins de fer, et dont les chaudières ne présentent pas les mêmes garanties de qualité de matériaux et de perfection dans le travail.

« Ce qui prouve la nécessité des fortes épaisseurs, c'est que la plupart des explosions ont leur origine dans des défauts que la pression de la vapeur avait elle-même produits.

« Les locomotives ne satisfaisaient donc pas à la condition qui doit servir de base dans les projets de chaudières, à savoir que leur résistance doit être assez grande pour que les efforts résultant de la pression de la vapeur ne dépassent, en aucun point, la limite d'élasticité.

« Une chose frappe : c'est le nombre de fois qu'une invention ou une modification quelconque de la construction a produit des explosions; les plus petites modifications à des dispositions anciennes se sont souvent montrées dangereuses, et c'est guidé par des accidents, qu'on a appris à construire les diverses parties de la locomotive.

« Cela tient à ce que le coefficient de sécurité adopté pour la locomotive était trop faible pour que la moindre erreur ne fût pas dangereuse; avec des épaisseurs plus fortes, on aurait évité ces mécomptes. »

CONCLUSIONS. — Comparés aux États-Unis, les pays européens, auxquels a trait cette notice, ont eu peu d'explosions de locomotives; ils en ont eu trop encore, si l'on envisage le nombre total de ces accidents et de leurs victimes. Les causes qui les ont engendrées sont en petit nombre, et il est possible d'en combattre efficacement la plupart par des soins appropriés de construction et d'entretien.

Le constructeur doit éviter toutes les dispositions susceptibles de favoriser les flexions, surtout suivant des lignes étendues. Il fera prudemment d'employer pour les sutures longitudinales du corps cylindrique la rivure à double couvre-joint. Il est vrai que les rivures à recouvrement, surtout si l'on en infléchit convenablement les lèvres, ne donnent pas toujours lieu à la formation de sillons de corrosion intérieurs; ce défaut, systématique sur certaines séries de chaudières, paraît avoir été inconnu sur d'autres; mais les conditions à remplir dans la construction pour s'en préserver, en dehors de l'emploi du double couvre-joint, ne sont pas bien définies.

Les formes cylindriques non circulaires doivent être absolument rejetées.

Les formes, l'entretoisement et le raidissement des faces de la boîte à feu doivent être tels, que les mouvements de soufflet soient restreints et ne puissent amener de longues fissures. Ces mouvements se reportant surtout sur les contours des tôles planes, la jonction des tôles à angle droit doit se faire par des congés d'un suffisant rayon et d'un embouti irréprochable, jamais par des cornières. Les parties courbes que la fissuration peut atteindre doivent, en outre, être aussi faciles que possible à inspecter, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur.

Il faut éviter de trop affaiblir les chaudières par les ouvertures de la région du dôme.

Les écrasements du ciel de foyer sont les accidents les plus meurtriers de tous. On ne saurait apporter trop de soin à la consolidation de cette partie. Les fermes doivent être soutenues par la boîte à feu; quant à l'appui qu'au moins dans certaines phases du jeu des dilatations les fermes sont le plus souvent obligées de prendre sur les faces verticales du foyer, cet appui doit se faire rigoureusement à l'aplomb de ces faces.

D'une manière générale, M. Vinçotte formule ces deux règles : « Il faut, dit-il, 1° que la résistance de la chaudière soit telle que les efforts dus à la pression de la vapeur ne dépassent en aucun point la limite d'élasticité; 2° que les pièces sujettes à se fendre par l'effet des dilatations inégales aient une forme et des épaisseurs telles, que les fentes ne s'ouvrent que très peu lorsqu'elles arrivent à fond. » L'expérience montre que beaucoup de chaudières de locomotives ont un coefficient de sécurité insuffisant. « C'est pour cela, écrit l'ingénieur belge, que les corrosions en sillon, le long des rivures, s'y produisent. C'est aussi pour cela qu'il a toujours été dangereux de les modifier en quoi que ce soit, parce que la réserve de sécurité est si faible que la moindre erreur a des conséquences graves. »

Enfin, en vue d'atténuer les inconvénients de l'afflux de l'eau d'alimentation au bas du corps cylindrique, M. Vinçotte propose de munir les chaudières locomotives de deux injecteurs, l'un amenant l'eau à mi-hauteur du corps cylindrique, l'autre la lançant dans la vapeur pour l'alimentation pendant les stationnements.

De son côté, l'industriel qui emploie une locomotive doit y effectuer des visites intérieures suffisamment fréquentes, pour surveiller avec efficacité la naissance et les progrès des corrosions et des fissures. Un enlèvement soit total, soit méthodiquement partiel de la tubulure est nécessaire à cet effet : c'est une obligation qu'il faut accepter franchement. Les règles à suivre pour les remplacements de tubes doivent être combinées en conséquence.

La finesse des fissures de flexion doit appeler, dans la visite intérieure, le soin le plus attentif.

Si des sillons de corrosion sont reconnus le long des rivures, ou suivant les grandes lignes de la boîte à feu, « la chaudière, dit M. Vinçotte, doit être condamnée, car on ne sait aucunement le temps qu'elle peut durer. »

Les visites du foyer, plus aisées que les précédentes, doivent être très répétées, pour surveiller l'action du feu sur les tôles et plus encore l'état des entretoises. La conservation intégrale de celles-ci et un suffisant rebord de leurs têtes sont nécessaires à la sécurité.

Dans l'inspection des parties extérieures de la chaudière, l'attention doit se porter sur le bas des clouures circulaires et sur les parties susceptibles d'être traversées par des fissures, notamment les bords emboutis des faces planes : des avaries dangereuses développées entre deux visites intérieures peuvent avoir parfois quelque chance d'être révélées de la sorte; mais il n'y faut cependant point compter.

Enfin, l'explosion d'une chaudière de locomotive doit

appeler la plus sérieuse attention sur l'état des chaudières de construction similaire. « Le choix des matériaux, remarque M. Vinçotte, et le soin de la construction font de la locomotive un appareil très régulier. Lorsqu'une locomotive saute, il est probable que celles de la même série ont le même défaut et sauteront de la même manière, si on ne les arrête. »

EXAMEN

DE

DIVERSES SUBSTANCES CRISTALLISÉES

PRÉPARÉES, MAIS NON DÉCRITES

Par EBELMEN

Par M. ER. MALLARD, inspecteur général des mines.

Lorsque parurent, à de courts intervalles, de novembre 1847 à novembre 1851, les mémoires d'Ebellen sur la reproduction des espèces minérales, la sensation fut profonde dans le monde scientifique. On attendait avec impatience la suite annoncée de ces beaux travaux, lorsqu'on apprit qu'ils devaient rester à jamais inachevés. Leur auteur était mort le 31 mars 1852, âgé de trente-huit ans seulement, dans toute la maturité de son génie.

Quelque courte qu'ait été sa vie, il a su graver à jamais son nom dans les annales de la science. Sa mémoire est préservée de l'oubli par de belles découvertes, et son nom nous inspire l'intérêt qui s'attache aux grands esprits disparus, après avoir montré leur puissance, sans qu'il leur ait été permis de la développer tout entière.

Après une mort qui la mettait si cruellement en deuil, M^{me} Ebellen déposa, dans les collections de l'École des Mines, du Muséum et de la Manufacture de Sèvres, de nombreux échantillons de substances cristallisées préparées par son mari. Ce don précieux était accompagné d'un Catalogue détaillé indiquant sommairement, sans doute d'après les notes d'Ebellen et les souvenirs con-

servés à son laboratoire, le mode de préparation employé pour chaque substance.

En examinant récemment avec soin les échantillons déposés à l'École des mines, et les comparant avec les divers mémoires laissés par Ebelmen, j'ai constaté qu'un très grand nombre des substances, que l'École devait à la générosité de M^{me} Ebelmen, n'avaient pas été décrites et devaient sans doute former les matériaux d'un travail que la mort n'avait pas laissé à son auteur le temps d'achever.

J'ai regardé comme un hommage dû à la mémoire d'un des savants dont le Corps des mines peut le plus justement s'enorgueillir, d'étudier ces précieux documents, et, sans espérer de retrouver complètement les idées originales qui avaient guidé Ebelmen, de sauver au moins de l'oubli tout ce qu'on peut encore en sauver. Je me suis aperçu d'ailleurs bien vite que, malgré le long temps écoulé depuis que la pensée de l'expérimentateur s'est endormie pour toujours, l'étude que j'avais entreprise comme un pieux devoir apportait quelques documents nouveaux encore dans l'état actuel de la science.

Mon collègue, M. Le Chatelier, a bien voulu me prêter son concours pour les recherches chimiques nécessaires. J'ai pu ainsi me borner presque exclusivement aux études cristallographiques. Elles étaient rendues assez difficiles par la petitesse et le mauvais état de la plupart des cristaux qu'il s'agissait de déterminer. Je me suis servi avec avantage d'une disposition particulière du goniomètre Wollaston, que je décrirai dans une note spéciale.

I. — SUBSTANCES DIVERSES.

Chromite de glucine.

Tandis que les spinelles de la formule R^2O^3, MO ont, en général, la symétrie cubique, l'aluminate de glucine

Al^2O^3, GIO forme, on le sait, une espèce minérale rare, la *cymophane*, dont la symétrie est simplement rhombique. La cymophane a été reproduite par Ebelmen en beaux cristaux isolés, en fondant avec de l'acide borique, soit de l'alumine avec de la glucine seule, soit de l'alumine avec de la glucine et de la chaux.

Ebelmen a essayé postérieurement de produire un chromite de glucine.

Les deux préparations qui nous ont été laissées sont indiquées dans le Catalogue, l'une comme étant du « chromite de glucine en cristaux non isolés de la pâte vitreuse », l'autre comme étant du « chromite de glucine et de chaux isolé obtenu avec

Oxyde de chrome	5
Glucine	4
Carbonate de chaux	3
Acide borique fondu	8

On peut admettre que l'indication « chromite de glucine et de chaux » est une erreur et qu'Ebelmen n'avait ajouté de la chaux au mélange que par la même raison qui l'avait porté à faire une addition semblable dans sa seconde préparation de cymophane, c'est-à-dire, comme il le dit lui-même, dans la pensée « qu'on obtiendrait une cristallisation plus nette en introduisant dans les matières à fondre une certaine proportion d'une base qui ne se combine pas à l'alumine, et qui forme, avec l'acide borique, un borate fusible et indécomposable à la chaleur blanche ».

Quoi qu'il en soit, lorsque la pâte vitreuse du premier échantillon a été attaquée par l'acide chlorhydrique, on isole une poudre cristalline verte qui ne diffère d'aspect, avec la poudre cristalline du deuxième échantillon, que par une petitesse un peu plus grande des grains.

Examinées au microscope polarisant, ces poudres cristallines, d'un beau vert foncé, se montrent composées de

cristaux, à contour hexagonal régulier, aplatis parallèlement à la base et brodés par des biseaux placés sur les arêtes du prisme. Chaque base est composée de six secteurs, dont les deux opposés par le centre s'éteignent en même temps entre les Nicols croisés. Les cristaux sont donc pseudo-hexagonaux et montrent exactement le même genre de groupement que la cymophane.

Le chromite et l'aluminate de glucine sont donc isomorphes et s'écartent l'un et l'autre de la forme cubique des spinelles. J'ai montré ailleurs que cette anomalie est en rapport avec le caractère très nettement cubique de la forme cristalline de la cymophane.

Glucine.

Les cristaux de glucine préparés par Ebelmen sont relativement gros (2 à 3^{mm}), mais ils sont presque tous très mal formés, en trémies, creux, ou à l'état de squelettes. J'ai pu cependant mesurer complètement deux d'entre eux.

Le premier, que je nommerai A, se présente sous la forme d'un pointement isocéloédrique $b^1\{10\bar{1}1\}$ dont les faces sont placées sur les arêtes d'un prisme hexagonal régulier $m\{10\bar{1}0\}$. Les faces de ce prisme sont peu développées. Les faces supérieures de l'isocéloèdre manquent en partie; le cristal est terminé de ce côté par une face de la base $p\{0001\}$.

	Angles des normales	
	Mesurés.	Calculés.
$b^1b^1(10\bar{1}1)(\bar{1}011)$ par-dessus p . . .	124° 0'	124° 3'
$p^1b(0001)(10\bar{1}1)$ adj ^t	62° 0'	62° 1',5
$mb^1(10\bar{1}0)(10\bar{1}1)$ adj ^t	28° 0'	27° 58',5
$b^1b^1(01\bar{1}1)(1101)$ adj ^t	52° 24'	52° 25'
$b^1m(01\bar{1}1)(10\bar{1}0)$	63° 48'	63° 47'
* $b^1b^1(1\bar{1}01)(01\bar{1}1)$	99° 47'	»

1 : 1,6305.
a h

L'autre cristal, que nous nommerons B, présente la forme d'un octaèdre rhomboïdal aplati formé par le développement de huit des faces de l'isocéloèdre $\{10\bar{1}1\}$. Les angles de cet octaèdre ont été trouvés égaux à

	Angles des normales	
	Mesurés.	Calculés.
$(1\bar{1}01)(01\bar{1}1)$	99° 44'	99° 47'
$(01\bar{1}1)(1101)$	52° 18'	52° 25'
$(1\bar{1}01)(1\bar{1}01)$	56° 8'	55° 57'

Les deux systèmes de mesure concordent donc aussi bien qu'on le pouvait espérer. Je donne la préférence au premier cristal dont les faces qui ont servi à calculer les paramètres sont très nettes et très réfléchissantes.

Des lames parallèles à la base ont montré la croix, peu disloquée, d'un cristal uniaxe *positif*.

Mes déterminations ne sont pas tout à fait d'accord avec celles d'Ebelmen qui avait trouvé $pb^1 = 61° 22'$ au lieu de 62°. La différence est peu considérable, mais j'estime que mes déterminations sont préférables.

Ebelmen rapprochait l'isocéloèdre de la glucine $b^1b^1 = 122° 44'$ de l'isocéloèdre $e_3e_3 = 122° 20'$ du corindon; il constatait d'ailleurs que le volume moléculaire de la glucine, avec la formule Gl^2O^3 , est, d'après la densité mesurée par lui ($D = 3,058$) égale à 155, celui de l'alumine étant égal à 160; que ce même volume, avec la formule GlO , serait égal à 51,8, celui de la magnésie étant égal à 68,9. Ces diverses considérations, jointes à la forme cubique de la magnésie et de l'oxyde de nickel, avaient décidé l'illustre savant à considérer la glucine comme isomorphe de l'alumine et par conséquent à regarder comme très vraisemblable la formule Gl^2O^3 .

Mais on a déjà remarqué que la forme cristalline de la glucine est bien plus voisine de celle du protoxyde de zinc que de celle de l'alumine. Les paramètres ternaires

de l'oxyde de zinc sont, en effet, d'après M. Vom Rath, $t : 1,6034$; ceux de la glucine étant, comme on l'a vu plus haut, $1 : 1,6305$.

J'ai fait une observation qui vient à l'appui de l'isomorphisme des oxydes de zinc et de glucinium, c'est que le signe optique de ces oxydes est le même et positif; le signe de l'alumine est négatif.

En me servant du prisme, formé par les faces, opposées par le sommet, de l'isocéloèdre b' , j'ai trouvé pour les indices principaux de la glucine :

$$\omega = 1.719,$$

$$\varepsilon = 1.733.$$

L'indice médian est ainsi égal à 1,723. De l'énergie réfractive $\frac{n-1}{d} = 0,238$, donnée par Gladstone, on aurait tiré, pour cet indice médian, la valeur peu différente, 1,728.

Il est vrai que, par contre, les volumes moléculaires des deux oxydes sont très loin d'être égaux; l'un et l'autre diffèrent beaucoup des volumes atomiques, très semblables entre eux, de la magnésie et de l'oxyde de nickel. On a en effet :

	GlO	MgO	NiO	ZnO
Poids moléculaires	25,2	40	75	81
Densités	3,06	3,67	6,80	5,57
Volumes moléculaires	8,24	10,9	11,10	14,55

Mais de semblables écarts existent souvent entre les volumes moléculaires des corps dont les analogies chimiques et cristallographiques sont évidentes. Je ne citerai que l'alumine et le sesquioxyde de fer dont les volumes moléculaires sont respectivement 25,5 et 30,45; la strontiane et la baryte dont les volumes respectifs sont 22 et 28.

D'ailleurs, il paraît bien établi que les volumes moléculaires des composés peuvent, en général, être déduits

de ceux des substances composantes, et que, d'autre part, les volumes moléculaires des corps simples satisfont à une certaine fonction périodique des poids atomiques de ces corps. L'égalité des volumes moléculaires ne peut donc être considérée comme étant liée d'une manière constante aux analogies chimiques et cristallographiques. Peut-être doit-on considérer simplement cette égalité comme facilitant, lorsqu'elle se présente, les mélanges cristallins des substances isomorphes.

Il est très intéressant de noter que l'axe ternaire de la glucine est presque exactement le double de celui de l'iodure d'argent, qui est égal à 0,8196. Or, dans cette substance, la forme rhomboédrique est étroitement liée à la forme cubique, puisque la première est subitement remplacée par la seconde à la température de 165°. L'oxyde de zinc et la glucine offrent donc, dans la série cubique des protoxydes, une anomalie qui est exactement de la même nature que celle que présente l'iodure d'argent dans la série cubique des chlorures, bromures et iodures. Ces deux anomalies s'expliquent, comme je l'ai montré dans un mémoire antérieur (*), en remarquant que la longueur de l'axe ternaire de l'iodure d'argent, et la moitié de celle de l'axe ternaire de la glucine, sont presque exactement les deux tiers de la longueur de l'axe ternaire du cube.

Ebelmen avait fondu, avec l'acide borique, un mélange de silice et de glucine. Il avait obtenu de très petits prismes hexagonaux, ayant le signe optique de la phénacite, et j'avais cru pouvoir (**) en conclure qu'Ebelmen avait reproduit cette rare espèce minérale. Malgré l'extrême petitesse des prismes, j'ai pu cependant mesurer les indices en me servant de faces inclinées l'une sur

(*) *Bulletin de la Soc. minér.*, t. VII, p. 349 (1884).

(**) *C. R.*, t. CV (1887).

l'autre de 60°. Les indices ainsi mesurés se sont trouvés différer notablement de ceux de la phénacite et être à peu près identiques à ceux de la glucine. J'ai prié alors M. Le Chatelier d'essayer de faire une analyse sur la petite quantité de substance que nous possédions, et il a pu constater qu'elle était, en effet, formée par de la glucine pure.

Acide niobique.

Ebelmen s'est contenté de noter que « l'acide niobique retiré de la bayérine donne des cristaux allongés, verdâtres, quand on passe au four à porcelaine, sur la feuille de platine, un mélange de cet acide avec trois fois son poids d'acide borique. » Les cristaux laissés par Ebelmen sont encore adhérents à la feuille de platine, d'où il est peu aisé de les détacher; ils sont d'ailleurs très petits.

La plupart d'entre eux sont des prismes de clivage nettement rectangulaires. Perpendiculairement à l'une des faces de ce prisme, ordinairement la plus large, on observe une bissectrice positive, avec des axes très écartés, dont le plan est perpendiculaire à l'intersection des deux clivages. Les cristaux sont donc rhombiques.

Quelques cristaux m'ont offert de petites faces placées dans la zone des deux clivages et qui tronquent les arêtes du prisme rectangulaire. Les meilleures faces m'ont donné 19°35' pour l'angle de la normale à l'une de ces faces avec la normale au clivage le plus développé. On peut donc donner à ce clivage le symbole $h^1\{100\}$, à l'autre clivage le symbole $g^1\{010\}$ et aux faces modifiantes le symbole $m\{110\}$. On a

	Angles des normales.
$mm(110)(\bar{1}\bar{1}0)$ sur h^1	39°10'
* $mh^1(110)(100)$	19°35'
0,356 : 1 : ?	
a b c	

Il est à remarquer que les deux paramètres horizontaux, les seuls que j'aie pu déterminer, sont très sensiblement

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} : 1.$$

Il est donc très vraisemblable que la forme cristalline est presque exactement pseudo-cubique. Ainsi s'expliquent les cristaux de forme extérieure cubique qui ont été obtenus par M. A. Knop en fondant l'acide niobique avec le borax (*).

Acide tantalique.

Ebelmen se contente de dire qu'il a produit des cristaux prismatiques d'acide tantalique, mais il ne les décrit pas.

L'acide tantalique conservé à l'École des mines a été obtenu dans les fours de M. Bapterosses avec

Acide tantalique	2
Carbonate de baryte	2,50
Acide borique fondu	4

La matière adhérente à la feuille de platine laisse dissoudre dans l'acide chlorhydrique de l'acide borique et de la baryte. Il reste de petits cristaux prismatiques légèrement jaunâtres qui sont chargés de facettes assez nombreuses.

Les images données par ces facettes sont multiples et ne permettent pas des mesures précises.

On peut cependant constater la présence des formes $g^1\{010\}$, $h^1\{100\}$, $m\{110\}$, $g^3\{120\}$, $g^5\{230\}$.

En prenant les moyennes de mesures approximatives qui peuvent différer de 1° à 2°, on trouve

(*) *Zeit. für Kryst.*, t. XII, p. 610 (1887).

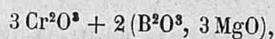
	Angles	
	Mesurés	Calculés.
* $g^1 m$ (010) (110)	71° 30'	
$g^1 g^3$ (010) (120)	56°	56° 12'
$g^1 g^3$ (010) (230)	63°	63° 21'
	0,33 : 1 : ?	
	a b c	

On peut donc admettre l'isomorphisme de l'acide niobique et de l'acide tantalique.

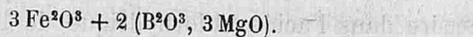
II. — BORATES.

Ebelmen, en opérant les cristallisations de diverses substances au milieu de l'acide borique fondu, avait eu l'occasion de constater la formation de certains composés contenant de l'acide borique.

Oxyde de fer magnéso-boraté. — C'est ainsi qu'il avait obtenu et analysé deux composés complexes, ayant des formules analogues :



et



L'un était obtenu en fondant, dans les moufles à bouton de porcelaine qui donnent une température inférieure à celle des fours à porcelaines de Sèvres :

Oxyde de chrome	20 gr.
Magnésie	15 gr.
Acide borique fondu	30 gr.

L'autre était obtenu, en fondant, dans les mêmes conditions :

Peroxyde de fer	25 gr.
Magnésie	20 gr.
Acide borique fondu	25 gr.

Notre collection nous offre des échantillons du second, qu'il m'a paru intéressant de décrire, car Ebelmen se contente de dire que les cristaux sont noirs, brillants, prismatiques, à poussière brune, avec une densité de 3,85.

J'ai pu mesurer ces prismes qui, bien que petits, ont des faces très réfléchissantes. Ils sont probablement orthorhombiques et montrent les faces m , h^1 et g^3 .

Angles des normales.

* mm (110) ($\bar{1}\bar{1}0$) =	90° 50'	
mh^1 (110) (100) =	44° 35'	
$h^1 g^3$ (100) (210) =	62° 40'	63° 6' calculé

On peut rapprocher le borate d'Ebelmen de la Ludwigite qu'on a trouvée dans les mines de magnétite de Morawitza, et à laquelle on attribue la formule $\text{B}^2\text{O}^3, 3\text{MgO}, \text{Fe}^3\text{O}^4$. La formule d'Ebelmen peut être mise sous la forme $\text{B}^2\text{O}^3, 3\text{MgO}, 3/2\text{Fe}^2\text{O}^3$, ou $\text{B}^2\text{O}^3, 3\text{MgO}, \text{Fe}^3\text{O}^4.5$. L'aspect des deux substances est très semblable; les densités sont également très voisines, car on donne de 3,9 à 4,1 pour la densité de la Ludwigite toujours intimement mélangée de magnétite.

Les formes cristallines des deux substances paraissent aussi être identiques. J'ai en effet observé, sur des aiguilles très déliées de Ludwigite, isolées d'une masse fibreuse, les formes m (110), g^3 (210), h^1 (130), h^5 (140), les faces m étant prédominantes. J'ai mesuré les angles suivants :

Angles des normales.

mm (110) ($\bar{1}\bar{1}0$)	90° 40'	
mh^5 (110) (140)	10° 56' appr'	11° 17' calculé
mh^1 (110) (130)	27° 4' id.	26° 26' id.
mg^3 (110) (210)	17° 4' Lueur	18° 30' id.

L'identité des deux substances est donc vraisemblable. Cependant une difficulté reste à éclaircir, car Ebelmen dit expressément que, dans ces cristaux, le fer est entiè-

rement à l'état de sesquioxyde, et l'existence d'un composé analogue chromé semble bien lui donner raison.

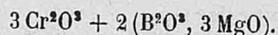
Oxyde de chrome magnésio-boraté. — Ebelmen avait produit un spinelle octaédrique de la formule $\text{Cr}^2\text{O}^3, \text{MgO}$ en fondant ensemble au four à porcelaine :

Oxyde vert de chrome.	4 ^{sr} ,00
Magnésie.	1 ^{sr} ,20
Acide borique fondu.	4 ^{sr} ,00

Plus tard, en laissant pendant cinq jours dans les moules à boutons de porcelaine le mélange :

Oxyde de chrome.	20 gr.
Magnésie.	15 gr.
Acide borique fondu.	30 gr.

Il avait trouvé le centre de la capsule occupé tout entier par une matière d'un beau vert d'herbe, en cristaux prismatiques très petits et transparents. Ces cristaux, inattaquables par les acides, d'une densité de 3,82, correspondaient à la formule



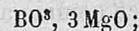
L'École des mines ne possède que le produit obtenu par la fusion prolongée du mélange :

Oxyde de chrome vert.	5 ^{sr} ,00
Magnésie.	12 ^{sr} ,50
Acide borique fondu.	12 ^{sr} ,50

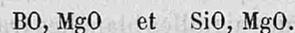
La matière forme une poudre d'un brun très foncé, qui montre au microscope de petits cristaux prismatiques à peine translucides, qui s'éteignent suivant la longueur.

Ebelmen avait aussi préparé un borate de magnésie tribasique, en soumettant à l'action prolongée d'une haute température, un mélange d'acide borique et de

magnésie avec excès de magnésie. Il ne donne pas une description détaillée de ce produit qu'il dit seulement se présenter sous la forme de cristaux radiés, ayant un aspect nacré et un assez grand éclat; être inattaquable par l'eau, facilement soluble dans les acides, difficilement fusible, donnant au chalumeau des effets de scintillation fort remarquables; ayant une densité de 2,98 à 21°. Il a fait l'analyse de la substance à laquelle il assigne la formule



et il fait remarquer l'analogie de cette composition avec celle du péridot. Il propose même de donner à l'acide borique la formule BO , analogue à celle qu'il proposait pour la silice SiO . De la sorte le borate magnésien et le péridot avaient les formules analogues



C'est sans doute pour voir jusqu'à quel point se poursuivait cette analogie qu'Ebelmen a entrepris de préparer, par fusion des éléments, une série intéressante de borates qui forme une grande partie des échantillons qui ont enrichi notre collection.

Les borates préparés par Ebelmen peuvent se diviser en trois groupes :

Le premier ne comprend que le borate d'alumine;

Le second comprend les borates qui ont pour base un ou plusieurs protoxydes de la série magnésienne MgO , MnO , CoO ;

Le troisième comprend les borates qui ont pour base la chaux seule ou mélangée avec un oxyde de la série magnésienne.

Les borates de ce troisième groupe sont malheureusement mal cristallisés. Les cristaux qu'on peut séparer de la masse sont petits, et il est fort difficile d'en connaître la composition exacte, qui peut différer beaucoup

de celle de la masse de l'échantillon, seule analysable. J'ai donc dû, à mon grand regret, laisser de côté l'étude de ces composés intéressants.

Premier groupe.

Borate d'alumine. — D'après Ebelmen, ce borate se produit lorsqu'on fond le borax avec l'alumine, ou lorsqu'on fond l'acide borique avec l'alumine et le cadmium. Il décrit cette substance comme ayant une densité égale à 3,00; rayant le quartz; se présentant en longs prismes quadratiques. Il lui assigne, d'après deux analyses concordantes, la formule $\text{BO}^3, 3\text{Al}^2\text{O}^3$.

Le borate d'alumine de notre collection provient de l'essai de préparation de l'aluminate de cadmium, en mélangeant l'acide borique, l'alumine et l'oxyde de cadmium.

Il forme de longues aiguilles blanches translucides, d'une largeur de $0^{\text{mm}},5$ au maximum, presque quadratiques, formées par les faces $m\{110\}$ d'un prisme dont les plans sont inclinés l'un sur l'autre de $91^{\circ}30'$. Les faces $h^1\{100\}$ et $g^1\{010\}$ forment de petites tronçatures sur l'angle obtus.

La bissectrice aiguë positive est parallèle à l'arête du prisme; le plan des axes est parallèle à g^1 .

Les prismes sont en général brisés à leurs extrémités; j'ai cependant trouvé un cristal portant une face de la forme $b^{1/2}(111)$ et j'ai pu mesurer approximativement $mb^{1/2}$ ou $(110)(111) = 45^{\circ}48'$. Les paramètres cristallographiques sont donc :

$$0,974 \quad 1 \quad 0,679;$$

très voisins par conséquent des paramètres cubiques :

$$1 \quad 1 \quad \frac{1}{\sqrt{2}}.$$

J'ai pu mesurer, avec le microscope Bertrand, l'écartement, dans l'huile, des axes optiques, que j'ai trouvé égal à $2H = 97^{\circ}4$.

En me servant du prisme formé par une face m et une face g^1 non adjacente, j'ai déterminé deux indices de réfraction α et ρ , dont l'un α est l'indice maximum. Ces données m'ont permis de calculer les axes de l'ellipsoïde optique :

$$\alpha_n = 1,623, \quad \rho_n = 1,603, \quad \gamma_n = 1,586, \quad 2V = 87^{\circ}3.$$

Il est à remarquer que les paramètres cristallographiques du borate $\text{B}^2\text{O}^3, 3\text{Al}^2\text{O}^3$, étant très approximativement ceux d'un cube rapporté à deux axes binaires et à un axe quaternaire, sont presque exactement les mêmes que ceux de l'Andalousite $\text{SiO}^2, \text{Al}^2\text{O}^3$, qui sont :

$$0,986, \quad 1, \quad 0,702.$$

Les propriétés optiques des deux substances sont également très voisines, car, pour l'Andalousite comme pour le borate, la bissectrice aiguë est parallèle à la hauteur, le plan des axes est parallèle à g^1 , et l'écartement des axes optiques très voisins d'un angle droit. La seule différence est dans le signe de la bissectrice aiguë qui est négatif pour l'Andalousite.

Le type cristallin du borate d'alumine et de l'Andalousite est aussi celui de la boracite, de la pérowskite, des grenats pyrénéite et ouvarowite et de la staurotide. Dans ces dernières substances, l'angle des axes optiques est aussi presque droit, mais l'ellipsoïde optique est autrement orienté, car la bissectrice aiguë y coïncide, non pas avec un axe pseudoquadratique, mais avec un axe pseudo-binaire.

La *cubicité*, si l'on me permet ce barbarisme, y est ainsi plus parfaite, puisque les axes pseudo-binaires jouent alors à peu près le même rôle, au point de vue optique comme au point de vue cristallographique. Cette particu-

larité s'accompagne, comme on sait, de groupements mimétiques remarquables qui ne se montrent, ni dans l'Andalousite, ni dans le borate d'alumine.

Je terminerai en faisant remarquer qu'il y a au moins deux borates d'alumine, tous deux cristallisés, puisque le beau minéral récemment découvert, la Jéréméiewite, a, d'après M. Damour, la formule B^2O^3, Al^2O^3 . Il est, d'après Websky, rhombique et pseudo-hexagonal.

Deuxième groupe.

Borates de manganèse. — Ebelmen nous a laissé deux préparations de borate de manganèse obtenues par fusion, dans un creuset brasqué, des deux mélanges suivants :

- A. 57. — Protoxyde de manganèse. 48 } soit $B^2O^3 + 3 MnO$;
 Acide borique fondu . . . 16 }
 A. 58. — Protoxyde de manganèse. 45 } soit $2,03 B^2O^3 + 3 MnO$.
 Acide borique fondu . . . 30 }

Le n° 57, compacte, un peu bulleux, gris brun, à éclat vitreux, très aigre, paraît très sensiblement homogène. La masse se compose de cristaux, à peu près orientés parallèlement, mais impossibles à séparer les uns des autres. On distingue très nettement deux clivages nets, quoique peu faciles, inclinés l'un sur l'autre de $66^\circ 8'$.

Les deux clivages sont manifestement égaux, et chaque lame de clivage s'éteint suivant la longueur. La substance est donc rhombique, et l'on peut appeler $m(110)$, la forme de clivage. Un petit cristal, que je suis parvenu à isoler, m'a donné la face $h^1(100)$ placée sur l'angle obtus des clivages et également inclinée sur ceux-ci, en même temps qu'une face terminale $e^1(011)$ placée obliquement et symétriquement sur l'angle des faces m .

J'ai pu, ainsi qu'il suit, déterminer les paramètres cristallins de la substance.

Angles des normales.

$$\begin{aligned} *mm(110)(\bar{1}10) &= 66^\circ 8' \text{ sur } h^1 \\ mh^1(110)(100) &= 33^\circ 4' \\ *me^1(110)(011) &= 75^\circ 5' \text{ adj.} \\ e^1e^1(011)(0\bar{1}1) &= 56^\circ 18' \text{ sur } p \text{ (calculé).} \\ &0,6511 : 1 : 0,5351 \\ &\quad a \quad b \quad c \end{aligned}$$

La plupart des cristaux ont la forme rhombique précédente; cependant, dans quelques géodes, il s'est formé de très petits prismes allongés qui paraissent avoir une forme tout à fait différente. Ces prismes, dont le diamètre transversal est fort petit, ne s'éteignent pas suivant la longueur; ils sont en outre découpés par un seul clivage transversal oblique à éclat très nacré. Les faces latérales du prisme ne sont symétriques par rapport à aucun plan. On déduit de là que le cristal est triclinique.

Les faces du prisme sont au nombre de 8, parallèles entre elles deux à deux; on peut leur assigner les symboles

$$t(110), m(\bar{1}10), h^1(100), g^1(010).$$

La face t , parallèle à un clivage vitreux, est la plus développée. Les inclinaisons mutuelles sont les suivantes :

Angles des normales.

	Angles des normales.	
	Mesurés.	Calculés.
* ht (100)(110)	67° 39'	
* gt (010)(110)	37° 20'	
h^1g^1 (100)(010)	104° 59'	
g^1m (010)($\bar{1}10$)	28° 23'	28° 26'
mt ($\bar{1}10$)(110)	65° 43'	65° 46'
mh^1 ($\bar{1}10$)(100)	46° 38'	46° 33'

Les paramètres horizontaux sont donc

$$1,8373 : 1 : ?$$

La composition de la masse principale a été déterminée par M. Le Chatelier qui a trouvé sur 100 parties

MnO. 73,5,

La composition $B^2O^3, 3 MnO$ exigerait

MnO. 75,3.

On peut donc regarder la composition du borate rhombique comme correspondant à un borate tribasique. Ce borate ne s'est pas formé seul, il s'est formé en même temps une faible quantité d'un borate triclinique dont la préparation A58 va nous permettre de déterminer la composition.

Nous allons voir que ce borate est plus acide que le borate rhombique, ce qui explique la faible quantité de protoxyde de manganèse trouvée en moins dans l'analyse.

L'échantillon A58 est remarquablement homogène; il constitue une agglomération cristalline de couleur légèrement violette. Les cristaux, ayant 3 à 4 millimètres de diamètre, sont confusément mêlés; ils sont découpés par un clivage à éclat très nacré, et extrêmement faible, de sorte qu'on ne peut isoler que des lames assez minces. Ces lames sont découpées latéralement par un autre clivage, à éclat vitreux, très net, mais moins facile que le précédent avec lequel il forme un angle de $75^{\circ}55'$. Ce clivage étant unique, comme le clivage nacré, le cristal a au plus la symétrie clinorhombique; si cette symétrie était la sienne, les deux clivages appartiendraient à la zone du plan de symétrie et l'extinction, sur la lame de clivage, serait perpendiculaire à l'intersection des deux clivages, ce qui n'est pas.

Le cristal est donc triclinique, et cette circonstance, jointe à la propriété du clivage nacré, ne permet pas de douter que le borate de l'échantillon A58 ne soit le même

que celui qui s'est formé en petite quantité seulement dans l'échantillon A57. Le clivage vitreux est la face que nous avons désignée par t (110); nous désignons le clivage nacré par p (001).

En général, les lames découpées par le clivage nacré ne montrent pas d'autre face cristalline que le clivage vitreux. J'ai pu cependant, par des recherches très attentives, trouver quelques échantillons dans lesquels j'ai pu observer et mesurer quelques petites faces cristallines.

C'est ainsi que j'ai retrouvé la face h^1 , dont on a pu mesurer l'angle avec t , trouvé égal à $67^{\circ}39'$, ce qui achève de démontrer l'identité avec les cristaux tricliniques de A57. J'ai constaté de plus l'existence des faces f^1 (112), a^1 (101).

J'ai pu ainsi former le tableau suivant et déterminer complètement les paramètres cristallins de la substance :

	Angles des normales.	
	Mesurés.	Calculés.
* h^1t (100) (110) adj ^t	67°39'	»
h^1t (100) (110) sur g^1	112°21'	»
* g^1t (010) (110) adj ^t	37°20'	»
g^1t (010) (110) sur h^1	142°40'	»
g^1h^1 (010) (100) sur t	104°59'	»
g^1h^1 (010) (100) sur m	75°01'	»
g^1m (010) (110) adj ^t	28°23'	28°26'
h^1m (100) (110) adj ^t	46°38'	46°35'
mt (120) (110) sur g^1	63°43'	63°46'
mt (110) (110) sur h^1	114°17'	»
* ph^1 (001) (100) en avant et en haut.	55°31'	»
ph^1 (001) (100) en arrière	124°29'	»
* h^1a^1 (100) (101) en arrière	55°50'	»
pa^1 (001) (101) en arrière	68°39'	»
* pt (001) (110) en avant	75°55'	»
pf^1 (001) (112) en avant	36°0'	appr. 35°33'
tf^1 (111) (112) en avant	39°55'	appr. 40°22'
pg^1 (001) (010) à droite.	»	96°44'

pg^1 (001) ($\bar{0}10$) à gauche	»	83°12'
pm (001) ($\bar{1}10$) en arrière.	»	111°33'
pm (001) ($\bar{1}\bar{1}0$) en avant	»	68°27'
at ($\bar{1}01$) ($\bar{1}10$) en avant et en haut.	79°33'	79°19'

$xy = 76°26'$	$z = 75°1'$	$XY = 104°59'$	$Z = 103°34'$
$xz = 123°58'$	$y = 124°29'$	$XZ = 55°31'$	$Y = 56°2'$
$yz = 92°6'$	$x = 83°16'$	$YZ = 96°44'$	$X = 87°54'$

$$1,8373 : 1 : 2,012$$

$$a \quad b \quad c$$

En jetant les yeux sur la projection gnomonique des pôles du cristal (Pl. XV, *fig.* 1), on s'aperçoit immédiatement que le réseau polaire serait presque rhombique si l'on prenait pour axes les rangées, X', Y', Z', à peu près rectangulaires entre elles, qui se croisent au point (120) de la projection. Cela revient à prendre pour plans coordonnés du réseau polaire les plans ayant les symboles suivants dans ce réseau :

X'Y'	001
X'Z'	010
Y'Z'	211

Les nouveaux axes du réseau primitif ont alors dans ce réseau des symboles respectivement identiques :

z'	[001]
y'	[010]
x'	[211]

On prendra pour paramètres du nouveau réseau les longueurs OY', Y'Y et Y'(011).

On trouve ainsi, pour ces nouveaux axes, les données suivantes :

$x'y' = 94°6'$	$z' = 94°6'$
$y'z' = 92°7'$	$x' = 92°7'$
$x'z' = 90°4'$	$y' = 90°14'$

$$3,048 : 1 : 2,077$$

$$a' \quad b' \quad c'$$

Il est en outre aisé de voir, soit au moyen des formules générales de transformation, soit directement sur la projection de la *fig.* 1, que les nouveaux symboles des faces sont les suivants :

(010) = ($\bar{1}10$)'
(100) = (100)'
(001) = (101)'
(101) = ($\bar{1}01$)'
(110) = (110)'
(110) = (310)'
(112) = (312)'
(102) = (001)'
(120) = (010)'

J'ai essayé de déterminer aussi complètement que possible les propriétés optiques de ce borate, ce qui est assez difficile, car les cristaux sont trop petits pour pouvoir être taillés.

Avec les cristaux prismatiques de A 57, on peut se servir du prisme formé par les deux faces p et h^1 afin de mesurer deux des indices, qu'on trouve égaux, pour la lumière jaune du sodium, à 1,776 et 1,736, à 2 ou 3 unités près du troisième ordre. Le degré de netteté des faces ne permet pas une plus grande approximation.

On admet provisoirement comme valeur approximative de l'indice moyen 1,74.

Sur les belles lames de clivage, parallèles à p , du produit A 58, en se servant du microscope à lumière convergente de M. Bertrand, et prenant des images à la chambre claire conformément à un procédé d'observation décrit jadis par moi (*), on observe que l'axe optique, vu dans l'air, fait avec la normale à la lame p , un angle de 15°12' (moyenne de 4 observations dans 4 quadrants différents), soit 8°40' en valeur absolue en admettant l'indice moyen 1,74.

(*) *Bull. Soc. Min.*, t. V. 1882, p. 77.

On observe en outre que le plan mené par la normale à la lame et l'axe optique fait, avec la trace T du plan mené par la normale, perpendiculairement au plan des axes optiques, un angle de 9° . Le pied de cette trace T, sur le plan des axes, tombe entre l'axe optique et la bissectrice aiguë qui est négative. Si l'on mène la normale à l'arête pt , et si l'on considère comme positive la direction allant de la normale à p vers l'arête obtuse, l'angle de cette direction positive compté dans le sens des aiguilles d'une montre, avec la trace T, est égal à $15^\circ 13'$.

En utilisant des lames de clivage bien nettes, parallèles à la face t , on constate que la direction d'extinction fait avec la normale à l'arête obtuse tp , et à partir de cette normale un angle égal à $26^\circ 54'$ compté dans le sens des aiguilles d'une montre.

De ces diverses données, il est facile de déduire les éléments suivants :

$$\alpha = 1,776 \quad 2V = 55^\circ 47' \quad \beta = 1,738 \quad \gamma = 1,617$$

ce qui vérifie suffisamment la supposition $\beta = 1,74$ qui avait servi de point de départ.

On a de plus

$$\gamma t = 63^\circ 0' \quad \gamma p = 27^\circ 43' \quad \gamma h^1 = 29^\circ 11'$$

Ces résultats, représentés graphiquement sur la *fig. 2*, ne sont évidemment qu'approximatifs, en raison des procédés d'observation, très indirects, au moyen desquels ils ont été établis. Ils permettent cependant d'avoir une idée assez précise sur la grandeur de la biréfringence et sur l'orientation de l'ellipsoïde optique.

Comme vérification, on constate que l'angle calculé de l'une des sections principales de p avec l'arête pt est égal à $-23^\circ 14'$. Le même angle, déduit de la moyenne de nombreuses observations (d'ailleurs assez imparfaites,

car l'extinction est toujours assez mauvaise), a été trouvé égal à -23° .

Il ne reste plus qu'à déterminer la composition chimique de ce borate triclinique. L'analyse est ici facile, car l'échantillon est remarquablement homogène. M. Le Chatelier a trouvé, sur 100 parties :

$$\text{MnO} \dots\dots\dots 61,0$$

La théorie pour $2\text{B}^2\text{O}^3, 3\text{MnO}$ exigerait :

$$\text{MnO} \dots\dots\dots 60,3$$

Le borate triclinique est donc un borate sesquibasique.

M. Le Chatelier en a trouvé la densité égale à 3,61.

En résumé, l'acide borique et le protoxyde de manganèse sont susceptibles de former, par fusion à haute température, des composés cristallins de deux natures.

L'un est un borate tribasique, $\text{B}^2\text{O}^3, 3\text{MnO}$, de forme rhombique;

L'autre est un borate sesquibasique, $2\text{B}^2\text{O}^3, 3\text{MnO}$, de forme triclinique.

Ces borates peuvent se former à la fois dans la même préparation.

Borates de magnésie. — Notre collection possède deux échantillons de borate de magnésie préparés par Ebelmen, qui sont cotés 54 et 55.

Le catalogue remis par M^{me} Ebelmen s'exprime ainsi à leur égard.

« 54. — Borate de magnésie obtenu dans un creuset brasqué de charbon avec les proportions d'acide borique et de magnésie qui constituent le borate représenté par la formule $\text{BO}^3, 3\text{MgO}$ ou

Acide borique	35
Magnésie	60

55. — Borate de magnésie obtenu par la fusion dans un étui brasqué de charbon, de

Magnésie.	75
Acide borique fondu.	45 »

Le n° 55 se présente sous la forme d'un gâteau, montrant à la surface, noircie par le charbon, des cristaux prismatiques mal terminés et engagés dans la masse. La cassure présente une substance blanche très translucide, très homogène, découpée par des faces de clivage très nettes et assez larges. Les clivages, assez faciles, sont au nombre de deux qui paraissent égaux; ils font entre eux un angle de $65^{\circ} 20'$.

On s'assure aisément que la substance est rhombique, que la bissectrice aiguë positive est parallèle à l'intersection des clivages; le plan des axes est parallèle au plan $g^1(010)$, en appelant $m(110)$ les faces de clivage. L'écartement des axes observé est égal à $43^{\circ} 18'$, avec une dispersion faible $\rho > v$.

J'ai pu, avec un petit prisme formé par les clivages naturels, mesurer les indices maximum et minimum α et γ , et j'ai trouvé

$$\alpha_D = 1.6748 \quad \gamma_D = 1.6527.$$

De ces nombres dans lesquels d'ailleurs on ne peut compter sur la dernière décimale qu'à 4 ou 5 unités près, et de la mesure de l'angle $2E = 43^{\circ} 18'$, on déduit

$$\beta_D = 1.6537.$$

J'ai pu trouver un cristal, présentant un sommet, qui m'a permis de déterminer complètement la forme cristalline. Le sommet était formé par les faces $e^1(011)$, $a^1(101)$, $a^{3/4}(403)$.

	Angles des normales.	
	Mesurés.	Calculés.
* $mm(110)(\bar{1}10)$	$65^{\circ} 20'$	»
$(110)(110)$	$114^{\circ} 40'$	»
$mh^1(110)(100)$	$32^{\circ} 40'$	$32^{\circ} 40'$
* $me^1(110)(011)$	$74^{\circ} 56'$	»
$g^1e^1(010)(011)$	»	$61^{\circ} 43'$
$e^1e^1(011)(011)$	»	$57^{\circ} 34'$
$h^1e^1(100)(011)$	$89^{\circ} 58'$	$90^{\circ} 0'$
$h^1a^1(100)(101)$	$49^{\circ} 1'$ (lueur)	$49^{\circ} 24'$
$h^1a^{3/4}(100)(403)$	$40^{\circ} 36'$ (lueur)	$41^{\circ} 42'$

Les paramètres sont en conséquence

$$0,6412 \quad 1 \quad 0,5494.$$

Il n'est donc pas douteux que ce borate ne soit le borate tribasique $B^2O^3, 3MgO$, pleinement isomorphe avec le borate tribasique de manganèse dont les paramètres sont

$$0,6511 \quad 1 \quad 0,5351.$$

L'échantillon 54, qui se présente à peu près sous la même forme extérieure que le premier paraît, au premier abord, dans la cassure, formé de la même substance, sauf que les cristaux ont des dimensions transversales plus petites et affectent une structure rayonnée. Mais un examen plus attentif fait découvrir que, entre les grands prismes de clivage du premier borate, se trouve un autre borate, en longs prismes allongés, à section transversale assez faible ($0^m,5$ environ), et remarquables surtout parce qu'ils sont coupés par un clivage oblique très facile, ayant un vif éclat nacré. Ces petits prismes ne forment qu'une partie relativement faible de la masse, mais ils sont répandus dans toute la masse. Ils ont évidemment cristallisé après le premier borate qu'ils enveloppent en quelque sorte.

Ces prismes peuvent être mesurés avec précision; ils portent, dans la zone verticale, 4 paires de faces parallèles que j'ai désignées par $m(\bar{1}10)$, $t(110)$, $h^1(100)$,

$g^1(010)$. Je désigne par $p(001)$ la face du clivage nacré. Les cristaux appartiennent au système triclinique. Je n'ai pu trouver, en dehors de la zone verticale, d'autre face que le clivage p ; les paramètres du cristal n'ont donc pu être complètement déterminés. Voici le résultat des mesures qui ont pu être effectuées :

	Angles des normales.	
	Mesurés.	Calculés.
* $h^1t(100)(110)$ adj ^t	66°22'	»
* $g^1t(010)(110)$ adj ^t	37°52'	»
$g^1h^1(010)(100)$ sur t	104°14'	»
$g^1m(010)(110)$ adj ^t	29°5'	29°9'
$h^1m(100)(110)$ adj ^t	46°41'	46°37'
$mt(110)(110)$ sur g^1	66°57'	67°3'
* $ph^1(001)(100)$ en avant	55°43'	»
* $pg^1(001)(010)$ à droite	96°31'	»
$pt(001)(110)$ en avant	75°26' (appr.)	75°41'
$pm(001)(110)$ en arrière	68°38' (appr.)	68°26'

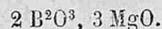
D'où l'on déduit les paramètres :

$$\begin{array}{r} 1,795 \quad 1 \quad ? \\ a \quad b \quad c \\ xy = 77^\circ 12' \quad z = 75^\circ 46' \\ xz = 123^\circ 46' \quad y = 124^\circ 17' \\ yz = 91^\circ 47' \quad x = 83^\circ 29' \end{array}$$

Malgré les lacunes laissées par les mesures goniométriques, l'isomorphisme est évidemment parfait avec le borate sesquibasique de manganèse. L'isomorphisme se traduit non seulement par le rapprochement très grand de ceux des paramètres qui sont connus dans le borate magnésien, mais encore par la position et la facilité relative des clivages. Dans les deux substances il y a un clivage p très facile, à éclat nacré, et un clivage moins facile, t .

On n'a pu analyser le borate triclinique de magnésie qui ne se trouve, dans les préparations, qu'en petits cristaux disséminés, mais l'isomorphisme avec le borate ses-

quibasique de manganèse ne laisse aucun doute sur leur composition qui doit être exprimée par la formule



Je n'ai pu déterminer complètement les propriétés optiques de ce borate magnésien, mais on constate très aisément qu'un axe optique, assez rapproché d'une bissectrice négative, est à très peu près perpendiculaire au clivage nacré p . Cette quasi-perpendicularité est plus grande que dans le borate de manganèse. L'angle compris entre l'axe optique et la normale à p est, en effet, de 9°5 seulement dans l'air, soit 5°6 vrai, en calculant avec l'indice 1,7 mesuré approximativement par le procédé de Chaulnes.

La bissectrice aiguë est encore négative, mais l'orientation de l'ellipsoïde optique est très différente de ce qu'elle est dans le borate de manganèse. Le plan des axes fait en effet avec l'arête pt un angle de 79° environ, ayant ainsi une direction presque perpendiculaire à celle qu'elle a dans le borate de manganèse.

Il est fort curieux de constater que, malgré les différences que présentent les ellipsoïdes optiques des deux borates sesquibasiques de manganèse et de magnésie, une propriété commune persiste pour témoigner en quelque sorte de leur isomorphisme, celle de l'existence d'un axe optique presque normale au plan de clivage facile. Cela est d'autant plus surprenant que l'orientation de l'axe optique est en général considérée comme une particularité d'ordre secondaire, puisqu'elle dépend non seulement de l'orientation des axes de l'ellipsoïde, mais encore des grandeurs relatives de ces axes. Nous verrons tout à l'heure que dans le borate sesquibasique de zinc, isomorphe à ceux de magnésie et de manganèse, l'axe optique presque normal au clivage facile se retrouve encore à sa place.

Borate de cobalt. — Ebelmen a fait deux préparations dans les proportions suivantes :

A 64. 1,12 B²O³ + 3 CbO

A 63. 1,92 B²O³ + 3 CbO

Elles se présentent l'une et l'autre sous la forme de gâteaux très minces composés de petits prismes d'un beau rouge violet.

Tous les cristaux, d'ailleurs très petits, que l'on peut séparer de l'une ou de l'autre de ces préparations, sont orthorhombiques et isomorphes avec le borate tribasique de magnésie. On les trouve formés des faces *m*, *m*, *h*¹

		B ² O ³ , 3 MgO
<i>mm</i> = 65°45'		65°20'
<i>mh</i> ¹ = 32°52'		32°40'

Il paraît pourtant s'être formé des borates sesquibasiques, mais les cristaux sont trop petits pour être mesurés.

Mélanges isomorphes.

Borate de magnésie et de manganèse. — Ebelmen a fait deux préparations de borate double de magnésie et de manganèse avec les proportions suivantes :

A 59.—Magnésie. . . 25 ^{sr}	}	soit 2B ² O ³ + (1,51 MgO + 1,56 MnO).
Oxyde rouge		
de mangan. 49 ^{sr}		
Acide borique fondu. . . . 58 ^{sr}		
A 60.—Magnésie. . . 10 ^{sr}	}	soit 2,36 B ² O ³ + (1,50 MgO + 1,52 MnO).
Protoxyde de		
manganèse. 18 ^{sr}		
Acide borique fondu. . . . 28 ^{sr}		

Ces deux préparations diffèrent beaucoup en apparence. A59 est une masse blanche à l'intérieur, très légèrement

rosée à la surface ; à cassure compacte, légèrement cristalline ; montrent des cavités nombreuses et assez petites disséminées dans la masse. Deux ou trois de ces cavités, beaucoup plus larges et placées à la surface présentent des cristaux prismatiques rosés, très nets, généralement engagés par leurs deux extrémités. Ces prismes sont traversés par un clivage oblique à éclat fortement nacré.

A 60 est un agrégat cristallin formé de cristaux assez gros, qui s'isolent assez aisément les uns des autres. Ces cristaux sont des primes très fortement cannelés et traversés par un clivage oblique à éclat fortement nacré. Un autre clivage vitreux, beaucoup moins facile, est dirigé parallèlement à la hauteur des prismes.

Un examen cristallographique superficiel permet donc de présumer l'identité des deux préparations. Les mesures goniométriques précises confirment absolument cette conclusion. Les cristaux de l'une et de l'autre préparation sont des mélanges isomorphes des borates sesquibasiques de magnésie et de manganèse.

Je n'ai pu, faute de modifications obliques en nombre suffisant, déterminer complètement les paramètres cristallins. Les résultats donnés par l'observation sont consignés dans le tableau suivant :

	Angles des normales.	
	Mesurés.	Calculés.
* <i>h</i> ¹ <i>t</i> (100) (110) adj. ^t	67°41'	»
* <i>g</i> ¹ <i>t</i> (010) (110) adj. ^t	37°36'	»
<i>h</i> ¹ <i>g</i> ¹ (100) (010) sur <i>t</i>	104°37'	»
<i>g</i> ¹ <i>m</i> (010) (110) adj. ^t	28°47'	28°47'
<i>h</i> ¹ <i>m</i> (100) (110) adj. ^t	46°36'	46°36'
<i>mt</i> (110) (110) sur <i>g</i> ¹	66°23'	66°23'
<i>g</i> ¹ <i>h</i> ³ (010) (210) sur <i>t</i>	62°43'	62°43'
<i>th</i> ³ (110) (210) adj. ^t	24°58'	24°58'
<i>h</i> ¹ <i>h</i> ³ (100) (210) adj. ^t	42°3'	»

456 EXAMEN DE DIVERSES SUBSTANCES CRISTALLISÉES

<i>ph</i> ¹ (001) (100) en avant	55°13'	55°26'
* <i>pg</i> ¹ (001) (010) à droite	96°26'	»
* <i>pt</i> (001) (110) en avant	75°27'	»
<i>pm</i> (001) (110) en arrière	»	68°30'

D'où l'on déduit les paramètres :

	1,821	1	?
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
<i>xy</i> =	76°42'		<i>z</i> = 75°23'
<i>xz</i> =	124°6'		<i>y</i> = 124°34'
<i>yz</i> =	92°13'		<i>x</i> = 83°34'

Clivage nacré très facile suivant *p*.

Clivages vitreux moins faciles suivant *t* et *g*¹.

Le tableau ci-dessous donne la comparaison entre les paramètres des borates sesquibasiques de magnésie, de manganèse, et de magnésie avec manganèse :

	Borates sesquibasiques		
	de magnésie.	de magnésie et de manganèse.	de manganèse.
<i>a</i>	1,795	1,821	1,837
<i>xy</i>	77°12'	76°42'	76°26'
<i>xz</i>	123°46'	124°6'	123°58'
<i>yz</i>	91°47'	92°13'	92°6'

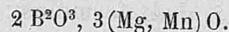
On voit que les paramètres, relatifs au plan *xy*, du mélange isomorphe sont presque exactement les moyennes arithmétiques respectives de ceux des borates correspondants. Il n'en est pas de même pour les paramètres angulaires des plans *xz* et *yz*. Mais il faut remarquer que ces angles ne sont pas déterminés avec la même précision que les autres, parce que la face de clivage nacré *p* n'est jamais parfaitement plane.

Quant aux propriétés optiques, je ne les ai pas déterminées d'une façon complète, mais j'ai constaté très aisément que, de même que cela a lieu pour les borates de

PRÉPARÉES, MAIS NON DÉCRITES PAR EBELMEN. 457

magnésie et de manganèse, un axe optique, qui n'est pas très écarté d'une bissectrice négative, est presque perpendiculaire au clivage nacré *p*.

L'examen cristallographique ne laisse aucun doute sur la composition de ce borate triclinique, dont la formule doit être nécessairement

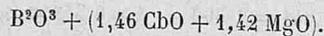


C'est ce qu'a pleinement confirmé l'analyse de la préparation A59 faite par M. Le Chatelier. Cette analyse, faite sur 0^{gr},200 de matière, a donné :

	En centièmes.	En molécules.
MnO	0,075	37,50
MgO	0,034	17,00
B ² O ³ (par différ.)	0,091	45,50
	0,200	100,00

1,055	} 3
0,825	
1,300		2,07

Borate de magnésie et cobalt. — Ebelmen a préparé un borate de magnésie et de cobalt en faisant fondre le mélange



La masse, d'une très belle couleur rose, montre des cristaux qui, tous, sont isomorphes au sesquiborate magnésien.

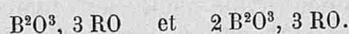
	2 B ² O ³ , 3 (Co, Mg) O.	2 B ² O ³ , 2 MgO.
<i>mt</i>	113°27'	113°13'
<i>mh</i> ¹	46°46'	46°42'
<i>th</i> ¹	66°25'	66°32'
<i>ph</i> ¹	55° approx.	55°46'

La face *p* correspond, comme dans les autres composés isomorphes, à un clivage nacré facile montrant un axe optique qui lui est presque perpendiculaire.

Ce résultat confirme l'existence d'un sesquiborate de cobalt triclinique.

RÉSUMÉ.

En résumé, les oxydes de la série magnésienne MgO, MnO, CoO, ne forment, dans les conditions des expériences d'Ebelmen, que deux séries de borates qui correspondent à l'une des deux formules :



Ces borates sont respectivement isomorphes entre eux et peuvent se mélanger isomorphiquement.

Les borates tribasiques sont rhombiques.

Il est curieux de constater que les paramètres cristallographiques de ces borates sont à peu près dans des rapports simples avec ceux du péridot qu'Ebelmen rapprochait du borate tribasique de magnésie. On a en effet :

$B^2O^3, 3 MgO$, Par. . .	0,641	1	0,549
$SiO^2, 2 MgO$	0,587	1	0,466
ou	1,263	2,15	1

Or il est aisé de voir que

$$2 \times 0,641 = 1,302 \quad 4 \times 0,549 = 2,14$$

Les borates sesquibasiques sont tricliniques avec un réseau pseudorhombique; ils sont remarquables par un clivage nacré très facile qui coupe obliquement les prismes et auquel un axe optique est toujours à peu près perpendiculaire.

Les borates préparés par Ebelmen sont d'ailleurs les premiers borates anhydres, à base protoxyde, qui aient encore été complètement et cristallographiquement décrits (*). Il est profondément regrettable que l'illustre

(*) Schabus a, il est vrai, décrit un borate de potasse clinorhombique, auquel il a attribué la formule $B^2O^3K^2O$; mais l'analyse de ce sel n'a pas été faite.

savant, qui les avait obtenus, n'ait pu lui-même faire connaître leur composition et leurs propriétés physiques. Cette étude, si tardive, me paraît cependant présenter, à l'heure actuelle, un véritable intérêt.

La composition des borates anhydres a encore été en effet peu étudiée. Le seul travail, de quelque étendue, qui ait été publié [sur ce sujet, est dû à M. Ditte (*). Ce savant a annoncé avoir isolé les combinaisons suivantes :

$2 B^2O^3, 3 CaO$	B^2O^3, CaO	$3 B^2O^3, 2 CaO$	$2 B^2O^3, CaO$
$2 B^2O^3, 3 StO$	B^2O^3, StO	$3 B^2O^3, 2 StO$	$2 B^2O^3, StO$
. . . . .	. . . . .	$3 B^2O^3, 2 BaO$	$2 B^2O^3, BaO$
$2 B^2O^3, 3 MgO$	B^2O^3, MgO	. . . . .	. . . . .

Aucun de ces sels n'a été cristallographiquement étudié; il peut ainsi rester des doutes sur l'homogénéité des produits analysés par M. Ditte, et par conséquent sur la réalité de l'existence des types multiples qu'il a admis.

L'étude des produits d'Ebelmen montre que l'existence du type $2 B^2O^3, 3 RO$ est certaine, au moins pour le magnésium et le manganèse; et qu'il faut y joindre, comme également hors de doute, au moins pour le magnésium, le manganèse et le cobalt, le type $B^2O^3, 3 RO$ qu'avait annoncé Ebelmen lui-même pour le magnésium, et que Bénédicte a trouvé aussi pour le sodium.

Quant aux autres types admis par M. Ditte, ils ne se sont pas formés dans les conditions où s'est placé Ebelmen.

(*) C. R., t. LXXVII, p. 783-892.

NOTE
SUR UNE DISPOSITION PARTICULIÈRE
DU GONIOMETRE DE WOLLASTON

Par M. ER. MALLARD, inspecteur général des mines.

Dans les laboratoires, la mesure des angles dièdres des cristaux se fait ordinairement au moyen d'un goniomètre de Wollaston, en se servant, comme signal lumineux, d'une fente horizontale pratiquée dans un écran qui recouvre un bec de gaz. Comme point de repère, on se sert ou d'une ligne quelconque placée dans le plan perpendiculaire à la fente horizontale et à l'axe de rotation du goniomètre, ou, ce qui vaut beaucoup mieux, de l'image de la fente donnée par un petit miroir fixé au pied du goniomètre. Le miroir doit être disposé de manière que le plan en soit parallèle à l'axe de rotation du goniomètre.

Les mesures sont affectées de deux erreurs : l'une provient de la variation, presque inévitable, de la position de l'œil pendant la mesure ; l'autre, plus considérable, en général, résulte de l'impossibilité de placer le cristal de manière que l'axe de rotation soit exactement compris dans le plan bissecteur du dièdre à mesurer (*).

(*) Voir, pour plus de détails, Mallard, *Traité de Cristallographie*, t. I, p. 221-226.

Ces deux erreurs s'annulent lorsque la distance du signal lumineux au cristal est infinie. Pratiquement, cette distance ne peut guère dépasser quelques mètres, ce qui rend possible des erreurs de quatre à cinq minutes.

Pour des mesures très précises, on emploie un goniomètre à axe vertical, sur lequel sont installés un collimateur dont la fente lumineuse sert de signal, ainsi qu'une lunette pointant à l'infini, et pourvue d'un réticule, à l'aide de laquelle on observe les images réfléchies sur les faces cristallines. Ce procédé supprime bien les deux erreurs fondamentales que nous avons définies, mais il rend les mesures beaucoup plus pénibles et plus longues. Non seulement, en effet, l'interposition de la lunette entre l'œil et le cristal fait perdre beaucoup de lumière, mais encore et surtout elle rend beaucoup plus laborieuse l'orientation du cristal sur l'axe de rotation, ce qui est la partie la plus délicate et la plus longue de la mesure.

Pour concilier, autant que possible, la précision du goniomètre à lunette avec la facilité d'emploi du goniomètre Wollaston ordinaire, j'emploie une disposition tellement simple qu'elle mérite à peine une description détaillée, mais qui m'a paru présenter de tels avantages que je crois utile de la signaler aux cristallographes.

Cette disposition consiste essentiellement à subsister au signal lumineux, placé le plus loin possible du goniomètre, une fente lumineuse placée au foyer d'une large lentille. On a ainsi un vrai collimateur qu'on place très près du goniomètre.

Le miroir ordinaire du goniomètre est rapproché du cristal de manière à recevoir en même temps que celui-ci, le faisceau lumineux émergeant du collimateur. On prend pour ligne de repère l'image de la fente lumineuse réfléchie par le miroir.

Le signal lumineux et la ligne de repère pouvant être

considérés comme étant l'un et l'autre à l'infini, les erreurs de parallaxe sont éliminées. Les mesures se font avec une aussi grande commodité qu'avec la disposition ordinaire. En outre, la lumière réfléchie par les faces cristallines est plus intense et tout l'appareil comprenant le goniomètre, le signal lumineux, la ligne de repère, est rassemblé dans un petit espace.

Il ne me reste plus qu'à donner les détails de l'installation représentée Pl. XV, *fig. 3*.

L est la lentille du collimateur; elle doit être assez large pour que la partie centrale du faisceau tombant sur le cristal A, le miroir M reçoive encore une partie de ce faisceau.

Je me sers d'une lentille de 0^m,10 de diamètre; elle n'a pas besoin de posséder un achromatisme parfait. Il suffit que la partie centrale du faisceau qui tombe sur le cristal soit achromatique. L'image réfléchie par le miroir M est rendue achromatique par des verres colorés P placés devant ce miroir.

C est le cylindre du collimateur, noirci intérieurement; il est maintenu par les deux montants à rainure QQ, entre lesquels il peut glisser, et auxquels il peut être fixé par les vis de pression *q*. Au besoin on peut disposer les choses de manière que le cylindre puisse s'incliner sur l'horizontale en tournant autour d'un axe porté par les vis *q*; mais cela n'est pas indispensable.

En avant, le cylindre est fermé par la lentille L, portée par un tuyau qui entre à frottement dans le cylindre C; on fixe ce tuyau au moyen de la vis de pression *c*, lorsque le fond postérieur du cylindre est exactement le plan focal de la lentille.

Le fond postérieur du cylindre est plein, sauf un orifice central assez large. En avant de cet orifice glisse, dans une rainure convenablement disposée, une lame métallique RR, représentée en détail (*fig. 4*). Elle porte

des fentes de diverses formes, *f*, *f'*, *f''*, qui peuvent successivement venir se placer au centre de l'ouverture. Lorsque l'une de ces fentes vient se placer dans cette position, un petit cran d'arrêt l'y arrête.

La fente est éclairée par un bec de gaz G.

Pour les cristaux ordinaires, j'emploie la fente (*f*) (*fig. 4*), employée par Websky. Lorsque les cristaux sont très peu réfléchissants et qu'on a besoin de beaucoup de lumière, j'emploie la fente (*f'*).

On peut, dans les mesures, superposer l'image de la fente lumineuse vue par réflexion sur le cristal avec celle de la même fente vue par réflexion sur le miroir. Lorsque cette superposition est obtenue, le miroir et la face cristalline sont parallèles; la superposition ne cessera donc pas d'avoir lieu lorsqu'on changera d'une façon quelconque la position relative du goniomètre et du collimateur, ou même lorsqu'on déplacera la fente lumineuse d'une façon quelconque dans le plan focal.

Mais on n'arrive pas à une grande précision, surtout lorsque l'image donnée par la face cristalline n'est pas très bonne, en superposant les deux images de la même fente. Il est préférable de disposer un peu au-dessous de la fente que j'appellerai *fente-signal*, et qui a l'une des formes (*f*) et (*f'*), une autre fente très étroite *f*₁ (*fig. 4*), parallèle à la direction de la première et que j'appellerai *fente-réticule*. Elle est, comme la fente-signal, croisée perpendiculairement par une petite fente également très déliée et qui doit être le prolongement exact de celle qui croise la fente-signal.

La fente réticule, très déliée, ne donne pas, en général, d'image nette par réflexion sur les faces cristallines; mais elle donne, par réflexion sur le miroir, une image très nette, colorée par le verre P. C'est avec cette image que l'on superpose l'axe de l'image de la fente-signal réfléchie par le cristal, en se servant de l'image de la fente-réticule

vue sur le miroir, comme d'un véritable réticule. On arrive ainsi à une exactitude de pointé qui, avec de bonnes faces cristallines, atteint aisément la minute et même la demi-minute.

Il est vrai qu'avec ce mode opératoire, la face cristalline et le miroir ne sont plus rigoureusement parallèles lorsque l'image cristalline de la fente-signal est superposée à l'image du miroir de la fente réticule. La position du goniomètre par rapport au collimateur n'est donc plus indifférente, et il est nécessaire que l'axe du goniomètre soit perpendiculaire à celui du collimateur. Mais l'angle que fait, au moment de la superposition des images, la face cristalline avec le miroir est égal à l'angle que sous-tend, du centre optique de la lentille comme centre, la distance des deux fentes. Cet angle, qui est de 2° à 3° seulement, est assez petit pour que la position relative du goniomètre et du collimateur n'ait besoin que d'être fixée d'une manière très grossièrement approchée.

Le miroir peut faire, avec l'horizontale, un angle de 40° à 50° , et être tout à fait fixe, réserve faite du léger mouvement nécessaire au réglage. Ce réglage, qui a pour but de placer le miroir rigoureusement parallèle à l'axe de rotation, se fait très simplement en plaçant à l'extrémité de l'axe du goniomètre une lame à faces parallèles, tel qu'un petit fragment très régulier de clivage de spath. Le miroir est réglé lorsque les deux images données par chacune des deux faces de la lame peuvent être amenées, par la rotation de l'axe du goniomètre, en superposition avec l'image réfléchie par le miroir.

Les cristaux à mesurer pouvant avoir des dimensions très différentes, il est commode de pouvoir déplacer le miroir, tout en le maintenant parallèle à lui-même. Il est donc utile de donner au support du miroir trois mouvements de translation perpendiculaires entre eux, dont l'un suivant la direction de l'axe du goniomètre.

La disposition que je viens de décrire peut s'adapter à tous les goniomètres, mais les mesures deviennent beaucoup plus aisées lorsqu'on adopte pour le cristal le mode de support imaginé par M. Groth. Le cristal, fixé avec de la cire sur un petit disque circulaire d (*fig. 3*), peut recevoir, comme cela est indispensable, deux mouvements de rotation autour de deux droites perpendiculaires à l'axe de rotation de l'appareil. Ces mouvements sont produits par des glissements sur deux arcs de cercle perpendiculaires entre eux et ayant leur centre commun situé vers le milieu du cristal A, de sorte que les changements d'orientation du cristal ne déplacent pas trop considérablement son centre de gravité. Les deux mouvements de glissement sur les arcs de cercle sont obtenus en agissant sur les vis vv et $v'v'$.

Bien qu'il ne soit nullement nécessaire, pour l'exactitude de la mesure, que le cristal A ait, par rapport à l'axe de rotation du goniomètre, une position déterminée, il est beaucoup plus commode que cet axe soit à peu près à égale distance des faces de la zone que l'on mesure, de telle sorte que l'œil n'ait pas trop à se déplacer lorsqu'on passe de l'observation de l'image réfléchie par une face à celle de l'image donnée par la face voisine. Lorsque les faces sont très petites, on risque en effet, pendant ce déplacement, de ne plus retrouver aisément la position que l'œil doit prendre pour recevoir le faisceau lumineux réfléchi par la petite face. Par cette raison, il est commode d'employer le dispositif imaginé aussi par M. Groth, et de fixer tout le système qui tient le cristal à deux glissières planes g et g' , qui, au moyen des vis u et u' , permettent de donner au cristal deux mouvements de translation dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation.

Mesure des indices. — Lorsqu'on mesure les inclinai-

sons mutuelles de faces cristallines appartenant à une même zone, il arrive très souvent qu'avec les images réfléchies par les faces, il se présente à l'œil des images colorées produites par réfraction à travers deux faces de la zone convenablement inclinées. Il est très important de pouvoir se servir de ces images, souvent très nettes, pour en tirer les indices du cristal suivant une direction de propagation connue.

Pour adapter le goniomètre à cette mesure, il suffit de disposer le miroir de manière qu'il puisse tourner autour de l'axe de rotation du goniomètre.

Supposons le prisme P (*fig. 5*), recevant le faisceau parallèle AC du collimateur, et le renvoyant, après réfraction suivant l'angle de déviation minima, dans la direction AD. L'angle δ de la direction minima est DAC'. On fait tourner le miroir MM₁ jusqu'à ce que l'image réfractée se superpose à l'image réfléchie par MM₁. A ce moment, il est clair que l'angle δ de la déviation minima étant le supplément de AOF, l'angle M₁OF, que forme le miroir avec la déviation du faisceau lumineux convergent du collimateur est égal à $\frac{\delta}{2}$. Il suffira donc, pour connaître l'angle δ , de mesurer l'angle que forme MM₁ avec OF. Il faudrait, pour y arriver, faire tourner le miroir, préalablement fixé au limbe divisé, jusqu'à ce que l'angle M₁OF soit nul, c'est-à-dire jusqu'à ce que l'image de la fente spectroscopique donnée par le miroir MM₁ vienne se superposer avec la fente elle-même. Cette superposition est impossible à obtenir rigoureusement, car dès qu'elle a lieu, l'image s'évanouit. Mais il est aisé de tourner la difficulté, en superposant au moment de la déviation minima, l'image réfractée, non pas avec l'image réfléchie de la fente spectroscopique F, mais avec celle d'une fente F' placée dans le plan focal un peu au-dessous de la première.

Le faisceau émis par cette fente F' a la direction OF'.

On a évidemment

$$DAC = AOF = AOF' - FOF',$$

et par conséquent

$$\frac{\delta}{2} = M_1OF' + \frac{FOF'}{2}.$$

Si l'on fait tourner le miroir jusqu'à ce que l'image réfléchie de F se superpose à F' vue directement, il aura, au moment de cette superposition, une position telle qu'il bissete l'angle FOF'.

L'angle M₁OM'₁ dont on aura tourné le miroir sera ainsi égal à M₁OF' + $\frac{FOF'}{2}$, c'est-à-dire à $\frac{\delta}{2}$.

Le miroir doit donc non seulement pouvoir recevoir trois mouvements de translation perpendiculaires entre eux, mais encore pouvoir tourner d'angles connus autour de l'axe de rotation du goniomètre.

Pour réaliser ces conditions multiples, le miroir M est fixé sur un manchon rectangulaire mobile, grâce à la vis *t*, le long d'une tige rectangulaire à crémaillère T, parallèle au limbe, horizontale quand le miroir est horizontal; la tige T est fixée elle-même à l'extrémité d'une tige T' perpendiculaire à la première et enfilée dans un manchon carré dans lequel elle peut glisser en agissant sur la vis *t*. Ce manchon lui-même est enfilé sur une troisième tige rectangulaire T'' le long de laquelle il se déplace en agissant sur la vis *t''*. La tige T'' est fixée à un bras BB qui se termine à une de ses extrémités par un cylindre creux I embrassant l'arbre du goniomètre.

La tige T'' est reliée au bras BB par une pièce N mobile autour d'un arbre *b* et fixée par une vis à ressort antagoniste *f*. En agissant sur cette vis, on peut donner un petit mouvement à la tige T'' et par conséquent au miroir, de manière à placer celui-ci dans une position exactement parallèle à l'axe du goniomètre.

Le bras BB glisse à son extrémité libre le long d'un axe de cercle K relié, dans une position invariable, au support du goniomètre. Lorsque le miroir doit rester fixe pour la mesure des angles des cristaux, le bras BB est, au moyen d'une vis de pression y , relié invariablement à l'arc KK. Pour la mesure des indices, on desserre la vis y et on relie, au moyen de la vis z , la barre BB et par conséquent le miroir au limbe divisé du goniomètre.

On peut, avec cet appareil, faire les divers pointés à une minute près, ce qui permet de compter, pour les indices, sur une approximation de 4 à 5 unités du quatrième ordre décimal.

Je citerai pour exemple une mesure faite sur un prisme de phénacite que Sénarmont avait jadis fait travailler. J'ai obtenu, avec la lumière du sodium, $\omega_D = 1,6537$. M. Des Cloizeaux donne $\omega_D = 1,6540$.

NOTE

SUR L'EMPLOI DE L'AIR COMPRIMÉ

POUR LE PERCEMENT DES LONGS TUNNELS.

Par M. DANIEL COLLADON, professeur à l'Université de Genève.

À l'occasion du prix de mécanique Fourneyron, qui m'a été décerné, le 21 décembre 1885, par l'Académie des sciences de Paris, pour mes études et mes découvertes mécaniques relatives à l'emploi de l'air comprimé pour le percement rapide et économique des longs tunnels à ciel fermé et pour mes pompes de compression pour l'air et les gaz, il convient de rappeler les expériences premières que j'avais commencées dès 1850, sur la résistance que le gaz d'éclairage et l'air comprimé éprouvent dans des conduites de 0^m,20 à 0^m,25 de diamètre, et de constater que les résultats importants et nouveaux que j'avais annoncés le premier dès 1852 ont été complètement confirmés vingt-sept ans après, par les mesures exactes prises au tunnel du Saint-Gothard, sur une conduite d'air comprimé de 4.600 mètres de longueur et de 0^m,20 de diamètre.

Quant à mes pompes de compression, non seulement j'ai imaginé des pompes à gaz dans lesquelles le piston et sa tige sont constamment refroidis par une circulation d'eau dans leur intérieur, le gaz restant sec dans le cylindre, mais de plus j'ai fait usage le premier d'une injec-

tion d'eau pulvérisée dans l'intérieur des cylindres des compresseurs d'air, annoncée dans mon mémoire de 1853 remis à M. de Cavour. J'ai appliqué ce puissant moyen de prévenir rapidement le réchauffement de l'air pendant la compression, dès 1872, à tous les compresseurs d'air des travaux du grand tunnel du Saint-Gothard, et plus récemment aux compresseurs de mon système, à grande vitesse, établis à Sangatte, près Calais, pour l'entreprise du chemin de fer sous la Manche.

Un récit abrégé de ces anciennes expériences, accompagné de dates authentiques et de déclarations officielles, peut avoir de l'intérêt pour l'histoire exacte de l'exécution des premiers longs tunnels à double voie percés sous la chaîne des Alpes, celui du Fréjus (dit du mont Genis) et celui du Saint-Gothard (*), et du tunnel qui a été commencé sous le détroit de la Manche, à Sangatte, près Calais.

§ I. — EMPLOI DE L'AIR COMPRIMÉ POUR LES TRAVAUX DU TUNNEL DU FRÉJUS.

De 1845 à 1849, le célèbre ingénieur belge, M. H. Maus, avait été chargé par le gouvernement sarde et le roi Charles-Albert de deux travaux importants : les études et l'exécution du premier chemin de fer construit en Piémont, celui de Gênes à Turin, et les études d'un tunnel destiné à relier le Piémont à la Savoie, à travers la chaîne des Alpes. On l'avait également chargé d'étu-

(*) La longueur du tunnel du Fréjus est de 12.230 mètres, celle du tunnel du Saint-Gothard est de 14.920 mètres : ce dernier tunnel, quoique beaucoup plus difficile, a été percé avec une vitesse kilométrique double et un coût d'un tiers moindre par kilomètre achevé.

dier les procédés d'exécution pour ce tunnel, après que sa direction entre Bardonnèche et Modane eut été décidée.

Cet ingénieur imagina et fit exécuter, par un habile mécanicien, M. Thémar, de Turin, une machine perforatrice pour découper la roche au fond des deux galeries, nord et sud, projetées. Cette machine fut essayée près de Turin, au Val d'Oc dans un moulin appartenant au gouvernement; on opérait directement sur de gros blocs amenés du mont Fréjus, et pendant les mois d'essais elle donna de bons résultats.

La machine recevait immédiatement l'action des forces motrices hydrauliques au Val d'Oc, mais il n'en pouvait pas être de même, lorsque cette machine serait appliquée au percement du tunnel; là il faudrait nécessairement un moyen de transmettre la force depuis des moteurs hydrauliques extérieurs jusqu'au fond du tunnel, et sur la fin du percement jusqu'à 6 ou 7 kilomètres à partir des moteurs. Il fallait de plus un moyen puissant de ventilation.

M. Maus, qui avait étudié cette question, croyait pouvoir la résoudre au moyen de câbles sans fin soutenus par des poulies éloignées de 5 mètres, et ces câbles devaient circuler dans toute la longueur excavée, avec la vitesse moyenne excessive de 12 mètres par seconde. Dans ce système, les procédés prévus pour l'aération étaient des plus défectueux. M. Maus croyait pouvoir en atténuer les effets en supprimant le sautage à la poudre et en établissant, de distance en distance, des ventilateurs à roues, qui auraient refoulé l'air pris à l'intérieur dans une conduite de grand diamètre et qui l'aurait porté jusqu'au dehors du tunnel.

Au printemps de 1849, M. Maus avait terminé ses études et avait rédigé un rapport général avec planches, tableaux et devis. Le gouvernement sarde nomma une commission technique, composée de neuf membres, pour

étudier le projet. Ces neuf membres, choisis parmi l'élite des savants et des ingénieurs du Piémont, devaient délibérer sous la présidence du ministre des travaux publics (*).

Dans une dernière séance, le 1^{er} novembre 1849, les membres présents (présidés par le célèbre ingénieur Paleocapa, alors ministre des travaux publics), auxquels avait été confiée l'étude des conclusions et des procédés mécaniques de M. Maus, les adoptèrent tous à l'unanimité, y compris l'emploi de sa machine excavatrice et la transmission par câbles de la force motrice. Cette force devait être produite aux deux extrémités du tunnel par des roues hydrauliques situées à l'extérieur et à peu de distance de son ouverture. Ils décidèrent de demander un crédit de 720.000 francs pour de nouveaux essais, qui devaient se faire en grand et plus complets à Modane, entrée nord de la galerie projetée.

Avant de faire voter ce crédit, le gouvernement sardes voulut encore faire appel aux indications et aux critiques des corps savants et des ingénieurs. En conséquence, il fit imprimer à l'imprimerie royale, en français et en italien, les projets de M. Maus, ainsi que les rapports de M. Paleocapa, et il les envoya libéralement à diverses sociétés savantes et à des ingénieurs nationaux et étrangers.

Dans le courant de la même année 1849, j'avais vérifié sur la conduite principale du gaz de Genève, dont le diamètre était de 15 pouces (406 millimètres) et la longueur disponible de 530 mètres, la vitesse du gaz d'éclairage. J'avais été nommé, en 1844, ingénieur de cette Compagnie, en même temps que je professais à l'Université genevoise le cours de mécanique théorique et appliquée,

(*) MM. Paleocapa, Giulio, Menabrea, Cavalli, Ange Sismonda, Mosca, Melano, Barbavara et Maus.

que j'avais antérieurement donné à l'École centrale des arts et manufactures de Paris.

Les auteurs, bien peu nombreux, qui avaient cherché à cette époque à calculer cette résistance, s'étaient tous servis de tubes, dont aucun n'avait dépassé 10 centimètres de diamètre, et le plus grand nombre de leurs expériences avaient été faites sur des tuyaux plus petits.

M. Girard, de l'Institut, paraît être le premier qui ait sérieusement étudié la résistance que le gaz hydrogène carboné et l'air éprouvent dans des tuyaux de conduite. Ses expériences datent de 1819 et ont été publiées dans les Mémoires de l'Institut de 1821 et 1822; il avait obtenu de faire des essais avec les appareils qui servaient à éclairer au gaz hydrogène carboné (densité, 0,55, l'air à 0 étant pris comme unité) l'hôpital Saint-Louis.

Ces appareils se composaient: 1^o d'un gazomètre de 9^m,4968^o surface du fond, dont le poids équivalait à 0^m,3383 d'eau en sus de la pression atmosphérique; 2^o d'une conduite de 3 pouces (0^m,08121) de diamètre; et 3^o de tubes de 0^m,01579, qui étaient des canons de fusils se vissant bout à bout.

M. Girard commença, le 11 mai 1819, par faire sur le tuyau de 3 pouces une série d'expériences sur les longueurs de 128^m,80, de 387^m,80 et de sa longueur totale de 622^m,80 (la température était 16°; il n'a pas noté la hauteur du baromètre), d'abord sur le gaz hydrogène carboné, il les répéta quatre jours plus tard sur de l'air à la température de 15°. Il entreprit ensuite de faire varier les diamètres des tubes, mais il n'avait que des tuyaux de sept lignes (0^m,01579), dont la longueur totale était 127 mètres. Il fit un grand nombre d'expériences sur ces tubes à des longueurs variées; ces expériences ne pouvaient conduire à reconnaître quelle résistance le gaz hydrogène carboné, ou l'air, éprouvaient dans des tubes de grand diamètre.

M. d'Aubuisson a fait aux mines de Rancié, en 1825,

des expériences sur l'air comprimé, par une force un peu variable, mais qui en moyenne valait $0^m,031$ de mercure. Ces recherches ont été publiées, en 1828, dans les *Annales des mines*, p. 367. Le moteur était une trompe formée d'un tronc d'arbre creux ayant $8^m,03$ de hauteur et $0^m,216$ de diamètre intérieur.

Ces expériences ont été faites sur l'air; il se servait de tuyaux de fer-blanc de $0^m,10$ de diamètre, dont la longueur rectiligne totale était de $306^m,54$. Il s'est ensuite servi d'une conduite de diamètre moitié, soit $0^m,05$, dont la longueur totale rectiligne était de $46^m,28$. Cette conduite, de diamètre moitié, devait servir de terme de comparaison. L'auteur a eu soin de mesurer la température et de tenir compte de la hauteur du baromètre.

En résumé, M. d'Aubuisson a conclu de ses expériences que les résistances sont sensiblement proportionnelles au carré des vitesses moyennes; il a conclu que la vitesse

à l'extrémité de la conduite est $V = K \frac{1}{L} \frac{d^2}{D^2} \sqrt{h \frac{T}{b+h}}$;

quant à la formule de résistance, en appelant b la hauteur barométrique corrigée, t l'indication du thermomètre, d le diamètre de l'ouverture extrême d'écoulement, D celui du tube, L la longueur totale, H l'indication de la hauteur du manomètre à l'origine et h celle de près l'extrémité ouverte en partie, faisant

$T = t + 0,004t$, la résistance sera $H - h = n \frac{\beta h L d^2}{D^5} \times T$.

L'auteur avait cru pouvoir conclure de ses expériences que $\beta = 1,482$ et que $n = 0,01606$. M. d'Aubuisson croyait que ce facteur $n\beta$ serait constant pour tous les diamètres à partir de $0^m,10$.

Dans ces expériences, l'auteur avait constaté des anomalies qu'il avait attribuées, soit à la manière dont les manomètres étaient posés, soit à la variation des pressions causées par la trompe.

C'était l'époque où on se préoccupait des chemins de fer atmosphériques, dans lesquels un tube continu placé entre les deux rails et dans lequel on faisait le vide, faisait mouvoir un piston qui entraînait un train par la différence de pression qui existait sur les deux côtés de ce piston.

M. Crelle, de Berlin, avait examiné ce cas, ainsi que celui où on substituait, d'un côté du piston, une pression plus grande que l'atmosphère pour remplacer le vide atmosphérique.

M. Pecqueur, aidé de MM. Bontemps et Zambaux, paraît avoir eu la même idée; il avait présenté à l'Institut un mémoire, sur lequel M. Poncelet a publié un rapport dans la séance du 21 juillet 1845. Dans ces expériences, la pression a beaucoup dépassé celle que M. Girard et M. d'Aubuisson avaient pu employer, et elle a atteint une atmosphère en sus de la pression atmosphérique; mais le diamètre des tubes employés par M. Pecqueur ayant été de 1 à 3 centimètres, on ne peut pas en déduire des coefficients qui soient applicables aux tubes de gros diamètres.

J'ai dit que je m'étais occupé, en 1849, de mesurer sur la conduite principale du gaz de Genève, dont le diamètre était de $0^m,406$ et la longueur disponible de 530 mètres, la résistance du gaz d'éclairage (dont la densité moyenne était de 0,415), en tenant compte de la hauteur barométrique, de la température et de toutes les causes qui pouvaient influer sur cette mesure.

L'usine de Genève est située près du Rhône, dans le faubourg de Plainpalais, et comme à cette époque la ville était fortifiée, la conduite principale devait traverser les fortifications, dont elle franchissait les fossés, portée sur un pont de poutrelles, avant de pouvoir se diviser pour l'éclairage de la ville. J'avais donc cette longueur dispo-

nible pour ces essais ; cette conduite est presque en ligne droite et s'élève seulement de 2^m,20 du côté de la ville. Sur tout ce parcours il n'y avait alors aucune branche latérale, sauf quelques abonnés (dix à douze becs), dont on s'assurait que les robinets étaient bien fermés pendant les essais qui avaient lieu le jour.

Je fis percer trois trous de 2 centimètres de diamètre à des distances bien égales sur cette partie comprise entre l'usine d'une part, et la ville de Genève de l'autre. Avec des tubes de verre de 1 centimètre de diamètre intérieur, je fis faire trois manomètres semblables, tous formés de la même manière, et je les introduisis dans les trous percés, pour mesurer la pression au centre de la conduite ; pour cela ces tubes plongeaient dans la conduite jusqu'au milieu de son diamètre, c'est-à-dire de 0^m,20. Au dehors du tube, le manomètre s'élevait verticalement et était recourbé à la lampe de manière à représenter deux tubes verticaux contigus, longs à peu près de 18 centimètres, dans lesquels on introduisait de l'eau légèrement colorée Pl. XV, *fig.* 8. La branche ouverte supérieure de ce manomètre était prolongée de quelques centimètres. Deux aides m'aidaient à prendre les hauteurs, et chaque fois on prenait la hauteur du baromètre et la température. Ce sont ces expériences qui me donnèrent des résultats bien différents de ceux de M. Girard et de ceux de M. d'Aubuisson, calculés pour un gaz de même densité que celui qui s'écoulait dans cette conduite.

A la fin de l'année, le colonel La Nicca, revenant de Turin (où il cherchait à obtenir l'autorisation d'ouvrir un passage pour une voie ferrée entre Coire et Turin (par le Splügen et la Via Mala), me rendit visite à son passage à Genève. Il venait d'assister aux expériences du Val d'Oc entreprises par M. Maus et il croyait, comme tout le monde à cette époque, que cette machine serait adoptée pour le percement du Fréjus.

Dans la conversation qui eut lieu entre cet ingénieur et moi, je le questionnai sur la manière dont M. Maus comptait transmettre à sa machine la force extérieure des moteurs hydrauliques. Il me répondit que la direction du tunnel comptait se servir d'un câble sans fin, comme celui dont on se servait à cette époque pour faire monter les trains sur le plan incliné qui est à la sortie de Liège. Pour ménager la respiration des ouvriers, il découperait la roche sans employer la poudre. L'idée de transmettre la force par l'air comprimé s'offrit alors à mon esprit, mais je ne laissai pas voir à M. La Nicca que je comptais remplacer les câbles par une conduite d'air comprimé, qui pourrait en même temps aérer le tunnel.

Quelques jours après cette visite, je reçus le rapport publié par l'imprimerie royale de Turin et qui avait reçu l'adhésion unanime de la commission dite du mont Cenis.

A la fin de mars 1850, je repris mes expériences de résistance du gaz et je constatai que celles de 1849 étaient bien exactes.

Le comte de Santa-Rosa avait été gouverneur du Faucigny et il était souvent venu me voir dans mon cabinet de physique, alors qu'il habitait Bonneville. Depuis lors il avait été nommé député et habitait Turin. Je lui écrivis une lettre, lui demandant si un étranger pouvait être breveté dans les États sardes, et je lui disais dans cette lettre : « que je m'occupais d'expériences en vue de faciliter le percement du mont Cenis ».

On s'occupait beaucoup alors de ce percement, non seulement à Turin, mais aussi dans le reste de l'Italie et une partie de l'Europe.

Par retour du courrier, M. de Santa-Rosa me répondit par une lettre que je possède et dont le contenu a été constaté par la légation italienne de Genève, où il me disait entre autres choses :

Lettre du 12 avril 1850.

« Je m'empresse de répondre à votre lettre du 11 de ce mois; je viens d'en parler avec Camille de Cavour qui se trouve mon voisin à la Chambre. Nous nous empresserons de vous être utile, lorsque vous présenterez la demande dont vous parlez. Informez-moi lorsque vous présenterez votre demande », etc.

Bien que le contrôle d'une expérience sur l'air comprimé ne fût pas indispensable, je tenais, avant de formuler ma demande, à répéter mes expériences en employant de l'air comprimé, et ne pouvant faire cet essai sur les conduites où le gaz avait déjà été introduit, je dus forcément attendre l'occasion d'une autre conduite de 900 mètres de long et de 0^m,176 de diamètre, qui devait être commandée dans le but de renforcer la canalisation de la partie inférieure de la ville de Genève. Je m'entendis pour cela avec une fonderie de la Franche-Comté, qui devait nous fournir les tubes, et je recommandai de la manière la plus pressante qu'ils fussent parfaitement lisses à l'intérieur et de diamètre bien exact.

C'était le moment où la Suisse se préparait à envoyer des échantillons de toutes ses industries à la première Exposition universelle de Londres de 1851. Je fus d'abord désigné pour faire partie de la commission qui se réunissait à Berne, et celle-ci fut chargée de présenter au conseil fédéral deux commissaires pour suivre, soit en Suisse, soit à Londres, tout ce qui concernait cette exposition.

Les deux commissaires nommés furent M. Bolley, professeur de chimie au Polytechnicum fédéral, et moi. Cette occupation en sus des cours que nous avions à donner nous prit tout notre temps; il fallait visiter tous les produits qui devaient être envoyés à cette exposition et ensuite aller passer six à huit mois à Londres, avec une

énorme correspondance, et faire partie de jurys. Nous avions en sus à surveiller les produits envoyés et leur réexpéditions; toutes ces fonctions, et ma nomination dans deux jurys, m'occupèrent jusqu'au printemps de 1852.

A cette époque les tubes étaient arrivés; je constatai qu'ils étaient faits avec beaucoup de soin et parfaitement lisses à l'intérieur (fait constaté dans le rapport imprimé de 1852, de la Compagnie du gaz de Genève). Ce fut alors que je m'occupai de reprendre mes expériences. Je louai une chaudière d'environ 5^m de volume, qui devait me servir de réservoir pour l'air comprimé, et je me procurai, à Paris, une pompe de compression, contenant deux corps de pompe alternatifs; je trouvai une machine locomobile de vingt chevaux, que je pus emprunter pour ces essais; enfin je choisis sur les 900 mètres de tubes ceux qui étaient les plus droits et les plus lisses et je fis établir, près de l'usine, une conduite de 500 mètres de longueur à la surface du terrain et bien en ligne droite.

Tous ces préparatifs m'avaient conduit jusqu'au mois d'octobre. Lorsque tout fut préparé, je fis percer trois trous à égale distance dans cette conduite, et j'y introduisis mes trois manomètres, dont la partie inférieure avait été convenablement raccourcie.

Après m'être assuré que les deux aides qui me secondaient dans ces expériences savaient parfaitement se placer pour les bien observer et avoir noté les hauteurs du baromètre et du thermomètre, j'eus la satisfaction de voir que mes prévisions étaient complètement vérifiées, et que la résistance des gros tubes donnait des nombres bien inférieurs à ceux que l'on aurait déduits des expériences de d'Aubuisson, Girard et Pecqueur.

Je fis également disposer des tubes de 9 pouces (0^m,24363) sur une longueur de près de 100 mètres, et je constatai également la diminution très notable de résistance.

Dans toutes ces dernières expériences, la pression mo-

Lettre du 12 avril 1850.

« Je m'empresse de répondre à votre lettre du 11 de ce mois; je viens d'en parler avec Camille de Cavour qui se trouve mon voisin à la Chambre. Nous nous empresserons de vous être utile, lorsque vous présenterez la demande dont vous parlez. Informez-moi lorsque vous présenterez votre demande », etc.

Bien que le contrôle d'une expérience sur l'air comprimé ne fût pas indispensable, je tenais, avant de formuler ma demande, à répéter mes expériences en employant de l'air comprimé, et ne pouvant faire cet essai sur les conduites où le gaz avait déjà été introduit, je dus forcément attendre l'occasion d'une autre conduite de 900 mètres de long et de 0^m,176 de diamètre, qui devait être commandée dans le but de renforcer la canalisation de la partie inférieure de la ville de Genève. Je m'entendis pour cela avec une fonderie de la Franche-Comté, qui devait nous fournir les tubes, et je recommandai de la manière la plus pressante qu'ils fussent parfaitement lisses à l'intérieur et de diamètre bien exact.

C'était le moment où la Suisse se préparait à envoyer des échantillons de toutes ses industries à la première Exposition universelle de Londres de 1851. Je fus d'abord désigné pour faire partie de la commission qui se réunissait à Berne, et celle-ci fut chargée de présenter au conseil fédéral deux commissaires pour suivre, soit en Suisse, soit à Londres, tout ce qui concernait cette exposition.

Les deux commissaires nommés furent M. Bolley, professeur de chimie au Polytechnicum fédéral, et moi. Cette occupation en sus des cours que nous avions à donner nous prit tout notre temps; il fallait visiter tous les produits qui devaient être envoyés à cette exposition et ensuite aller passer six à huit mois à Londres, avec une

énorme correspondance, et faire partie de jurys. Nous avions en sus à surveiller les produits envoyés et leur réexpéditions; toutes ces fonctions, et ma nomination dans deux jurys, m'occupèrent jusqu'au printemps de 1852.

A cette époque les tubes étaient arrivés; je constatai qu'ils étaient faits avec beaucoup de soin et parfaitement lisses à l'intérieur (fait constaté dans le rapport imprimé de 1852, de la Compagnie du gaz de Genève). Ce fut alors que je m'occupai de reprendre mes expériences. Je louai une chaudière d'environ 5^m de volume, qui devait me servir de réservoir pour l'air comprimé, et je me procurai, à Paris, une pompe de compression, contenant deux corps de pompe alternatifs; je trouvai une machine locomobile de vingt chevaux, que je pus emprunter pour ces essais; enfin je choisis sur les 900 mètres de tubes ceux qui étaient les plus droits et les plus lisses et je fis établir, près de l'usine, une conduite de 500 mètres de longueur à la surface du terrain et bien en ligne droite.

Tous ces préparatifs m'avaient conduit jusqu'au mois d'octobre. Lorsque tout fut préparé, je fis percer trois trous à égale distance dans cette conduite, et j'y introduisis mes trois manomètres, dont la partie inférieure avait été convenablement raccourcie.

Après m'être assuré que les deux aides qui me secondaient dans ces expériences savaient parfaitement se placer pour les bien observer et avoir noté les hauteurs du baromètre et du thermomètre, j'eus la satisfaction de voir que mes prévisions étaient complètement vérifiées, et que la résistance des gros tubes donnait des nombres bien inférieurs à ceux que l'on aurait déduits des expériences de d'Aubuisson, Girard et Pecqueur.

Je fis également disposer des tubes de 9 pouces (0^m,24363) sur une longueur de près de 100 mètres, et je constatai également la diminution très notable de résistance.

Dans toutes ces dernières expériences, la pression mo-

trice fut maintenue à près d'une atmosphère en sus de la pression atmosphérique.

Ayant obtenu de ne commencer mes cours qu'en janvier 1853, je rédigeai une demande de brevet : *pour les nouveaux procédés, basés sur l'air comprimé, et destinés à faciliter le percement des tunnels que je portais à Turin.*

Le gouvernement sarde donnait alors les brevets ; la loi sarde exigeait que ceux qui demandaient un brevet présentassent en même temps un mémoire qui devait être soumis à une commission nommée par l'Académie des sciences de Turin, sur la valeur du brevet et la probabilité de sa réussite.

Je rédigeai donc un mémoire et je le fis aussi complet que possible ; il contenait d'abord les tableaux de mes expériences comparativement avec celles de Girard, d'Aubuisson et Pecqueur, et je joignis plusieurs indications sur l'emploi de turbines destinées à faire mouvoir des pompes à piston, qui étaient rafraîchies par une enveloppe d'eau et une injection intérieure. Dans ce mémoire, je rappelais le système de celles à piston immergés indiqué par Dumas dans le premier volume de son *Traité de chimie appliquée aux arts*, de 1828, et j'indiquais la possibilité de se servir de perforateurs analogues à des marteaux-pilons, dont le marteau serait remplacé par un ciseau et recevrait un mouvement de rotation.

J'indiquai, de plus, le parti avantageux que l'on pourrait tirer de ce système, pour envoyer aux ouvriers qui travailleraient au front de taille placé au fond du tunnel un air toujours frais, après qu'il aurait effectué le percement des trous de mine. On ne serait plus tenu de se priver de la puissance de la poudre, on débarrasserait le tunnel de ce câble sans fin circulant avec une vitesse de 12 mètres par seconde, porté par des poulies distantes de 5 en 5 mètres, et des roues de ventilation, pour les remplacer par une conduite d'air de 0^m,20 à 0^m,25 de

diamètre, qui pourrait se plier selon les convenances, donner à volonté plus ou moins d'air là où on en sentirait le besoin. J'insistai sur le danger permanent que ferait courir le câble aux ouvriers employés dans le tunnel et surtout en cas de rupture, etc., etc.

Arrivé à Turin au commencement de décembre 1852, je fis part de mes idées à MM. de Cavour, de Santa-Rosa, Mélégarì et d'autres hommes d'État, et à quelques collègues de l'Académie de Turin, principalement aux deux membres les plus influents de la commission technique, les professeurs Giulio et Menabrea, qui se déclarèrent les partisans les plus convaincus de mon système, de préférence à celui du câble qu'ils avaient approuvé, faute de mieux, quelques mois auparavant.

L'illustre Menabrea (qui m'avait présenté comme correspondant de l'Académie royale de Turin, en janvier 1846) m'engagea à ne pas parler dans mon brevet du marteau à pilon, vu que la machine du Val d'Oc était généralement approuvée.

Le 30 décembre 1852, je remis à M. de Cavour, ministre des finances et président du conseil des ministres, ma demande de brevet et mon mémoire à l'appui. Peu après le ministre transmit le tout à l'Académie des sciences de Turin en demandant qu'une commission spéciale fût chargée de faire un rapport.

Le 19 janvier 1853, le *Journal officiel du duché de Savoie*, publié à Chambéry, insérait en tête de ses colonnes une lettre datée du 16 janvier, dans laquelle M. Menabrea, député de la Maurienne et membre de la commission du mont Cenis, annonçait que le gouvernement sarde avait retardé sa décision parce qu'il était persuadé que la question du passage des Alpes pourrait être simplifiée, et qu'effectivement la question avait marché rapidement sous le rapport du mécanisme employé pour le forage des Alpes. Il disait : « Depuis que M. Maus

« a inventé son ingénieuse machine, qui déjà par elle-même résout le problème avec une économie et une rapidité suffisantes, la question a été l'objet d'études de la part de plusieurs ingénieurs, entre autres de M. Colladon, de Genève, savant distingué et connu par ses belles inventions mécaniques. Il a perfectionné la machine de M. Maus ou, pour mieux dire, inventé un nouveau mécanisme, et proposé de nouveaux et puissants moyens, qui sont de nature à abrégér considérablement l'opération et à la rendre beaucoup moins coûteuse. M. Colladon est en voie d'obtenir un privilège du gouvernement sarde pour son invention. »

Dans mon brevet et dans le mémoire qui l'accompagnait, après avoir insisté sur la supériorité de l'emploi de l'air comprimé sur les câbles de M. Maus, je donnais mes idées sur l'emploi des pompes à piston pour comprimer l'air tout en prévenant le réchauffement par une injection d'eau à l'intérieur, et je donnais, sur la manière de conduire l'opération, plusieurs conseils utiles.

La commission de l'Académie nommée pour examiner le mémoire et la demande de brevet envoya son rapport le 13 février suivant et m'en adressa une copie par l'intermédiaire de M. de Sismonda, secrétaire de l'Académie de Turin. Le rapport est catégorique et loue sans restriction mes projets : « L'auteur (y est-il dit dans ses conclusions) ne se borne pas dans son mémoire à une simple description des moyens proposés, mais il en démontre l'applicabilité par des considérations théoriques. La commission reconnaît surtout de quelle importance peuvent être les inventions de M. Colladon pour hâter la construction des chemins de fer destinés à franchir les Alpes. »

Ainsi, dès les mois de janvier et de février, mon sys-

tème était du domaine public et connu de bien des personnes à Turin.

Malgré l'appel fait aux ingénieurs et aux sociétés savantes, la commission du mont Cenis et le gouvernement sarde ne reçurent que des idées vagues et dont aucune, si ce n'est la mienne, ne faisait allusion à l'air comprimé.

Dans l'automne de 1853, trois jeunes ingénieurs, dont aucun n'avait antérieurement publié de notice sur ce sujet, MM. Sommeiller, Grandis et Grattone, prirent un brevet pour comprimer l'air par un bélier hydraulique. C'était l'appareil que M. de Caligny avait présenté quelques années auparavant, mais ils y ajoutaient quelques idées nouvelles.

Les auteurs, à l'imitation de M. Maus, paraissent s'être surtout préoccupés de l'idée de la chaleur dégagée par la compression de l'air, et ils cherchaient à compenser cette chaleur en employant l'eau pour la compression. Ils s'exagéraient aussi le rendement en air comprimé de ce bélier et l'estimaient à 90 p. 100. Dans la pratique, on n'a pu lui faire rendre plus de 45 à 50 p. 100.

Nommés en 1857 pour diriger le percement du mont Cenis, ils voulurent employer des béliers pour fournir l'air comprimé à cette perforation. Cette idée des béliers, qui paraissait simple au premier moment, est réellement très compliquée dans la pratique. On ne pouvait leur faire donner plus de deux coups par minute, sous peine des plus graves accidents, et de plus ils n'offraient aucune élasticité; si l'on a besoin d'augmenter la pression de l'air, il faut recourir à une nouvelle construction. Comme il faut 5 mètres pour chaque atmosphère dans cet appareil, pour arriver à la pression de cinq atmosphères il fallait une hauteur de 25 mètres de chute.

Du côté de Bardonnèche, on avait une chute de 40 mètres; on dut se borner à 25 mètres, en en perdant 15; mais du côté de Modane on n'avait que 6 mètres de

chute. Les trois ingénieurs sardes imaginèrent de les employer à élever l'eau dans un vaste bassin soutenu en l'air à cette hauteur par douze colonnes cylindriques, dont chacune avait 60 centimètres de diamètre intérieur et 25 mètres d'élévation. Lorsqu'on essaya de faire marcher cet appareil, la force transmise ne dépassait pas le quart de la puissance motrice, et on abandonna ce moyen de compression pour lui substituer des pompes à pistons liquides.

Cette entreprise colossale de dix béliers à chacune des bouches du tunnel, dont chacun coûtait 120.000 francs, soit 1.200.000 francs pour les dix d'un même côté, fut abandonnée, à Modane sans avoir servi, et du côté de Bardonnèche ils servirent un peu plus d'un an et demi, après quoi on les remplaça également par des pompes à pistons liquides.

Les auteurs ont eux-mêmes reconnu cette insuffisance des béliers, et ils disent dans leur rapport imprimé en 1863 (*Trafo delle Alpi. — Relazione della Direzione tecnica*, page 92) : « I quali son capaci di fornire 24 mila metri cubi d'aria compressa al giorno, e costeranno un terzo di meno dei primi compressorî à colonna, che solo ne davano 8 mila metri cubi; — ecco qual progresso si è ottenuto tripla quantità d'aria, con un terzo di meno di spesa. »

Quoique le percement eût commencé dans l'automne de 1857, ces béliers n'avaient été prêts qu'en 1861, et la première année qu'on s'en servit à Bardonnèche, on avança moins qu'à la barre de mine maniée à la main.

Dans mes expériences faites en 1852, j'avais constaté que la perte de force vive, ou la résistance nuisible, si on se servait de l'air comprimé, ne serait que la moitié à peu près de celle indiquée par toutes les formules à cette époque. Cette découverte a été pleinement vérifiée depuis et constatée au Gothard en 1879 par les belles expériences

de M. E. Stockalper, sur une conduite de 4.600 mètres de longueur et de 0^m,20 de diamètre. C'était là évidemment la question principale à connaître pour l'exécution d'un tunnel par l'emploi de l'air comprimé.

Voici les conclusions du mémoire de M. E. Stockalper, insérées dans la *Revue universelle des mines* de MM. C. de Cuyper et Habets (mars-avril 1880, p. 279 et 280) :

« Nous regrettons vivement de ne pas posséder les résultats exacts des expériences faites, en 1852, par le professeur Colladon pour les faire entrer dans le cadre de cette comparaison.

« Ces expériences ont fait une trop grande sensation à l'occasion des premières études sur la possibilité du percement du mont Cenis pour ne pas transcrire ici les données que nous en avons.

« Dans un discours prononcé au Parlement sarde le 26 juin 1857, discours qui décida la Chambre à voter le percement du mont Cenis, le général Menabrea disait : « L'honneur d'avoir émis le premier une idée rationnelle revient à M. Colladon, savant professeur physicien de Genève, qui proposait de faire agir les outils de la machine Maus, non plus au moyen de cordes et de pouliés, mais en employant de l'air comprimé. » Il ajoutait plus loin : « Des expériences faites spécialement par M. Colladon ont également prouvé que l'air éprouve, dans les tubes de conduite, une résistance beaucoup moindre que celle que supposaient quelques auteurs, ce qui avait donné lieu à douter que l'air pût être conduit à grandes distances en conservant assez de sa force élastique. »

« Nous trouvons dans une publication de M. Hudry-Menos, année 1871, imprimée dans le journal *le Moniteur des chemins de fer italiens* et reproduit dans la brochure *le Tunnel des Alpes*, un chiffre approché du résultat

indiqué par M. Colladon. Nous y lisons : « La transmission de l'air comprimé à de grandes distances était le point délicat de la grande entreprise... M. Colladon, se basant sur de nombreuses expériences qu'il avait faites en avril 1852, avec une conduite de 0^m,176 de diamètre et de 500 mètres de longueur, annonçait, dans un mémoire qu'il joignit à sa demande de brevet, *que les coefficients de résistance* adoptés jusqu'alors pour le mouvement des gaz dans les conduites nettes à l'intérieur, *étaient trop forts et devaient être réduits de moitié à fort peu près.* »

« Nous devons donc constater ici que nos expériences viennent confirmer le résultat annoncé déjà en 1852 par M. Colladon, en ce sens que les pertes de charges que nous avons observées sont d'environ les deux tiers de celles qu'on déduit des formules de Girard, d'Aubuisson et Pecqueur, et de la moitié de celles d'Arson, qui ne se vérifieraient qu'à des pressions d'un 70^e d'atmosphère. »

Ces expériences de M. Stockalper (*) ont été effectuées sur une échelle colossale, qu'on ne retrouvera pas de bien longtemps, et il a opéré avec toute l'intelligence et les soins nécessaires.

En effet, il avait, pour calculer la quantité d'air fournie par seconde par mes compresseurs, un réservoir du volume exceptionnel de 166 mètres cubes, et, pour la conduite de 20 centimètres de diamètre, l'énorme longueur de 4.600 mètres, c'est-à-dire plus d'une lieue parfaitement en ligne droite.

Il avait, sur cette longueur, six manomètres de Bour-

(*) M. E. Stockalper, de Sion en Valais, est un ingénieur qui s'est beaucoup occupé des tunnels; il a fait entre autres les premières études d'un tunnel du Simplon, et son projet révisé est celui qui paraît devoir être adopté.

Je devais participer à cette expérience, mais j'ai été empêché par une grave indisposition.

don, dont chacun pouvait indiquer 1/20^e d'atmosphère. Il a opéré sous trois pressions motrices.

Voici le résumé de ces trois pressions et la perte à 4.600^m à compter de l'entrée du tunnel :

1^o A la pression mesurée à l'entrée du tunnel de 5^{atm},60. A 4.600 mètres, la pression finale était de 5^{atm},24; la perte de pression était 0^{atm},36;

2^o A la pression mesurée à l'entrée du tunnel de 4^{atm},35, la tension finale était de 4^{atm},13; différence ou perte de pression 0^{atm},22;

3^o A la pression mesurée à l'entrée du tunnel de 3^{atm},84, la tension finale était de 3^{atm},65; différence ou perte de pression 0^{atm},19.

M. Stockalper conclut en disant :

« Si les expériences sur lesquelles se base le résultat que nous énonçons ne présentent pas toute la précision d'une expérience de physique, précision que la non-interruption de la marche de nos travaux ne nous permettait pas d'atteindre, nous estimons par contre que, vu la longueur de 4.600 mètres de la conduite de 20 centimètres, la hauteur des pressions, les quantités et vitesses de l'air comprimé et la durée des observations, ces expériences présentent le caractère d'un véritable essai industriel. »

Le ministère italien m'a adressé le 30 novembre 1871, par l'intermédiaire d'un savant éminent, M. Q. Sella, alors ministre des finances, la lettre suivante, qui complétera les faits précédents.

Voici la traduction exacte de cette lettre, d'après le texte italien vérifié sur l'original et dûment légalisé par le consul italien à Genève :

Rome, 30 novembre 1871.

« Très honoré Monsieur,

« Le percement du Fréjus est maintenant un fait heureusement accompli. Le gouvernement italien ne peut faire moins que de s'empresse de montrer sa reconnaissance à ceux qui ont facilité cette entreprise colossale par leur génie et leurs études.

« Pour atteindre ce but, il ne pouvait oublier les mérites que vous vous êtes acquis par vos publications scientifiques, et spécialement par celles relatives à l'emploi de l'air comprimé pour l'excavation des galeries.

« Par ces motifs, je me suis hâté de me mettre d'accord avec mes collègues du ministère pour vous signaler à la considération royale comme un des hommes illustres dignes d'une marque honorifique pour le concours que vous avez prêté à l'œuvre grandiose du Fréjus.

« Cette proposition fut aussitôt accueillie avec la faveur qu'elle méritait par Sa Majesté, qui, dans l'audience du 17 du mois courant, vous a déferé le grade équestre de commandeur de l'ordre des Saints-Maurice-et-Lazare.

« Ayant rempli le devoir agréable de vous transmettre les décisions royales, je me trouve honoré de vous envoyer le diplôme et les insignes du grade, en souhaitant que cette distinction honorifique soit considérée par vous comme un juste hommage que le gouvernement italien rend au génie et aux hautes connaissances qui vous distinguent.

« Je profite bien volontiers de cette circonstance favorable pour vous exprimer l'assurance de ma considération distinguée.

« Le Ministre,

« (Signé :) Q. SELLA. »

§ II. — CONSTRUCTION DES POMPES A GRANDE VITESSE
DU SYSTÈME COLLADON.

Ces pompes sont figurées dans la Pl. XV, *fig. 11*, et pour faire mieux comprendre leur puissance relative à côté de celles, soit du bélier compresseur, *fig. 9*, soit des pompes à piston d'eau, *fig. 10*, j'ai reproduit dans la même planche les trois systèmes à la même échelle, avec l'indication des volumes d'air comprimé pour chacun de ces trois systèmes de moyens de compression.

On peut voir de suite par l'inspection de cette planche l'énorme volume d'un bélier tel qu'il était construit à Modane, sa complication et la possibilité des graves accidents causés à Bardonnèche, où ils ont travaillé un peu plus d'un an et demi. Du côté de Modane, ils n'ont pas même fonctionné; ils y avaient été construits et montés, mais lorsqu'on a voulu les mettre en train en élevant de l'eau pour la faire retomber dans les béliers, on n'obtenait pas le quart de la puissance disponible sur les premiers moteurs.

Ce système, à Modane, se composait comme suit :

1° *Béliers (fig. 9)*. — S est une machine à air comprimé qui commande le jeu des soupapes A et B. Cette machine à air est pourvue d'un volant D et d'une roue-poulie de plus petit diamètre E, sur laquelle s'enroule la courroie ZZ', qui fait tourner un pignon denté E'. Ce pignon engrène la roue dentée F, laquelle porte un excentrique qui commande les deux balanciers KK' et II'. Ces balanciers font ouvrir et fermer les deux soupapes A et B, qui doivent s'ouvrir brusquement, rester un moment immobiles et se refermer.

Le mouvement de ces soupapes est contraire; quand A s'ouvre, la soupape B se ferme, et l'inverse a lieu de même.

La soupape A est soulevée et ouvre le coup de bélier, l'eau se précipite du réservoir R et de la colonne MM, haute de 25 mètres dans la partie inférieure NNN qui se replie deux fois et a une seconde branche parallèle à la première, mais beaucoup plus courte. C'est là que se fait la compression ; l'air contenu dans cette courte branche P est fortement comprimé, soulève la soupape C et s'écoule par un tube latéral X qui va au réservoir d'air comprimé. Il faut alors que la soupape A se referme et que la soupape B s'ouvre pour écouler l'eau qui a servi au premier coup de bélier, et laisse rentrer une nouvelle provision d'air en P par des vannes multiples V qui sont sur cette courte colonne. Lorsque le volume P est de nouveau plein d'air, tout est prêt pour un second coup de bélier, et la soupape B se referme.

On comprend que cette opération prenne une demi-minute et que l'on ne puisse compter sur plus de deux coups de bélier par minute ; mais ce que l'on ne voit pas, c'est qu'il est impossible de filtrer l'eau pour un torrent de montagne et que les trois soupapes s'obstruaient souvent, ce qui faisait manquer l'opération et amenait de graves incidents.

A Bardonnèche, les ouvriers attendaient avec impatience que l'on eût d'autres compresseurs, d'autant plus que la pression à laquelle on était forcément limité ne suffisait pas pour aérer le tunnel et faire marcher les perforatrices.

MM. Sommeiller, Grandis et Grattone prirent alors des pompes dont on faisait usage à Seraing et qui servaient à comprimer l'air pour essayer les tubes.

Ces pompes avaient été employées en 1826, à Paris, pour comprimer le gaz d'éclairage, et M. Dumas en a donné le dessin dans son *Traité de chimie appliquée aux arts et à l'industrie*, en 1828. Atlas, Pl. XVI.

2° Pompes à piston liquide (fig. 10). — La Pl. XV montre

la disposition d'une de ces pompes à piston liquide et à simple effet fonctionnant alternativement.

K est l'une des sept roues hydrauliques. Elle fait fonctionner les pompes par son plateau-manivelle et la bielle PM, et fait mouvoir les deux pistons M et N. Ces pistons, en agissant alternativement dans les deux corps de pompes AA' et BB', font monter et descendre l'eau qui remplit en partie les colonnes verticales GG' et HH', et qui servent de piston liquide pour comprimer l'air qui est à la partie supérieure en G' et H'.

Pour cela, chacune est munie de deux soupapes R et R' qui, s'ouvrant de dehors en dedans, servent à introduire de l'air dans la chambre G' ou H' et des deux soupapes supérieures S et S' qui, en s'ouvrant alternativement, permettent à l'air comprimé de sortir en X ou en X' et de se rendre par X'' dans le réservoir d'air en tension.

Ces pompes, comme les trois associés Sommeiller, Grandis et Grattone l'ont eux-mêmes reconnu, étaient bien supérieures aux béliers ; elles coûtaient un tiers de moins et elles donnaient trois fois plus d'air ; mais ces pompes ont cependant l'inconvénient d'être très limitées dans le nombre des oscillations, et celles employées au Fréjus ne pouvaient donner plus de seize coups par minute. Si on les faisait agir plus vite, l'eau s'agitait fortement et le rendement diminuait. Chacune contenait 2.000 à 2.500 litres d'eau, qui devait changer de mouvement seize fois par minute.

3° Pompes système Colladon (fig. 11). — En janvier 1872, M. Louis Favre vint me proposer d'être son ingénieur-conseil dans le cas où il aurait l'adjudication du tunnel du Saint-Gothard. J'acceptai, et, dans le mois d'août, il fut préféré à tous ses concurrents.

Nous partîmes aussitôt après pour examiner sur place les torrents dont on pouvait disposer et les forces que chacun de ces torrents était susceptible de donner.

Du côté nord, la Reuss était capable de donner sur des turbines environ 1.000 chevaux en moyenne, par une chute de 80 mètres; mais du côté sud, ou d'Airolo, il fallait s'élever à une chute de 180 mètres pour avoir à peu près la même force (en admettant que le torrent de la Trémola eût, toute l'année, un volume d'eau suffisant).

La hauteur de 180 mètres de chute est regardée comme un maximum par les constructeurs hydrauliciens. A la vitesse de sortie de cette chute, le bronze est de beaucoup préférable à la fonte et à l'acier pour la construction des turbines, et dure bien plus longtemps. Tandis que la fonte, ou même l'acier, sont rongés par la vitesse du courant et doivent être renouvelés au bout d'un an ou deux, le bronze peut durer neuf ou dix ans.

Lorsque nous eûmes arrêté à cette élévation l'emplacement du réservoir-dépotoir d'où s'écoulait l'eau dans la conduite et déterminé le nombre et la position des turbines, on construisit à la hâte les premières maisons et les hangars avant l'hiver qui, dans cette haute région, est fort précoce et amène de fortes chutes de neige.

M. Louis Favre s'en était remis complètement à moi pour tout ce qui concernait les pompes à commander.

Je me hâtai de faire des plans et devis, et je commandai d'abord pour commencer douze pompes à piston solide pour Airolo, et douze pompes semblables pour Goeschenen. Elles devaient être mises en mouvement par quatre turbines dans chacune de ces localités, c'est-à-dire que les pompes étaient disposées par groupes de trois, commandées par une seule turbine.

Ces trois pompes étaient couchées parallèlement entre elles et actionnées par un arbre coudé à trois manivelles. Celles d'Airolo avaient un volume plus petit, comme devant être commandées pour une plus grande vitesse. Chaque turbine d'Airolo faisant *trois cent quatre-vingt-dix tours par minute*, et celles de Goeschenen *seulement cent soixante*.

Dans les pompes d'Airolo, chaque turbine est placée à 3 mètres en dessous des pompes et tourne horizontalement. Elle reçoit l'eau de côté et, en dehors, elle a 1^m,20 de diamètre et représente, en eau moyenne, une force de 200 à 220 chevaux.

Les trois pompes d'un groupe devaient marcher très vite pour éviter la multiplicité des engrenages qui, pour des pompes qui devaient marcher jour et nuit dans un pays qui offrait peu de ressources, occasionneraient des accidents longs à réparer. Elles furent calculées pour quatre-vingt tours de l'arbre à trois manivelles, *et donnaient par conséquent chacune des trois pompes cent soixante coups utiles par minute*.

Chaque turbine porte un arbre vertical sur lequel est un pignon à angle qui actionne une roue dentée d'un diamètre cinq fois plus grand: c'est cette roue dont l'arbre est horizontal et se prolonge pour commander l'arbre à trois manivelles. *Il n'y a donc qu'un seul engrenage entre la turbine et les pompes, et on a pu se passer de volant*.

Les pompes faisaient donc chacune, en moyenne, cent soixante coups utiles par minute, et l'air était comprimé à 7 atmosphères.

Quel serait le moyen assez énergique pour prévenir le réchauffement de cet air?

Je n'hésitai pas à donner la préférence à une injection à l'intérieur d'eau pulvérisée, et ce moyen a pleinement réussi.

La grosse colonne descendante, de 180 mètres verticaux depuis le dépotoir, portait une tubulure latérale et un tuyau prolongé qui passaient sur les cylindres et qui, pour chacun, se ramifiait en quatre tubes d'injection, deux pour chaque extrémité.

Ces tubes d'injection, munis chacun d'un robinet, ont donné un résultat merveilleux, grâce aux busettes que j'ai employées et dont les *fig. 6 et 7* donnent le dessin. Il suffisait que l'eau d'injection eût 1/1000^e du volume d'air à

compresser à chaque coup pour que la température, qui aurait dépassé 250 degrés, fût réduite à 20 ou 25 degrés, et cet effet se produisait dans le cylindre *en moins d'un tiers de seconde*, ce qui est la condition *sine qua non* pour le bon travail des pompes, car une fois dehors du cylindre, il est tout à fait inutile de refroidir l'air comprimé.

Les busettes peuvent être nettoyées en deux ou trois minutes, et, comme il y en a deux pour chaque extrémité, elles ne nécessitent pas d'arrêt de la pompe pour ce nettoyage.

Si nous comparons maintenant les résultats obtenus par ces nouvelles pompes à injection d'eau pulvérisée, aux béliers et aux pompes à piston liquide, nous constatons que pour les béliers le bénéfice est énorme, et que pour les pompes à piston liquide qui ne pouvaient donner que seize coups utiles, le bénéfice quant au volume des pompes est de dix contre un si les pompes nouvelles peuvent faire cent soixante coups utiles par minute ; c'est, en effet, ce qui avait lieu.

Les tableaux des surfaces occupées par une pompe à piston liquide indiquent au Fréjus : à Bardonnèche 24^{m²},34, à Modane 16^{m²},50, tandis que, au Gothard, celles d'Airolo et de Goeschenen, plus puissantes, étaient à Goeschenen 2^{m²},24, et à Airolo 2^{m²},08. On n'aurait pu loger à Goeschenen, où on disputait le terrain à la Reuss et à la montagne à pic, sept pompes à piston liquide comme celles qui fonctionnaient à Modane.

J'avais ainsi donné le premier exemple de pompes comprimantes à grande vitesse, qui ne réchauffaient pas l'air par la compression. L'eau pulvérisée injectée dans le cylindre et l'emploi de ma busette d'injection avaient résolu le problème de la manière la plus satisfaisante.

Il a été construit bien des pompes depuis lors d'après mon système, et on peut affirmer qu'elles forment aujourd'hui la majorité des appareils qui se construisent pour des travaux importants de percement de longs tunnels.

Lorsqu'il s'est agi plus tard d'étudier des pompes de ce système pour le tunnel commencé sous la Manche, à Sangatte, on n'a pas hésité à prendre modèle sur les pompes d'Airolo. Un ingénieur s'était rendu sur place, et, après l'examen, il avait reconnu que c'était bien là le modèle à suivre.

J'ai reçu de M. Say, président du conseil du chemin sous la Manche, la demande de faire le projet de cette installation, et les constructeurs, MM. Louis Sautter, Lemonnier et C^{ie}, l'ont adopté avec une légère modification, qui ne portait que sur le nombre des cylindres, quatre cylindres au lieu de trois.

Il fut constaté, dans les expériences faites pour la réception de ces machines, que ces pompes rendaient le 88,7 p. 100 sous une pression de 8 atmosphères.

L'installation de Sangatte a reçu la visite de nombreux ingénieurs, et on avait creusé plus de 1 kilomètre de tunnel sous-marin par ce procédé, jusqu'au moment où le Parlement anglais est intervenu pour faire suspendre les travaux sur la côte anglaise, et par suite sur la côte française.

Ce sont là les titres principaux qui m'avaient valu de recevoir une médaille d'or à l'Exposition de 1878 à Paris, et qui en 1885, au mois de décembre, ont engagé mes collègues de l'Académie des sciences à me faire la surprise de me décerner le prix Fourneyron, pour avoir démontré le premier (dès 1852) que l'on peut excaver des tunnels avec une grande économie de temps et d'argent par l'air comprimé, et pour avoir donné au Gothard l'exemple de mes compresseurs à très grande vitesse, avec injection d'eau pulvérisée, ou le réchauffement de l'air est réduit au dixième de sa valeur primitive dans le temps très court d'un tiers ou d'un quart de seconde.

On peut dire que, depuis 1852, tous les longs tunnels ont été percés par l'air comprimé et que les pompes de compression à grande vitesse tendent à se rapprocher de plus en plus des modèles du Saint-Gothard.

LÉGENDE EXPLICATIVE

DES FIGURES 6 A 11 DE LA PLANCHE XV.

Fig. 6 ET 7. — *Busette d'injection* pour l'eau pulvérisée, de grandeur d'exécution. L'eau est lancée dans le cylindre par les deux trous obliques AA.

Fig. 8. — Vue d'un *manomètre* MMM, tel qu'il est placé dans une des conduites T. O est l'anneau à vis dans lequel passe ce manomètre.

Les fig. 9, 10 et 11 représentent à la même échelle les trois systèmes de compresseurs : la fig. 9 représentant *l'un des béliers*; la fig. 10 les *compresseurs à piston d'eau* employés au Mont-Cenis, pour remplacer les béliers, à Modane et à Bardonnèche; et la fig. 11 un *groupe de compresseurs du Gothard, système Colladon*.

Fig. 9. — *Bélier compresseur de MM. Sommeiller, Grandis et Gratton*.

MM est l'une des dix colonnes des béliers de Modane ou de Bardonnèche, leur hauteur verticale est de 25 mètres et leur diamètre intérieur de 0^m,60. Cette colonne MM est fermée par le bas par la soupape à couronne A.

Lorsque A est soulevée et s'ouvre, la colonne d'eau MM se précipite dans la partie doublement recourbée NNN et comprime l'air dans la branche verticale en P.

Lorsque l'air contenu dans la branche P a atteint 5 atmosphères, la soupape C s'ouvre et laisse passer l'air dans la branche X.

Il faut alors que la soupape A se referme, que les soupapes multiples intérieures qui sont en V, s'ouvrent pour la rentrée d'une nouvelle provision d'air. L'eau qui remplit la partie recourbée NNN s'écoule par la soupape à couronne B.

Il est facile de voir que toutes ces opérations doivent prendre au moins une demi-minute.

Les soupapes A et B doivent avoir un mouvement contraire assez compliqué. On y pourvoit par la disposition suivante : S est une machine mue par l'air comprimé et D est son volant. La machine S fait tourner une roue E et, par la courroie sans fin ZZ', une seconde roue E' et un pignon denté.

Ce pignon engrène une roue F d'un diamètre quadruple, elle porte latéralement un excentrique destiné à régler le mouvement de A et B, lesquels doivent s'ouvrir et se fermer rapidement et rester à peu près immobiles pendant que l'eau s'écoule.

Ces énormes machines, pour un bien petit effet, coûtaient avec leurs accessoires, les dix béliers, 1.200.000 francs à Modane et autant à Bardonnèche.

A Bardonnèche, elles ont servi un peu plus d'un an et demi, mais à Mo-

dane, où on élevait l'eau pour la faire retomber dans des béliers, cette machine n'a pu servir; on la remplaça par des pompes à piston d'eau et par des roues hydrauliques qui les faisaient mouvoir, lesquelles donnaient, selon la « relazione tecnica », trois fois plus d'air comprimé et qui coûtaient un tiers de moins.

Fig. 10. — *Pompes à piston d'eau*. Chaque roue fait mouvoir par les extrémités de son axe quatre de ces pompes. La fig. 10 représente les deux pompes mues par une extrémité; ces deux pompes donnaient *par minute* 680 litres d'air comprimé à 6 atmosphères.

K est une roue hydraulique en fonte qui reçoit l'eau en dessus.

Le plateau-manivelle P fait mouvoir par la bielle PM, deux pistons M et N, qui se meuvent d'un mouvement alternatif dans les deux cylindres AA' et BB'. Ces cylindres sont ouverts à leurs parties A' et B', où ils aboutissent à deux colonnes verticales GG' et HH'. Les hauteurs GG' et HH' sont remplies d'eau qui fait l'office de piston pour comprimer l'air dans la partie supérieure G'S et H'S'. La partie supérieure S et S' a deux soupapes SR et S'R' qui agissent en sens contraire.

La soupape S s'ouvre supérieurement pour laisser écouler l'air comprimé dans le tube XX'X'', tandis que l'autre partie, la soupape S', se ferme et la soupape R' s'ouvre en dedans pour laisser entrer une nouvelle provision d'air.

Lorsque P sera arrivé au bas du plateau-manivelle ces deux effets se répéteront en sens contraire.

Fig. 11. — *Pompes à piston solide, à grande vitesse, avec injection d'eau pulvérisée, ou système Colladon*. Une turbine fait mouvoir un groupe de de trois pompes qui donnent par minute 4.000 litres d'air comprimé sous la pression de 7 atmosphères.

AA est un arbre coudé à trois manivelles.

MMM sont trois bielles qui font mouvoir les trois pistons d'un des groupes.

Chaque cylindre à six soupapes, deux pour la rentrée d'air SS à chaque extrémité et une pour la sortie par le tuyau X.

TT' est un tube qui prend l'eau par une tubulure latérale dans la colonne descendante, il aboutit aux quatre busettes que porte chaque cylindre, deux près de chaque extrémité. Dans la coupe en long par l'axe d'un de ces cylindres, on voit les ouvertures intérieures de deux de ces busettes.

A Airolo, les turbines faisaient 390 tours par minute et les pompes avaient une vitesse 5 fois moindre, ou 78 tours par minute, qui pouvait bien facilement être portée à 80 tours.

Un groupe de trois compresseurs de M. Colladon donnait autant d'air que quatorze ou quinze des béliers et, de plus, cet air était obtenu à 7 atmosphères au Saint-Gothard, tandis que les béliers du Fréjus ne pouvaient le donner qu'à 5 atmosphères.

DISCOURS

PRONONCÉS AUX FUNÉRAILLES

DE M. P. LUUYT

INSPECTEUR GÉNÉRAL DES MINES
DIRECTEUR DE L'ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DES MINES

le 25 novembre 1887.

DISCOURS DE M. LINDER

Vice-président du Conseil général des mines,

AU NOM DU CORPS DES MINES

Messieurs,

Si la retraite impitoyable ne nous avait pas privés du chef aimé et respecté, qui était la lumière du Conseil général des mines, une voix bien plus autorisée que la mienne se serait fait entendre en ce triste jour.

Un nouveau deuil frappe le corps des mines, si cruellement éprouvé depuis quelques années. Nos morts vont vite; ils se pressent.

Combien en avons-nous vu tomber, en ces derniers temps, alors que leur âge devait nous faire espérer de les conserver longtemps encore parmi nous! Le collègue que nous pleurons aujourd'hui était de ceux-là.

Labrosse-Luuyt (Paul-Bernard), est né au Havre, le 15 décembre 1825.

Entré à l'École polytechnique en 1842, le plus jeune de sa promotion, il en sortit second et choisit la carrière des

mines. Il n'était encore qu'élève ingénieur quand il fut chargé du service du sous-arrondissement minéralogique d'Autun, puis de celui de Saint-Etienne.

Ingénieur ordinaire de 3^e classe le 21 août 1848, il fut élevé à la seconde classe le 23 mai 1850. La même année, après avoir professé, pendant quelques mois, l'exploitation des mines et la préparation mécanique à l'École des mineurs de Saint-Étienne, il quitta le service de l'État, devint successivement, de 1850 à 1861, directeur du canal de Givors, des mines de l'ancienne Compagnie de la Loire, des forges de Vierzon, et dans ces diverses fonctions il déploya de grandes capacités techniques et les qualités d'un administrateur habile. Il fit, à la même époque, preuve d'un grand dévouement en organisant des ambulances pendant que le choléra sévissait avec intensité à Rive-de-Gier.

Rentré dans le corps des mines, M. Luuyt fut chargé d'abord du service du sous-arrondissement minéralogique de Lyon, auquel on adjoignit plus tard des services de contrôle de chemins de fer; puis, à partir du 1^{er} novembre 1872, il remplit, à Bordeaux, les fonctions d'ingénieur en chef, dont il reçut le grade le 14 janvier 1874.

En 1872, l'administration l'appela à Paris comme rapporteur de la commission centrale des machines à vapeur; elle ajouta, l'année suivante, à ce service celui de la surveillance des appareils à vapeur de la Seine. M. Luuyt, dans ces délicates fonctions, se distingua par son esprit conciliant et la sûreté de son jugement.

Promu, le 24 septembre 1883, au grade d'inspecteur général de 2^e classe, il prit, peu après, la direction du contrôle de l'exploitation des chemins de fer du Nord, qu'il conserva jusqu'au 9 mai 1885, époque à laquelle il fut nommé directeur de l'École nationale supérieure des mines.

Il avait été élevé au grade d'inspecteur général de 1^{re} classe le 29 mars dernier.

Dans le cours de sa carrière, M. Luuyt a rempli de nombreuses missions comme membre du jury des expositions industrielles de Londres, de Stockholm, de Paris, et comme délégué à la conférence internationale de Berne en 1882. Il était membre de la commission centrale des machines à vapeur et du comité de l'exploitation technique des chemins de fer, président de la commission spéciale de la carte géologique détaillée de la France et officier de la Légion d'honneur.

M. Luuyt était arrivé à l'une des plus hautes positions du corps des mines. Homme du monde, doué d'un caractère aimable et bienveillant, il s'était attiré de nombreuses sympathies. Il possédait toutes les jouissances du cœur et d'un juste amour-propre satisfait. Heureux dans ses enfants, entouré de leur tendresse et de leur respect, il aurait eu en partage tous les bonheurs qu'il est possible de goûter ici-bas, s'il n'avait eu à pleurer prématurément la compagne de sa vie. La douleur de se séparer de ceux qu'il aimait et qu'il laisse après lui, a été adoucie par l'espoir d'être réuni à celle qu'il n'a jamais cessé de regretter.

Il nous a quittés, mais son souvenir survivra parmi nous, car nous pouvons lui appliquer ces paroles d'un général, dont la patrie s'honore :

« Mon Dieu, que sommes-nous sur cette terre ! Heureux celui qui peut, après avoir travaillé toute sa vie, laisser un souvenir d'estime et d'amitié parmi les siens ! »

DISCOURS DE M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE

Inspecteur général des mines, professeur à l'École nationale des mines,

AU NOM DE L'ÉCOLE NATIONALE DES MINES.

Messieurs,

Le corps des mines vient de perdre un de ses membres les plus distingués ; l'École des mines un directeur éminent, aimé de tous. Esprit juste et pénétrant, cœur chaud et chevaleresque, âme loyale, ouverte à l'amitié, caractère absolument charmant, M. Luuyt possédait tout ce qui attire la sympathie, tout ce qui affermit l'autorité. Les grandes situations qui ont couronné sa vie d'ingénieur n'ont pas été briguées par lui. Il a, au contraire, apporté dans sa carrière un désintéressement plus rare encore que celui de la fortune. Surpris dans sa modestie, lorsque ces honneurs sont venus le chercher, il a montré rapidement qu'il était fait pour eux.

Paul-Bernard Labrosse-Luuyt est né au Havre, le 15 décembre 1825. Sa vie officielle vient de vous être retracée par une parole éloquente, et je ne saurais revenir sur cette énumération si bien remplie. Je n'en détacherai qu'une circonstance, en vous rappelant qu'il a commencé sa carrière, comme il l'a finie, dans les Écoles. Il a été, en effet, chargé en 1850 du cours d'exploitation des mines et de préparation mécanique à l'École des mines de Saint-Étienne. Cet enseignement était bien fait pour le préparer directement à une phase assez longue de sa vie, passée en dehors du corps.

Pendant dix ans, en effet, il est resté au service de l'industrie privée, successivement dans les mines et dans les forges. Si cet exil temporaire a eu pour effet de ralentir momentanément son avancement, comment le

regretter, puisqu'il a finalement atteint les sommets les plus élevés de la hiérarchie. Nul doute, d'ailleurs, que ce contact direct avec les difficultés et les luttes de l'industrie n'ait encore affermi son jugement, aiguisé sa pénétration, et complété cet ensemble de facultés si apprécié de ceux qui l'ont approché dans les Conseils, où il apportait la lumière.

Le premier stage de Paul Luuyt, hors du service ordinaire, s'est effectué dans l'ancienne Compagnie de la Loire. Il y est entré, le 30 août 1850, avec le titre de directeur des mines de Rive-de-Gier. A cette rude école, il est devenu un mineur hautement apprécié. Ces vieilles exploitations, médiocrement conduites aux époques reculées, ont joué de toutes parts, et crevassé le lit de la rivière du Gier, en provoquant ainsi leur propre inondation. Les conditions étaient devenues particulièrement critiques; et l'on en était arrivé à redouter l'abandon forcé des travaux, comme le constatent les rapports du service ordinaire de cette époque. Le jeune ingénieur réussit à sauver la situation. Il avait remarqué l'activité des infiltrations qui s'opéraient à travers la paroi des puits, et, dans ces conditions, qui n'étaient pas sans analogie avec celles du département du Nord, grâce au *gore blanc* qui retenait les eaux supérieures comme un rideau étanche, il conçut la pensée d'importer dans ce bassin la méthode de cuvelage qui, seule jusqu'alors, avait permis de traverser les morts-terrains formidables du Nord de la France, et d'y tenir en respect l'océan inépuisable qui imprègne ces masses souterraines. Il fit venir, à cet effet, en 1854, des mines de Douchy, des ouvriers habitués à ce genre de travaux, et installa un premier cuvelage au puits du Pré. Bientôt après, les puits Bourret, du Logis et du Château, cuvelés à leur tour, purent être débarrassés de leurs pompes d'épuisement. L'entreprise était hardie, car le *gore blanc* de Rive-de-

Gier, peu puissant et tourmenté par les failles, est loin d'offrir la même efficacité que les *dièves* du Nord. Le succès néanmoins fut complet. La venue d'eau diminua de plus de moitié, et le niveau, abaissé de 30 mètres, permit à Luuyt, en sauvant les exploitations qui lui avaient été confiées, de mettre en outre en valeur une importante richesse houillère.

Lorsque le choléra de 1854 vint exercer ses ravages, Paul Luuyt, qui était sur le point de quitter Rive-de-Gier, s'attacha de nouveau au poste périlleux. Il y organisa, de sa personne, des ambulances qui rendirent à ces populations les plus grands services.

La dissolution de l'ancienne Compagnie de la Loire lui fit abandonner l'exploitation souterraine pour la métallurgie. Pliant, avec la facilité que nous lui avons connue, son esprit à ces nouvelles études, il accepta la direction des forges de MM. Petin et Gaudet à Vierzon, et conduisit ces usines avec succès jusqu'au jour où il reprit du service actif, le 3 juillet 1861.

Paul Luuyt a terminé sa carrière comme directeur de l'École Nationale Supérieure des mines. Le 9 mai 1885, il fut nommé à cette haute situation. Son court passage parmi nous a été marqué par une des transformations les plus considérables qu'ait traversées cet établissement de premier ordre. Luuyt s'était attaché avec beaucoup d'intérêt à ces améliorations essentielles; et sa dernière œuvre importante a été le rapport qu'il a rédigé sur cette question, à la suite des longues délibérations dont elle a été l'objet. Des cours nouveaux ont été créés sur la chimie industrielle, la construction mécanique, les applications de l'électricité. Des groupements meilleurs ont été inaugurés pour les autres matières de l'enseignement. Le travail des élèves s'est trouvé développé, autant que possible sans surcharge, grâce à un nouvel emploi du temps et à certaines facilités intérieures.

La mémoire de Luuyt vivra dans l'École des mines. Le respect des élèves, l'affection du corps enseignant semblaient s'être hâtés de s'attacher à lui, comme en prévision du peu de temps qui leur serait donné pour naître et pour croître.

Me sera-t-il permis d'ajouter que, sans cesser jamais de voir en lui un chef respecté, je l'aimais comme un frère?

Que dirai-je des affections plus proches que sa mort a brisées? Je ne dois toucher qu'avec respect et avec précaution à ces cœurs blessés. Qu'il me soit permis cependant de placer sous leurs yeux cette foule d'amis accourus autour de ce cercueil, et tant de paroles affectueuses pour cette mémoire qui reste leur bien le plus précieux. Mieux que nous, ils ont pénétré dans cette âme aimante, et vécu de son atmosphère. Ces pieuses jeunes femmes, ces jeunes gens si brillants ont entouré leur père de leur tendresse. Ils lui ont composé sa plus belle couronne. Cette mort si prompte, exempte de souffrance par une dernière clémence de la Providence, a rompu en eux des liens bien forts et bien doux. Elle leur laisse du moins les immortelles espérances.

Adieu, Luuyt, mon chef, mon cher ami! Adieu pour ce monde!

BULLETIN.

ACTES DE COURAGE ET DE DÉVOUEMENT.

ACCIDENTS ARRIVÉS DANS LES MINES ET LES CARRIÈRES.

Extrait de rapports du ministre de l'intérieur approuvés par le Président de la République en 1887 (*).

NOMS, prénoms et qualités.	LIEUX et dates.	ANALYSE des faits.	RÉCOMPENSES décernées.	
			MÉDAILLES	MENTIONS honorables. — LÉTTRES de félicitations.
			en or.	en argent.
			classes.	
MUR (Jules), surveillant aux mines de Ronchamp.	Mine de houille de Ronchamp. (24 juin 1886)	26 janvier 1887. HAUTE - SAÔNE. S'est particulièrement distingué en contribuant au sauvetage de plusieurs victimes, lors d'une ex- plosion.		2 ^e
HAUMAIRE (Émile), ouvrier mineur, à Blanzv.	Mine de houille de Blanzv. (16 mai 1886)	18 février 1887. SAÔNE-ET-LOIRE. N'a pas hésité à se porter, mal- gré les plus grands dangers, au secours d'un ouvrier tombé dans un puisard d'une profondeur de 36 mètres.		2 ^e
LANGLOIS (Jules), âgé de 14 ans, domicilié à Quiévre-court.	Carrière à Quiévre-court. (Accident du 14 sept. 1886)	18 avril 1887. SEINE - INFÉRIEURE. N'a pas hésité, malgré son jeune âge, à descendre dans une car- rière de 20 mètres de profondeur pour en retirer deux ouvriers sur le point d'y être asphyxiés.		2 ^e

(*) Cet extrait fait suite à celui qui a été publié dans le 2^e volume de 1886 (*Bull.*), p. 599.

NOMS, prénoms et qualités.	LIEUX et dates.	ANALYSE des faits.	RÉCOMPENSES décernées.	
			MÉDAILLES en or. en argent.	MENTIONS honorables. — LITRES de félicitations.
20 mai 1887.				
LOIRE.				
PEILLON (Pierre), gouverneur aux mines de Combes et Egarande, à Rive-de-Gier.	Mines de houille de Combes et Egarande (14 août 1883 et 17 juill. 1886)	A fait preuve d'un dévouement remarquable en sauvant, à deux reprises différentes, des ouvriers mineurs tombés dans un puits profond de 10 mètres.	2 ^e	
18 août 1887.				
LOIRE.				
BARGETON (Louis- Ernest), préfet du dé- partement de la Loire. DAVID (Pierre), maître-mineur au puits de Châtelus. SOULERINE (Louis), sous-gouverneur de nuit au puits Montmartre. LARDON (Raymond), ouvrier mineur, à la Comp. de Beaubrun. MENU (Alphonse), ingénieur de la Compagnie de la Loire. DEVUN (Jean-Marie), gouverneur à la Com- pagnie de Beaubrun. FAUGET (François), gouverneur à la Com- pagnie de Beaubrun. BLANCHARD (Jean), sous-gouverneur à la Comp. de Beaubrun. Le docteur GOULLAUD. HERSENT (Francis), chef du cabinet du préfet de la Loire. MAILLARD (Eugène), sous-gouverneur de la Comp. de Beaubrun.	Concession houillère de Beaubrun. Explosion de grisou du 1 ^{er} mars 1887.	Se sont tout particulièrement distingués en portant secours aux victimes.	1 ^{re} Rappel 1 ^{re} 1 ^{re} 1 ^{re} 2 ^e 2 ^e 2 ^e 2 ^e 2 ^e 2 ^e	

NOMS, prénoms et qualités.	LIEUX et dates.	ANALYSE des faits.	RÉCOMPENSES décernées.	
			MÉDAILLES en or. en argent.	MENTIONS honorables. — LITRES de félicitations.
18 août 1887 (suite).				
LOIRE (suite).				
RONDET (Michel), secrétaire du syndicat des mineurs. CIZINSKI (Marcel), Géomètre de la Com- pagnie de Beaubrun. CHARRIÈRE (Martin), gouverneur à la Com- pagnie de Beaubrun. BLANCHER (Charles), charpentier à la Com- pagnie de Beaubrun. EYRAUD (Antoine), aide-charpentier à la Comp. de Beaubrun. RODIER (Joseph), maréchal-ferrant à la Comp. de Beaubrun. DUPUY (Jean), aide- maréchal-ferrant à la Comp. de Beaubrun. MANET (Michel), char- pentier à la Compagnie de Beaubrun. VACHER (Etienne), représentant de com- merce, ancien mineur. CHOSSON, ingénieur en chef des mines. GONTHIER, ingénieur en chef des mines. PRIMAT, ingénieur ordinaire des mines. TAUZIN, ingénieur ordinaire des mines. MAIREY, garde-mines. GROET, garde-mines. BLOND, rommissaire central à Saint-Etienne.	Concession houillère de Beaubrun. Explosion de grisou du 1 ^{er} mars 1887 (suite).	On fait preuve de dévouement dans la même circonstance.		Mention honorable. Id. Id. Id. Id. Id. Id. Id. Id. Id. Id. Lettre de félicitations. Id. Id. Id. Id. Id.

NOMS, prénoms et qualités.	LIEUX et dates.	ANALYSE des faits.	RÉCOMPENSES décernées.	
			MÉDAILLES en or.	MÉDAILLES en argent.
18 août 1887 (suite).				
SAÔNE-ET-LOIRE.				
			classes.	
DAROUX (Jean), ouvrier mineur à la Compagnie de Blanzv.	Mines de Blanzv (1863-1886).	S'est dévoué dans plusieurs circonstances pour porter secours à des ouvriers en danger de périr.		2 ^e

PRODUCTION DE L'OR DANS LA GUYANE FRANÇAISE EN 1885.

La découverte de l'or dans la Guyane française date de l'année 1835 : un indien, réfugié brésilien, reconnut le premier l'existence de riches gisements aurifères dans le bassin du fleuve Approuague; plus tard, d'autres gisements furent découverts dans les bassins de la Comté, de l'Orapu, du Kourou, du Sinnamary, de la Nana, du Maroni et de l'Oyapock.

L'industrie minière est allée en progressant jusqu'en 1879, où la production de l'or a atteint son maximum, avec le chiffre officiel de 2.174 kilogrammes, chiffre sans doute bien au-dessous de la réalité, à cause de l'or exporté en fraude; depuis cette époque, la production annuelle a diminué peu à peu; en 1885, elle n'a été que de 1.664 kilogrammes.

Le nombre de permis délivrés a été de 369, correspondant à une superficie totale de 800.000 hectares; sur ce nombre une quarantaine de concessions ont été seules mises en exploitation.

Les travaux n'ont porté jusqu'à présent que sur les gîtes d'alluvion, qui tendent à s'épuiser assez rapidement. Mais il reste en Guyane de vastes territoires encore inexplorés dans lesquels il existerait, d'après certaines suppositions, de nouveaux gisements, peut-être plus riches que ceux qu'on connaît actuelle-

ment; toutefois la difficulté des communications et l'éloignement de ces régions en ont empêché jusqu'ici l'exploration.

Un fait récent semble, en effet, confirmer l'existence de gisements aurifères exploitables dans les portions encore inconnues du pays, c'est la découverte, faite il y a peu de mois, de riches alluvions dans le bassin du Maroni, entre les rivières Awa et Tapanahorci; malheureusement la possession de la zone dans laquelle elles se trouvent fait l'objet d'une contestation entre la France et la Hollande.

Quant aux filons de quartz aurifères, qui paraissent très nombreux dans la Guyane, l'exploitation n'en pourra être entreprise que lorsqu'on aura résolu d'une manière satisfaisante la question du traitement de leurs minerais.

(Extrait d'un rapport adressé à M. le ministre de la marine et des colonies par M. le directeur de l'intérieur à Cayenne.)

STATISTIQUE DE LA PRODUCTION DES PHOSPHATES DE CHAUX EN FRANCE ET EN ALGÉRIE EN 1886.

En raison des avantages considérables que présente pour l'agriculture l'emploi des amendements à base de phosphate de chaux, le département des travaux publics a fait procéder par le service des mines à une enquête détaillée sur les gisements naturels de phosphate de chaux et sur les scories de déphosphoration de la fonte.

Les résultats de cette enquête sont consignés dans les tableaux suivants, qui donnent la production des phosphates de chaux, en 1886, dans les départements où cette substance a été exploitée ou obtenue, et contiennent en outre divers renseignements concernant la situation géologique et l'étendue présumée des gisements, le nombre et l'épaisseur des couches reconnues, etc., etc.

EXPLOITATION DES PHOSPHATES CHAUX PENDANT L'ANNÉE 1886

NOTA. — Les chiffres indiquent aux carrières inactives.

DÉPARTEMENTS et COMMUNES où se trouvent les gisements	SITUATION géologique des GISEMENTS de phosphate	ÉTENDUE approximative et présumée des gisements	NOMBRE et ÉPAISSEUR des couches reconnues	QUANTITÉ présumée de phosphate existant dans les gisements	NOMBRE des carrières	MODE d'ex- traction — P. Puits. G. Gai- ries. C. Ciel ouvert	PROFONDEUR MAXIMUM des travaux			TENEUR p. 100 de la substance desséchée à 120° en					PRODUITS									
							à l'intérieur			Couleur	acide phos- pho- rique	acide carbo- nique	chaux	oxyde de fer et alu- mine	autres élé- ments	BRUTS (a)			PRÉPARÉS					
							à l'extérieur	Poids	Prix moyen sur place							Valeur	Mode de prépara- tion	Poids	Prix moyen sur place	Valeur				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Ardèche.	Grès vert (étage albien).	hect.	mètres 2 de 0,10 à 0,70. 1 de 1,50 inex- ploitable.	tonnes	5	G. O.	mètr.	18	5	Jan- naître.	20,59	2,20	27,16	»	50,05	»	»	»	»	»	Débon- nage, cribage.	482	22,23	10.716
Viviers																								

DESTINATION PRINCIPALE. — Avignon.

Ardennes 1.		20	12.000	12	O.	»	32	410	17	6.970	Séchage et mouture.	3.500	27,25	95.300	
Saulces-Montelin	40														
Machéroménil	4	1 de 0,15 à 0,18.	6.000	2	O.	»	6	} 410 17 6.970	} 410 17 6.970	} 410 17 6.970	} Idem.	} 95	} 25,00	} 2.375	
Vaux-Montreuil	4	1 de 0,15 à 0,18.	3.000	7	O.	»	18								
Les Chesnois	4	1 de 0,15 à 0,18.	3.000	2	O.	»	10								
Wignicourt	3	1 de 0,15 à 0,20.	2.000	2	O.	»	4								
Écordal	10	1 de 0,10 à 0,18.	8.000	4	O.	»	10								
Saint-Loup	15	1 de 0,10 à 0,18.	12.000	6	O.	»	15								
Guincourt	20	1 de 0,15 à 0,20.	20.000	4	P.	»	4								
Sorcy-Bauthémont	5	1 de 0,15 à 0,20.	2.500	5	P. O.	»	4								
Grandpré	35	1 de 0,10 à 0,18.	17.500	20	O.	»	75								
Terués	1	1 de 0,10 à 0,18.	500	1	O.	»	2								
Landres	20	1 de 0,10 à 0,18.	13.000	16	O.	»	35								
Champiennelle	10	1 de 0,09 à 0,10.	5.700	10	O.	»	26								
Saint-Javin	15	1 de 0,09 à 0,10.	7.800	3	O.	»	7								
Exermont	10	1 de 0,06 à 0,07.	7.250	7	O.	»	20								
Sommerance	10	1 de 0,06 à 0,07.	4.000	3	O.	»	6								
Remouville	10	1 de 0,06 à 0,07.	6.500	7	O.	»	16								
Fossé	1	1 de 0,06 à 0,07.	650	4	O.	»	5								
Chevières	10	1 de 0,06 à 0,07.	5.200	1	O.	»	2								
Cornay	20	1 de 0,08 à 0,10.	9.000	7	O.	»	22								
Châtel-Chéhéry	10	1 de 0,10 à 0,15.	7.500	7	O.	»	20								
Imécourt	12	1 de 0,10 à 0,15.	8.400	10	O.	»	35								
Totaux	255		161.500	140			10	368	410	17	6.970	Idem.	8.600	26,82	230.900

PRINCIPAUX LIEUX DE DESTINATION. — Le département, Bretagne et Belgique.

1 La profondeur des carrières à ciel ouvert ne dépasse pas 3 mètres.

Il n'est pas question ci-dessus des exploitations de nodules de la Gaise qui sont actuellement abandonnées.

(a) Produits expédiés tels qu'ils sortent de la carrière ou restés invendus, et ne faisant pas double compte avec les produits préparés.

DÉPARTEMENTS et COMMUNES où se trouvent les gisements	SITUATION géologique des GISEMENTS de phosphate	ÉTEN- DUE approx- imative et pré- sumée des gise- ments	NOMBRE et ÉPAISSEUR des couches reconnues	QUANTITÉ de phosphate existant dans les gisements	NOMBRE des car- rières	MODE d'ex- traction P. Puits. G. Gale- ries O Ciel ouvert	PROFONDEUR MAXIMUM des travaux		NOMBRE des ouvriers	RISIQUE des travaux	TENEUR p. 100 de la substance desséchée à 120° en						PRODUITS							
							à l'intérieur	à l'extérieur			acide phos- pho- rique	acide carbo- nique	chaux	oxyde de fer et alu- mine	autres élé- ments	BRUTS (a)			PRÉPARÉS					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Aveyron.																								
Naussac 1.	Poches et filons tertiaires dans les calcaires jurassiques.	hect.	mètres	tonnes	4	"	métr.	"	"	à l'intérieur	à l'extérieur	Blanc violacé.	20,61	8,80	35,59	17	18	tonn.	fr.	fr.	"	tonn.	fr.	fr.
Salles-Courbatiers 2.		1,5	Poches verticales très irréguli- ères et de profondeur indéter- minée	30.000	11	O. P.	50	10	10	à l'intérieur	à l'extérieur	"	"	"	"	"	"	"	"	"	Mouture.	2.400	30	72.000
Villeneuve		1,0	"	20.000	9	O. P.	50	8	6	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	Idem.	1.500	30	45.000
La Capelle-Balagnier 3.		"	"	"	2	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Totaux.		2,5		50.000	20			7		18	16											3.900	30	117.000

PRINCIPAUX LIEUX DE DESTINATION. — Bordeaux, Marseille, Toulouse, Agen, Plateau central.

1 Carrières inactives qui occupaient 36 ouvriers au temps de leur exploitation.

Une de ces carrières est inactive. Elle paraît cependant avoir une certaine importance, puisqu'elle occupait 10 ouvriers au moment de la cessation des travaux.

2 Carrières inactives. — 10 ouvriers y étaient employés au temps où elles étaient en activité.

Cher 1.																								
Vailly, Sury, Assigny, Thou, Jars et Menne- ton-Ratel.	Couche à la partie supérieure du Gault (étage abien).	Affleure- ment sur 129 ^m	1 de 0,25	650.000	Variable	O.	3,5	"	62	"	"	Gris et noir.	38,50					"	"	"	Criblage, lavage.	2.900	55	159.500

PRINCIPAUX LIEUX DE DESTINATION. — Le département, Nièvre, etc.

1 La mouture des phosphates a lieu dans une usine sise à Cosne (Nièvre).

Côte-d'Or.																								
Chazilly.	1 Lias inférieur.	5.000	1 couche de 0,12	1.500.000	2	O.	2	"	5	à l'intérieur	à l'extérieur	Blanc jau- nâtre.	29	2,60	38	10,40	20	"	"	"	Lavage, broyage, séchage, criblage.	3.240	65	210.600
Créancey					3	O.	"	7																
Cussy-le-Châtel.					2	O.	"	5																
Essey.					6	O.	"	15																
Macouges.					3	O.	"	7																
Meilly.					4	O.	"	9																
Painblanc.					2	O.	"	5																
Rouvres-sur-Meilly					3	O.	"	6																
Thoisly-le-Désert.	3	O.	"	7																				
Vandenesse.	4	O.	"	8																				
A reporter.				32					74															

PRINCIPAUX LIEUX DE DESTINATION. — Paris, Dijon, Saint-Denis, Orléans, Suisse, Italie.

1 Communes situées dans l'arrondissement de Beaune.

2 La profondeur des carrières dans tout le département ne dépasse pas 2 mètres.

(a) Produits expédiés tels qu'ils sortent de la carrière ou restés invendus, et ne faisant pas double emploi avec les produits préparés.

DÉPARTEMENTS et COMMUNES où se trouvent les gisements	SITUATION géologique des GISEMENTS de phosphate	ÉTEN- DUE approx- imative et pré- sumée des gise- ments	NOMBRE et ÉPAISSEUR des couches reconnues	QUANTITÉ de phosphate existant dans les gisements	NOMBRE des car- rières	MODE d'ex- traction P. Puits. G. Gale- ries. O. Ciel ouvert	PROFONDEUR MAXIMUM des travaux		NOMBRE des OUVRIERS
							à l'intérieur	à l'extérieur	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gard (suite).	<i>Reports.</i>	hect. 6,1	mètres	tonnes 40.000	6	.....	mètr.	170	112
St-Julien-de-Peyrolas.	Étage albién.	30	1 de 0,10	3.500	1	P. G. O.	.....	15	5
Salazac.		11		4.500	1	P. G. O.	5
Totaux.		47,1	.....	48.000	8	.....	.....	190	117

DESTINATION PRINCIPALE. — Le Midi de la France.

Lot.	SITUATION	ÉTENDUE	NOMBRE	QUANTITÉ	NOMBRE	MODE	PROFONDEUR	NOMBRE
Indre¹.	Couche à la base du lias moyen.	Affleure- ment sur 82 ^{km} .	1 de 0,25	400.000	Variable	O.	3,5	75
Malicornay, Chavin, Le Menoux, Cauumont, Celon, Bazaiges, Maillet, Gournay, Cluis, Neuvy-S'-Sépulcre.								

PRINCIPAUX LIEUX DE DESTINATION. — Le département, Creuse, Haute-Vienne, etc.

Lot.	SITUATION	ÉTENDUE	NOMBRE	QUANTITÉ	NOMBRE	MODE	PROFONDEUR	NOMBRE						
Puyjourdes ¹ .	Poches et filons tertiaires dans les calcaires jurassiques.	0,5	.....	10.000	1 5	O. P.	70	10						
Saint-Jean-de-Laur ² .									2	100.000	3	O. P. G.	20	15
Bach ³ .									4	300.000	6 2	O. P. G.	15	10
Escamps ⁴ .									3	200.000	8 3	O. P. G.	25	15
Beaugard ⁵ .									1	20.000	1 1	O. P.	50	10
Larnagol ⁶ .									3,5	300.000	4 6	O. P. G.	20	15
Cajarc.									3	300.000	5	O. P. G.	25	15
<i>A reporter.</i>	17,0	.....	28 19	.....	125	81								

PRINCIPAUX LIEUX DE DESTINATION. — Marseille, Bordeaux, Toulouse, Agen, Plateau central.

¹ 5 de ces carrières sont inactives. Au moment de leur exploitation elles occupaient 70 ouvriers.
² 2 de ces carrières sont actuellement en chômage. Elles employaient auparavant 105 ouvriers.

(a) Produits expédiés tels qu'ils sortent de la carrière ou restés invendus, et ne faisant pas double emploi.

SITUATION	Couleur	TENEUR p. 100 de la substance desséchée à 120° en					PRODUITS						
		acide phos- pho- rique	acide carbo- nique	chaux	oxyde de fer et alu- mine	autres élé- ments	BRUTS (a)			PRÉPARÉS			
							Poids	Prix moyen sur place	Valeur	Mode de prépara- tion	Poids	Prix moyen sur place	Valeur
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Jaune à la surface variée à l'intérieur.	22	2,18	42	4,23	29,59	»	»	»	Trituration.	12.607	373	38,00	949.447
Blanc violacé.	21	1,95	37	3,03	37,02	»	»	»		117	38,00	4.446	968.067
Totaux.										13.097	73,92		968.067

SITUATION	Couleur	acide phosphorique	acide carbonique	chaux	oxyde de fer et alumine	autres éléments	Poids	Prix moyen sur place	Valeur	Mode de préparation	Poids	Prix moyen sur place	Valeur
Grise et jaunâtre.	21,50 à 27,50	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	Criblage, lavage.	3.000	55	165.000
Totaux.													

La mouture des phosphates a lieu dans une usine, près Argenton (Indre).

SITUATION	Couleur	acide phosphorique	acide carbonique	chaux	oxyde de fer et alumine	autres éléments	Poids	Prix moyen sur place	Valeur	Mode de préparation	Poids	Prix moyen sur place	Valeur
Blanc violacé.	20,61	11	38,39	16	14	.....	.....	.....	Mouture.	1.800	32	57.600
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....		4.000	32	128.000
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....		3.000	34	102.000
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....		4.500	34	153.000
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....		1.800	34	61.200
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....		4.200	32	134.400
Totaux.									4.800	32	153.600	789.800	

¹ 2 de ces carrières sont inactives; 139 ouvriers y étaient employés avant la cessation des travaux.
² 3 de ces carrières sont en chômage. Leur personnel, au moment de l'exploitation, s'élevait à plus de 300 ouvriers.
³ 1 de ces carrières est inactive.
⁴ 6 de ces carrières sont en chômage. Au temps de leur exploitation elles occupaient environ 370 ouvriers.

les produits préparés.

DÉPARTEMENTS et COMMUNES où se trouvent les gisements	SITUATION géologique des GISEMENTS de phosphate	ÉTEN- DUE approxi- mative et pré- sumée des gisements	NOMBRE et ÉPAISSEUR des couches reconnues	QUANTITÉ présumée de phosphate existant dans les gisements	NOMBRE des car- rières	MODE d'ex- traction P. Puits. G. Gale- ries. O. Ciel ouvert	NOMBRE des OUVRIERS			TENEUR p. 100 de la substance desséchée à 120° en					PRODUITS										
							PROFONDEUR MAXIMUM des travaux		à l'intérieur	Couleur	acide phos- pho- rique	acide carbo- nique	chaux	oxyde de fer et alu- mine	autres élé- ments	BRUTS (a)			PRÉPARÉS						
							à l'extérieur	à l'intérieur								Poids	Prix moyen sur place	Valeur	Mode de prépara- tion	Poids	Prix moyen sur place	Valeur			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Lot (suite).	<i>Reports.</i>	hect. 17,0	mètres 0,5	tonnes 1.230.000	28 19 1	O. P.	métr.	125	8									tonn.	fr.	fr.		tonn.	fr.	fr.	
S ^t -Martin-Labouval ¹	Poches et filons tertiaires dans des calcaires jurassiques.	0,5	Poches verticales très irrégu- lières et de profondeur indéter- minée.	10.000	1	O. P.	50	10													Mouture.	1.800	32,00	57.600	
Lugagnac, Concots, Bé- duer, Vayats, Sail- lac, Blars, S ^t Sulpice, Cabrerets, Carayac, Gréacou, Marcillac, S ^t - Chels ²					31							Blanc violacé.	20,61	11	38,39	16	14								
Totaux.		17,5		1.240.000	29 51			135	8													25.900	32,72	847.400	

PRINCIPAUX LIEUX DE DESTINATION. — Marseille, Bordeaux, Toulouse, Agen, Plateau central. 1 de ces carrières est inactive. Carrières en chômage.

Marne ¹ .		NOMBRE des couches	ÉPAISSEUR	QUANTITÉ	NOMBRE des car- rières	MODE d'ex- traction	PROFONDEUR MAXIMUM des travaux	NOMBRE des OUVRIERS	TENEUR p. 100	PRODUITS
Communes	Situation									
Braux-Saint-Remy . . .	Gaize, 45 à 20 ^m au-dessus des argiles	5	1 couche de 0,35 à 0,40.	4.500	»	O.	»	»	»	»
Elize	20	9.000								
Argers	20	18.000								
Dammartin-la-Plaine . . .	4	3.600								
Chaudfontaine	20	18.000								
Sainte-Mencheould	3	2.700								
Totaux.	62		55.800							

1 Carrières inexploitées depuis quelques années.

Meuse ¹ .		NOMBRE des couches	ÉPAISSEUR	QUANTITÉ	NOMBRE des car- rières	MODE d'ex- traction	PROFONDEUR MAXIMUM des travaux	NOMBRE des OUVRIERS	TENEUR p. 100	PRODUITS										
Communes	Situation																			
Varennes	Sables verts (étage albien).	620	1 de 0,15 à 0,30.	992.000	8	P. G. O.	13	6	16 à 22	8 à 15	21 à 31	5 à 15	28 à 40	15,812	17,24	272.660	Lavage, mouture.	51.829	31,31	1.623.024
Cheppy		100	1 de 0,15 à 0,18.	150.000	21	P. G. O.	8	14												
Clermont		625	1 de 0,17 à 0,18.	937.000	44	P. G. O.	10	66												
Aubréville		1.050	1 de 0,15 à 0,17.	1.470.000	9	P. G. O.	6	6												
Avocourt		500	1 de 0,15.	700.000	2	O.	»	»												
Neuvilly		1.200	1 de 0,15 à 0,17.	1.680.000	5	O.	»	»												
<i>A reporter.</i>	4.095		5.929.000	89			92	139												

PRINCIPAUX LIEUX DE DESTINATION. — Bretagne, Vendée et départements limitrophes.

1 Les carrières à ciel ouvert sont peu profondes; dès que les terres de recouvrement dépassent 2^m,60, les exploitants ont avantage à attaquer la couche par puits.

(a) Produits expédiés tels qu'ils sortent de la carrière ou restés invendus, et ne faisant pas double emploi avec les produits préparés.

DÉPARTEMENTS et COMMUNES ou se trouvent les gisements	SITUATION géologique des GISEMENTS de phosphate	ÉTEN- DUE approxi- mative et pré- sumée des gisements	NOMBRE et ÉPAISSEUR des couches reconnues	QUANTITÉ présumée de phosphate existant dans les gisements	NOMBRE des car- rières	MODE d'ex- traction P. puits. G. Gale- ries. O. Ciel ouvert	PROFONDEUR MAXIMUM des travaux	NOMBRE des OUVERTURES	
								à l'intérieur	à l'extérieur
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Meuse (suite).									
	<i>Reports.</i>	hect.	mètres	tonnes			métr.		
Véry		4,095	1 de 0,18.	5.929.000	89	O.	92	118	
Lisle-en-Barrois		200	1 de 0,15	300.000	18	O.	18	20	
Villoite		875	1 de 0,15	1.225.000	8	P. G.	6	8	
Les Islettes		1.000	à 0,18.	1.500.000	53	P. G.	16	143	
Triancourt		1.420	1 de 0,17	1.988.000	18	P. G.	6	31	
Lavoie		1.950	1 de 0,15	2.730.000	17	P. G. O.	5	12	
Lahécourt		400	à 0,18.	200.000	14	P. G.	6	16	
Froidos		2.500	1 de 0,15.	3.125.000	10	P. G.	7	15	
Gouzaunelles		2.800	1 de 0,15.	350.000	7	P. G.	5	9	
Audernay	Sables verts (étage albien).	100	1 de 0,10.	80.000	4	O.	5	10	
Auzéville		250	1 de 0,18.	350.000	5	O.	5	5	
Montzéville et Esnes		400		560.000	22	P. G. O.	8	25	
Béthelainville		625	1 de 0,17.	875.000	14	O.	7	6	
Dombasle		170		238.000	8	P. O.	7	6	
Bautheville		80		112.000	10	O.	10	13	
Gunel		4	1 de 0,10.	200.000	10	O.	10	13	
Montblainville		5	1 de 0,17.	200.000	3	O.	3	3	
Vauquois		180	1 de 0,12.	215.000	2	O.	2	2	
Wally		700	1 de 0,15.	875.000	4	O.	4	4	
Louppy-le-Château		650	1 de 0,17.	910.000	3	P. G.	6	4	
Autrecourt		950	1 de 0,18.	1.330.000	1	P. G.	4	1	
Rarécourt		200	1 de 0,17.	280.000	4	P. G. O.	5	6	
Totaux		800		1.120.000	8	P. G.	6	14	13
Totaux		20.354		24.196.000	332			352	432

PRINCIPAUX LIEUX DE DESTINATION. — Bretagne, Vendée et départements Limitrophes.

Nord.									
			Poches de 0,50 à 10m de profond.						
Quiévy 1.	Craie supér. (étage sénonien).	25		30.000	1	O.	10	30	
Briastre 2.		120		124.000	2	O.	10	30	
Totaux		145		154.000	1			30	

PRINCIPAUX LIEUX DE DESTINATION. — Seine principalement, le département, Pas-de-Calais, Aisne, Seine-Inférieure.

Oise 1.									
	Craie supér. (sénonien) avec amas riches sous le miocène.		1 couche de 0 à 16m						
Hardivillers		40		300.000	»	O.	4	»	»

1 Les travaux d'exploitation ont commencé seulement en 1887.

(a) Produits expédiés tels qu'ils sortent de la carrière ou restés invendus, et ne faisant pas double emploi.

COULEUR	TENEUR p. 100 de la substance desséchée à 120° en						PRODUITS					
	acide phos- pho- rique	acide carbo- nique	chaux	oxyde de fer et alu- mine	autres élé- ments	BRUTS (a)			PRÉPARÉS			
						Poids	Prix moyen sur place	Valeur	Mode de prépa- ration	Poids	Prix moyen sur place	Valeur
						19	20	21	22	23	24	25
tonn.	fr.	fr.	tonn.	fr.	fr.							
Gris vert.	16 à 22	8 à 15	21 à 31	5 à 15	28 à 40	15.812	17,24	272.660	Lavage, mouture.	51.829	31,31	1.623.024
Totaux						15.812	17,24	272.660		51.829	31,31	1.623.024

Gris ver- dâtre.	15,08	4,03	22,95	11,06	46,88	1.000	40,00	40.000	»	»	»
Totaux						1.000	40,00	40.000			

Le minerai indiqué est du phosphate mis en briques et séché. On s'occupe de monter les appareils pour la fabrication des briques, mais non exploitées en 1886.

Jau- nâtre	29	3	49	4	15	»	»	»	»	»	»
---------------	----	---	----	---	----	---	---	---	---	---	---

DÉPARTEMENTS et COMMUNES où se trouvent les gisements	SITUATION géologique des gisements de phosphate	ÉTENDUE approximative et présumée des gisements	NOMBRE et ÉPAISSEUR des couches reconnues	QUANTITÉ présumée de phosphate existant dans les gisements	NOMBRE des car- rières	MODE d'ex- traction P. Puits. G. Gale- ries. O. Ciel ouvert	PROFONDEUR MAXIMUM des travaux	NOMBRE des OUVRIERS		CATEGORIE	COULEUR	TENEUR p. 100 de la substance desséchée à 120° en					PRODUITS																						
								à l'intérieur	à l'extérieur			acide phos- pho- rique	acide carbo- nique	chaux	oxyde de fer et alu- mine	autres	BRUTS (a)			PRÉPARÉS																			
																	Poids	Prix moyen sur place	Valeur	Mode de prépara- tion	Poids	Prix moyen sur place	Valeur																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25															
Pas-de-Calais.		hect.	mètres	tonnes			mètr.											tonn.	fr.	fr.		tonn.	fr.	fr.															
Wissant	Base de l'argile du Gault (étage albien) (A).	2 600,0	1 couche de 0,14 en moyenne	3 440.000	3	O.	4	»	»	Bleuâtre	20,00	10,00	30,00	5,00	35,00	»	»	»	Lavage et mouture.	126	1 33	4.158	126	1 33	4.158														
Landrethun					6	O.	4	»	»											»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
Réty					25	P. O.	18	23	»											»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Hardinghen					15	P. O.	12	15	»											»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Boursin					2	O.	5	»	»											»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Golembert					2	O.	»	»	»											»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Nabringhem					8	P. O.	17	10	»											»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Longueville					4	P. O.	6	4	»											»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Monneville					1	O.	»	»	»											»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Saint-Martin-Choquel					3	O.	3	»	»											»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Samer					1	O.	»	»	»											»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Veil-Moutier					2	O.	»	»	»											»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Quesques					2	O.	3	»	»											»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Lottinghem					5	O.	»	12	»											»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Robertegues	1	O.	4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»														
Surques	1	O.	6	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»														
Pernes-en-Artois	Crtaie glauconieuse (base du cénomannien reposant sur l'argile du Gault) Albien	(B) 50,0	1 couche de 0,40	300.000	4	O.	6	»	»	Verte.	20 à 30	6,50	45,00	3 à 4	»	»	»	»	»	»	Lavage, séchage et mouture im- palpable.	10.600	50	530.000															
Merck-Saint-Liévin	Base de l'argile du Gault) Albien	(B) 0,5	2 couches. Albien 8 à 12.	2.000	1	O.	4	»	»	Idem.	25,64	»	»	»	»	»	»	»	»	Idem.	80	50	4.000																
Audinethun	Base du cénomannien reposant sur le Gault.	(B) 5,5	»	21.100	6	O.	6	»	»	Idem.	25,50 à 28	»	»	»	»	»	»	»	»	Idem.	1.293	50	64.650																
Dennebrœucq	»	2,0	15 à 20.	7.500	2	O.	5	»	»	Idem.	25,59	7,00	39,10	8,02	20,29	»	»	»	»	Idem.	400	50	20.000																
Reclingham	»	2,0	»	7.500	2	O.	5	»	»	Idem.	25,59	7,00	39,10	8,02	20,29	»	»	»	»	Idem.	233	50	11.650																
Orville	Crtaie supérieure (senonien) avec amas riches sous le miocène.	(C) 50,0	Poches irrégulières de 1 à 15 ^m de profondeur	530.000	15	O.	15	3	325	Jaune clair.	20 à 37	3 à 4	50,00	1,5 à 4	»	»	»	»	»	»	Séchage et mouture.	30.000	45	1.350.000															
A reporter		710,0		1.308.100	96			64	475													29.576	40,33	1.190.310															
					15			3	825													30.000	45,00	1.350.000															

PRINCIPAUX LIEUX DE DESTINATION. (A) Bretagne principalement, Nord, Pas-de-Calais, Aisne, Somme, Angleterre, Portugal. (B) Nord, Pas-de-Calais, Aisne, Oise, Somme, Seine-et-Oise, Marne, Seine, Calvados. (C) France, Angleterre, Allemagne.

Prix des phosphates rendus en gare de Boulogne. L'étendue reconnue s'élève seulement à 77 hectares environ. La quantité constatée jusqu'ici ne s'élève qu'à 43.000 tonnes. Les chiffres gras ci-dessus s'appliquent à l'année 1887.

(a) Produits expédiés tels qu'ils sortent de la carrière ou restés invendus, et ne faisant pas double emploi avec les produits préparés.

DÉPARTEMENTS et COMMUNES où se trouvent les gisements	SITUATION géologique des GISEMENTS de phosphate	ÉTENDUE approximative et présumée des gisements	NOMBRE et ÉPAISSEUR des couches reconnues	QUANTITÉ présumée de phosphate existant dans les gisements	NOMBRE des carrières	MODE d'extraction P. Puits. G. Galeries. O. Ciel ouvert	PROFONDEUR MAXIMUM des travaux	NOMBRE des OUVRIERS	
								à l'intérieur	à l'extérieur
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pas-de-Calais (suite).		hect.	mètres	tonnes			mètr.		
	<i>Reports.</i>	710	.....	1.308.100	96	.....	64	476	
Aumerval.....	Craie	20	.....	50.000	15	.....	3	325	
Baillet-les-Pernes.....	glauconieuse	15	.....	30.000	»	.....	»	»
Nedonchelle.....	(base	20	1 couche	50.000	»	.....	»	»
Febvin-Palfart.....	du cénonanien	95	de 0,15	200.000	»	0.	6	»	
Fléchin.....	reposant sur l'argile du Gault).								
Totaux.		860	.....	1.638.100	96	.....	64	476	

SITUATION	TENEUR p. 100 de la substance desséchée à 120° en						PRODUITS					
	Couleur	acide phosphorique	acide carbo- nique	Chaux	oxyde de fer et alu- mine	autres élé- ments	BRUTS (a)			PRÉPARÉS		
							Poids	Prix moyen sur place	Valeur	Mode de prépara- tion	Poids	Prix moyen sur place	Valeur
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Verte.	20 à 30	6,50	45,00	3 à 4	.....	»	»	»	.....	tonn.	fr.	fr.
	20,97	6,40	44,46	3,72	24,45	»	»	»	.....	29.576	40,33	1.190.310
									.....	30.000	45,00	1.350.000
									.....	29.576	40,33	1.190.310
									.....	30.000	45,00	1.350.000

Saône (Haute-) ¹ .																									
Vitrey-Saint-Marcel.....	Couches supérieures du lias inférieur.	350	1 de 0,10 à 0,20.	2 70.000	1	0.	3,0	»	10																
Montigny-les-Cherlieu.....										120	1 de 0,10 à 0,18.	18.000	2	0.	2,8	»	8								
Pusy.....																		300	1 de 0,15 à 0,20.	60.000	1	0.	2,5	»	4
Auxon.....																									
Villeminfroy.....	7	.....	.....	.....	.....	.....	.....	46											
Pomoy-Mollans.....									2.270	328.000									
Vy-les-Lure, Les Aynans, La Villeneuve, Conflans-sur-Lanterne, etc.....																	
Totaux.																								

PRINCIPAUX LIEUX DE DESTINATION. — Le département, Paris, Allemagne, Suisse, Italie.

¹ Les analyses ne sont qu'approximatives en ce qui concerne les substances autres que l'acide phosphorique.

Somme.									
Beauval.....	Craie supérieure (senonien) avec amas riches sous le miocène.	200	1 couche de 0,18	500.000	15	0.	12	»	200
Hallencourt et communes voisines ¹									
Totaux.	250	750.000	15	.....	12	.....	200	.....	.....

PRINCIPAUX LIEUX DE DESTINATION. — France, Angleterre, Allemagne, Belgique, Italie, Espagne.

(a) Produits expédiés tels qu'ils sortent de la carrière ou restés invendus, et ne faisant pas double emploi avec les produits préparés.

Pas d'extraction en 1886.

SITUATION	Couleur	acide phosphorique	acide carbo- nique	Chaux	oxyde de fer et alu- mine	autres élé- ments	Poids	Prix moyen sur place	Valeur	Mode de prépara- tion	Poids	Prix moyen sur place	Valeur
Jaune blanchâtre.	31,20	6,50	45,20	5,60	11,50	»	»	»	Mouture, Idem. et super- phospho- ration.	100	150	15.000	
	29,50	9,50	47,50	3,50	11,50	180	26	4.680	Mouture.	52	56	2.912	
	32,50	6,68	47,00	2,35	11,57	»	»	»	Idem.	60	56	3.360	
						»	»	»	.....	50	58	2.900
						»	»	»	.....	525	58	30.450
						»	»	»	»	»	»	
						180	26	4.680	.....	2.707	61,26	165.982

¹ Chiffres approximatifs s'appliquant aux quantités exploitables à ciel ouvert.

² Carrières inexploitées.

SITUATION	Couleur	acide phosphorique	acide carbo- nique	Chaux	oxyde de fer et alu- mine	autres élé- ments	Poids	Prix moyen sur place	Valeur	Mode de prépara- tion	Poids	Prix moyen sur place	Valeur
Très jaune.	Jaune.	37	2	54	1	6	»	»	»	Séchage, mouture.	5.000	70	350.000
	Jaunâtre.	29	3	49	4	15	»	»	»	.....	»	»	»
									.....	.....	5.000	70	350.000

¹ L'exploitation des carrières n'a commencé qu'en 1887.

avec les produits préparés.

DÉPARTEMENTS et COMMUNES où se trouvent les gisements	SITUATION géologique des GISEMENTS de phosphate	ÉTEN- DUE approxi- mative et pré- sumée des gise- ments	NOMBRE et ÉPAISSEUR des couches reconnues	QUANTITÉ présumée de phosphate existant dans les gisements	NOMBRE des car- rières	MODE d'ex- traction P. Puits. G. Gale- ries. O. Ciel ouvert	PROFONDEUR MAXIMUM des travaux		NOMBRE des OUVRIERS
							à l'intérieur	à l'extérieur	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tarn.	Poches et filons tertiaires dans les calcaires jurassiques.	hect.	Poches verticales très irrégulières et de profon- deur indéterminée	tonnes	8	P. G. O.	45	7	8
Penne.		0,3								30.000

PRINCIPAUX LIEUX DE DESTINATION. — Bordeaux, Marseille, Toulouse et autres villes du Midi.

Tarn-et-Garonne 1.										
Puy-la-Roque	Poches et filons tertiaires dans les calcaires jurassiques.	Poches verticales très irrégulières et de profon- deur indéterminée	1	30	3	1	41	8	8	
Mouillac										6
Caylux										3
Saint-Protet										1
Totaux.										

1 Carrières qui n'ont pas donné de produits en 1886. Leur importance peut être jugée par ce fait qu'elles occupaient environ 700 ouvriers au moment de la cessation des travaux. La plupart de ces carrières, que celles également en chômage dans les départements de l'Aveyron et du Lot, paraissent devoir

Vaucluse.										
Apt.	Grès vert (étage albin).	1	1 de 0,50 à 0,60.	1 de 1,50 à 3,00.	1 de 1,50 à 3,00.	8	O.	3	3	
Rustrel										3
Gignac										2
Totaux.										

PRINCIPAUX LIEUX DE DESTINATION. — France, Allemagne.

Vosges.									
Aingeville	Lias moyen.	1 60	1 de 0,50 à 0,25	1 30.000	4	O.	2	16	5
Dombasle . . . . .										2
A reporter.					6			21	

PRINCIPAUX LIEUX DE DESTINATION. — Angleterre, Suisse, Italie, Belgique, Bavière, Aube, Loiret, Oise, Sarthe.

(a) Produits expédiés tels qu'ils sortent de la carrière ou restés invendus, et ne faisant pas double emploi

COULEUR	TENEUR p. 100 de la substance desséchée à 120° en					PRODUITS						
	acide phos- pho- rique	acide carbo- nique	chaux	oxyde de fer et alu- mine	autres élé- ments	BRUTS (a)			PRÉPARÉS			
						Poids	Prix moyen sur place	Valeur	Mode de prépa- ration	Poids	Prix moyen sur place	Valeur
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Blanc violacé.	20,61	12,32	40,07	15	12	tonn.	fr.	fr.	Monture.	1 435	33	14.355

Les carrières de Penne n'ont pas donné de produits en 1886; les quantités vendues proviennent de stocks.

Blanc violacé.	20,61	11	38,39	16	14	»	»	»	»	»	»	»
-------------------	-------	----	-------	----	----	---	---	---	---	---	---	---

en activité dans le courant de l'année 1888, à la suite de la transformation des anciennes entreprises et de leur fusion en une seule, sous la dénomination de « Société des phosphates fran-

Blanc.	19 à 27	Lavage, trituration.	100	50	5.000
Gris.	19 à 20		300	35	10.500
Idem.	19 à 20		400	38,75	15.500

Les travaux d'aménagement ne sont pas assez développés pour permettre d'apprécier l'étendue et l'importance des couches.

Grise.	28	Pulvéri- sation.	70	30	2.100	400	35	14.000
			70	30	2.100	400	35	3.500
			140		4.200	500	35	17.500

Chiffres absolument incertains, pouvant seulement donner une idée de l'importance des gisements. La profondeur des carrières varie de 1^m,50 à 3 mètres.

Les produits préparés.

DÉPARTEMENTS et COMMUNES où se trouvent les gisements	SITUATION géologique des GISEMENTS de phosphate	ÉTEN- DUE approx- imative et pré- sumée des gisements	NOMBRE et ÉPAISSEUR des couches reconnues	QUANTITÉ présumée de phosphate existant dans les gisements	NOMBRE des car- rières	MODE d'ex- traction O. Puits. G. Gale- ries. O. Ciel ouvert	PROFONDEUR MAXIMUM des travaux		NOMBRE des OUVRIERS
							à l'extérieur	à l'intérieur	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vosges (suite).	<i>Reports.</i>	hect.	mètres	tonnes	6	mètr.			
Haguéville	Lias moyen.	1 60	1 de 0,30 1 de 0,25 Idem. Idem. 1 de 0,40	1 30.000	1	O.	2,3	3	21
Houécourt					2	O.	6,0	2	5
Oëlleville					2	O.	2	2	2
Totainville					3	O.	2	2	2
Urville					2	O.	2	2	2
Totaux	60		30.000	16				53	

PRINCIPAUX LIEUX DE DESTINATION. — Angleterre, Suisse, Italie, Belgique Bavière, Aube, Loiret, Oise, Somme

Yonne.									
Communes	Partie supé- rieure des sables de la Puisaye (grès verts) (sommet de l'étage albien).	Étage	Épaisseur	Quantité	Nombre	Mode	Profondeur	Nb Ouvriers	Totaux
Pourrain	6,0	1 de 0,20	24.000	1	O.	2,3	3	21	
Parly 1	"	"	"	3	P. O.	6,0	2	5	
Merry-la-Vallée et S ^t Martin-sur-Ocre 2	1,5	1 de 0,15	4.500	3	G.	2	2	2	
S ^t -Aubin-Châteauneuf 2	2,0	"	6.000	1	O.	0,4	2	2	
Totaux	9,5		34.500	8				4	10

PRINCIPAUX LIEUX DE DESTINATION. — Le département, Orléans, Paris.

1 Les gisements de Parly paraissent épuisés. Ils ont été abandonnés soit à la fin de 1886, soit au commencement de 1887.

Totaux généraux	29.628	32.435.900	796	124	866	2.294	3.160
---------------------------	--------	------------	-----	-----	-----	-------	-------

La production de la France en phosphate est notablement plus forte en 1887, par

ALGÉRIE.										
Communes	Étage	Épaisseur	Quantité	Nombre	Mode	Profondeur	Nb Ouvriers	Totaux	Notes	
Oran 1. Commune mixte de Né- droma	Étage tithonique.	100 ^m en drec- tion.	Une veine prin- cipale avec des ramifi- cations.	1.200	1	P. G. O.	22	8	25	
Totaux								33		

PRINCIPAUX LIEUX DE DESTINATION. — Agen, Londres, Hambourg.

(a) Produits expédiés tels qu'ils sortent de la carrière ou restés invendus, et ne faisant pas double emploi

COULEUR	TENEUR p. 100 de la substance desséchée à 120° en						PRODUITS					
	Gouleur	acide phos- pho- rique	acide carbo- nique	chaux	oxyde de fer et alu- mine	autres élé- ments	BRUTS (a)			PRÉPARÉS		
							Poids	Prix moyen sur place	Valeur	Mode de prépara- tion	Poids	Prix moyen sur place	Valeur
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
						tonn.	fr.	fr.		tonn.	fr.	fr.
						140	...	4.200	...	500	35	17.500
						"	"	"	Pulvéri- sation.	60	35	2.100
						"	"	"		300	35	10.500
Grise.	28					70	30	2.100		90	35	3.150
						70	30	2.100		250	35	8.750
						"	"	"	200	35	7.000	
						280	...	3.400	...	1.400	35	49.000

Chiffres absolument incertains, pouvant seulement donner une idée de l'importance des gisements.

COULEUR	Teneur	Poids	Prix moyen	Valeur	Mode	Poids	Prix moyen	Valeur
Blanc grisâtre	13,89 ou 17,80	2,63 ou 1,00	19,25 ou 23,51	10,23 ou 2,24	54,00 ou 35,45	"	"	"
					Criblage.	210	15	3.150
						540	15	8.100
						140	15	2.100
						50	15	750
						940	40,54	14.100

Exploitations abandonnées en 1887.
Idem en 1886.

Totaux	17.682	18,82	332.710	166.484	40,54	6.746.544
--------	--------	-------	---------	---------	-------	-----------

développement considérable qu'ont reçu les exploitations d'Orville et de Beauval.

COULEUR	Teneur	Poids	Prix moyen	Valeur	Mode	Poids	Prix moyen	Valeur
Blanchâtre avec flets colorés.	38,51	3,35	51,80	0,57	5,77	"	"	"
					Triage.	50	40	2.000

Les destinations indiquées sont les destinations habituelles, car aucune expédition n'a été faite en 1886.

des produits préparés.

NOMS DES DÉPARTEMENTS	NOMS DES COMMUNES où se trouvent les usines	QUANTITÉS de SCORIES de déphospho- ration produites	QUANTITÉS VENDES		PRIX MOYENS SUR PLACE		VALEUR TOTALE des quantités extraites	PRINCIPAUX LIEUX DE DESTINATION
			à l'état brut	en poudre	à l'état brut	en poudre		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Meurthe-et-Moselle 1.	Jœuf Mont-Saint-Martin	tonn. 20.000 10.000	tonn. 600 370	tonn. 1.800 1.630	fr. 3,50 3,50	fr. 4,50 4,50	fr. 10.200 8.630	France, Suisse.
Meuse.	Stenay Commercy 2 Denain 3	225 400 2.000	225 " " "	" " " " 4.225	4,50 " " " "	" " " " 10,00	1.012 " " 30.000	France. Hauts fourneaux de Denain.
Nord.	Trith-Saint-Léger 4	1.700	"	5.000	"	20,00	400.000	Bretagne. France.
Saône-et-Loire.	Le Creuzot 5	15.000	1.165	9.655	"	"	162.092	
	Totaux.	40.325	1.165	9.655				

1 Il n'y a pas eu de broyage sur place des scories. On les a vendues à l'état brut, telles qu'elles sortent du convertisseur, ou tamisées après être restées au contact de l'air et s'être défilées naturellement.
Les scories brutes tiennent 41 à 16 p. 100 d'acide phosphorique et 38 à 50 p. 100 de chaux. Les scories tamisées contiennent moins d'acide phosphorique et plus de chaux.

2 Les fontes phosphoreuses entrent pour moins d'un quart dans le charbonnement moyen du jour et la teneur des scories en acide phosphorique est assez faible pour qu'on les considère comme inutilisables.

3 La société de Denain utilise elle-même les scories qu'elle obtient dans la déphosphoration de l'acier Pernot. Leur teneur en acide phosphorique est de 12 à 16 p. 100, et celle du protoxyde de fer de 12 à 13.

4 Teneur des scories en acide phosphorique : 14 à 19 p. 100.
5 La teneur des scories en acide phosphorique est en moyenne de 15 à 16 p. 100.
La vente, peu active encore, paraît devoir prendre plus d'importance en 1887.

(Extrait du Journal officiel de la République Française du 27 décembre 1887.)

LES MINES DE CUIVRE D'ASHIWO (JAPON).

Les mines de cuivre d'Ashiwo, ainsi appelées du nom d'un gros bourg du voisinage, mais situées sur le territoire du village de Dôsan, se trouvent dans un massif montagneux, à trente lieues au nord de Tokio, d'où l'on peut y accéder assez facilement par chemin de fer. Elles n'emploient pas moins de 4.600 ouvriers, en comptant les bûcherons employés au déboisement des montagnes voisines pour fournir le combustible nécessaire au traitement du minerai; ce traitement se fait en effet au bois, la houille manquant dans la région et ne pouvant y parvenir qu'à un prix trop élevé; mais il est à craindre, les coupes se faisant presque sans règle et sans réserves pour l'avenir, que dans un délai peu éloigné les alentours immédiats de l'usine soient entièrement déboisés et que le transport du bois vienne à constituer une charge assez lourde.

Depuis peu d'années, les procédés européens se sont substitués, dans le traitement métallurgique, aux vieilles méthodes japonaises; toutefois un incendie ayant détruit il y a quelques mois toute la ville ouvrière et une grande partie des ateliers, on est revenu provisoirement aux anciens appareils, d'installation facile et peu coûteuse, dont les ouvriers n'avaient pas encore perdu le souvenir; on les a d'ailleurs combinés, dans certains cas, avec les engins de l'industrie moderne: c'est ainsi qu'ayant repris l'ancien procédé des tas pour la première opération métallurgique à faire subir au minerai, on a recours, pour fournir à ces tas l'oxygène nécessaire, à des ventilateurs actionnés par une forte locomobile.

Les mines d'Ashiwo sont exploitées depuis le commencement du XVII^e siècle, et, après avoir appartenu jusqu'à ces dernières années au gouvernement japonais, elles ont été vendues par lui et sont aujourd'hui la propriété d'un seul individu, possesseur en outre de plusieurs autres mines. Elles ont produit, en 1886, 4.150 tonnes de cuivre métallique, correspondant à un rendement moyen d'environ 4 p. 100. Le métal brut, coulé en gueuses, est transporté par chariots à la station de Mayebashi, située à 6 ou 7 lieues de Dôsan, et de là, par chemin de fer, à Tokio, où il est soumis à l'affinage dans une usine appartenant au même propriétaire.

Les 100 *kin* (*) de cuivre affiné se vendent à Tokio de 14 à 15 \$; en 1883, le prix en était monté à 27 \$, mais il est descendu à 13 \$ en 1886. La plus grande partie de ce métal est exportée en Chine; on en envoie aussi une quantité assez notable aux États-Unis et un peu en Europe.

Le minerai de Dôsan est légèrement argentifère; on en retire, sur un des points d'exploitation, 20 *mommé* (**) d'argent pour 100 *kin* de métal affiné, et sur l'autre 8 *mommé*, ce qui correspond à des teneurs de 1.250 grammes et 500 grammes d'argent par tonne de cuivre.

(Extrait d'un rapport adressé à M. le ministre des affaires étrangères par M. le consul de France à Yokohama).

(*) 1 *kin* = 0^{kil},60143.

(**) 1 *mommé* vaut à peu près 3^{er},75.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME DOUZIÈME.

MINÉRALOGIE. — GÉOLOGIE.

	Pages
Note sur le Rammelsberg (Bas-Harz); par M. L. Babu. . .	335
Note sur l'étude géométrique des croisements de filons; par M. L. Babu.	352
Examen de diverses substances cristallisées, préparées, mais non décrites par Ebelmen; par M. E. Mallard.	427
Note sur une disposition particulière du goniomètre de Wollaston; par M. E. Mallard.	460

MÉCANIQUE. — EXPLOITATION.

Grande-Bretagne. — Loi de 1887 sur les mines de houille; notice et traduction par M. L. Aquillon.	98
Note sur la société coopérative formée pour l'exploitation des carrières de Bourré; par M. Leseure.	173
Les régulateurs de vitesse; par M. Georges Marié.	193
Note sur l'emploi de l'air comprimé pour le percement des longs tunnels; par M. Daniel Colladon.	469

OBJETS DIVERS.

Notes sur le service du matériel et de la traction de quelques chemins de fer américains; par M. Ch. Baudry. . .	5
Notice sur la répartition du trafic des chemins de fer français et sur les prix de revient des transports; par M. Ricour.	267

	Pages
Le prix de revient sur les chemins de fer et la répartition du trafic; par M. <i>Noblemaire</i>	319
Bulletin des accidents arrivés dans l'emploi des appareils à vapeur pendant l'année 1886.	344
Les explosions de locomotives en France, en Belgique et en Angleterre, d'après un travail de M. Vinçotte et divers autres documents; par M. <i>C. Walckenaer</i>	361
Discours prononcés aux funérailles de M. P. Luuyt, inspecteur général des mines, directeur de l'École nationale des mines, le 25 novembre 1887 :	
1° Discours de M. <i>Linder</i>	498
2° Discours de M. <i>Haton de la Goupillière</i>	501

BULLETIN.

Actes de courage et de dévouement: accidents arrivés dans les mines et les carrières.	505
Production de l'or dans la Guyane française, en 1885.	508
Statistique de la production des phosphates de chaux en France et en Algérie en 1886.	509
Les mines de cuivre d'Ashiwo (Japon).	531

ERRATUM.

Page 173, ligne 3 du titre, au lieu de « ASSOCIATION », lire : « EXPLOITATION ».

EXPLICATION DES PLANCHES

DU TOME DOUZIÈME.

PL. I à VII. — Étude sur le service du matériel et de la traction de quelques chemins de fer américains.

PL. VIII, IX. — Régulateurs de vitesse.

PL. X, fig. 1 à 6. — Gîte du Rammelsberg.

PL. X, fig. 7 à 12. — Croisements de filons.

PL. XI à XIV. — Explosions de locomotives.

PL. XV, fig. 1 à 5. — Substances cristallisées préparées par Ebelmen; disposition particulière du goniomètre de Wollaston.

PL. XV, fig. 6 à 11. — Emploi de l'air comprimé pour le percement des longs tunnels.

Fig.1 Locomotive à voyageurs du Pennsylvania R.R. Classe A. (Anthracite)

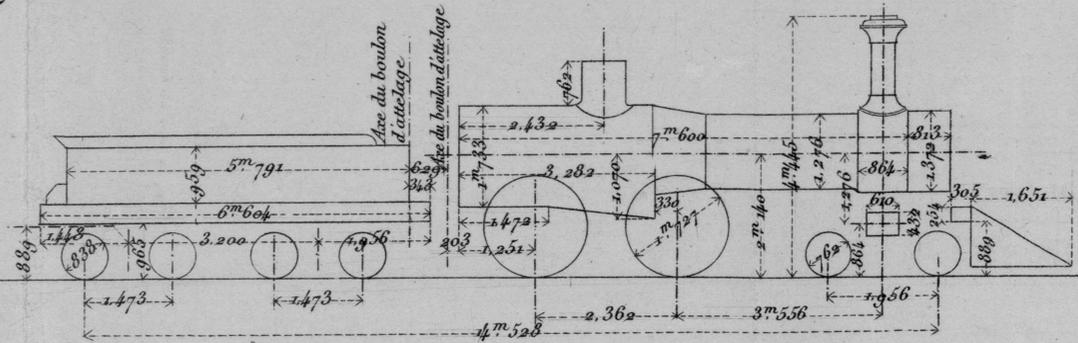


Fig.2 Locomotive à voyageurs du Pennsylvania R.R. Classe O.

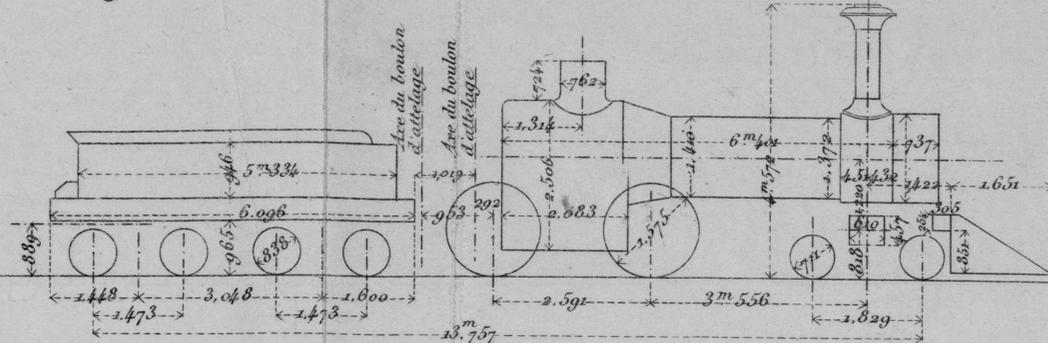


Fig.4. Graphique de la marche des trains de voyageurs entre New-York et Albany (N.Y.C. aud H.R.R.R.)

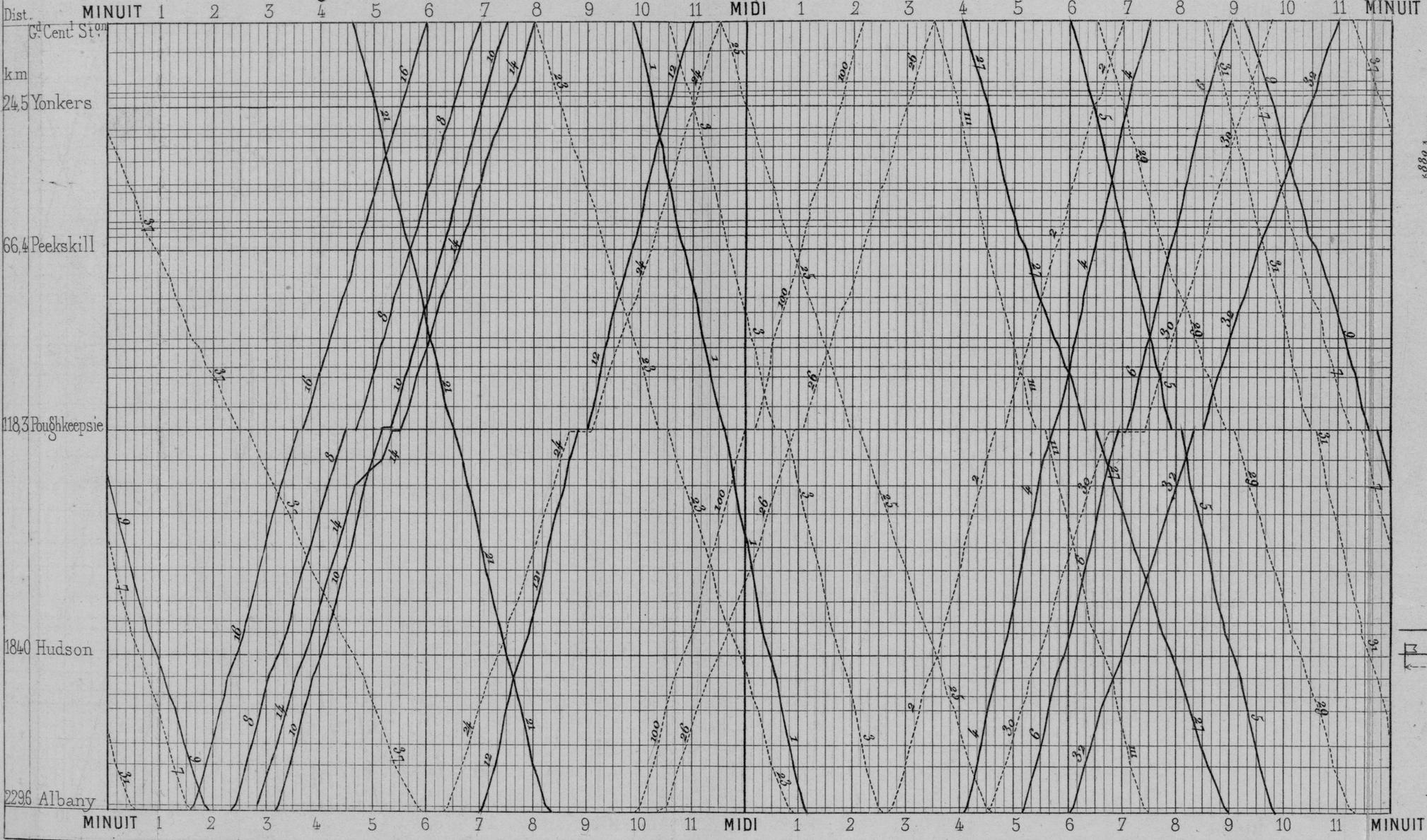


Fig.3 Locomotive de gare du Pennsylvania R.R. Classe H.

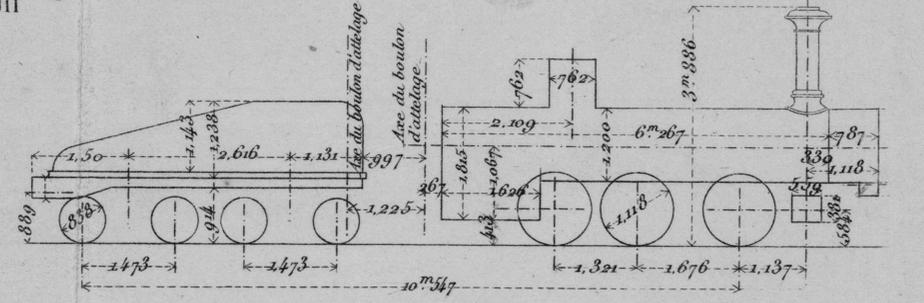


Fig.5.

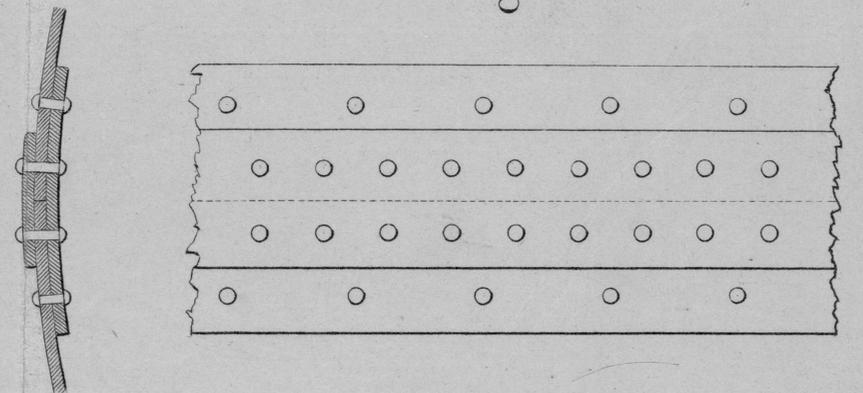


Fig.6.

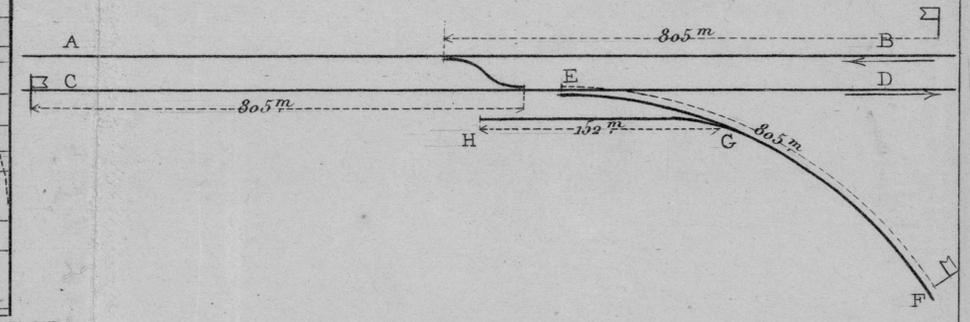


Fig.1 Locomotive à voyageurs du Pennsylvania R.R. (Classe P)

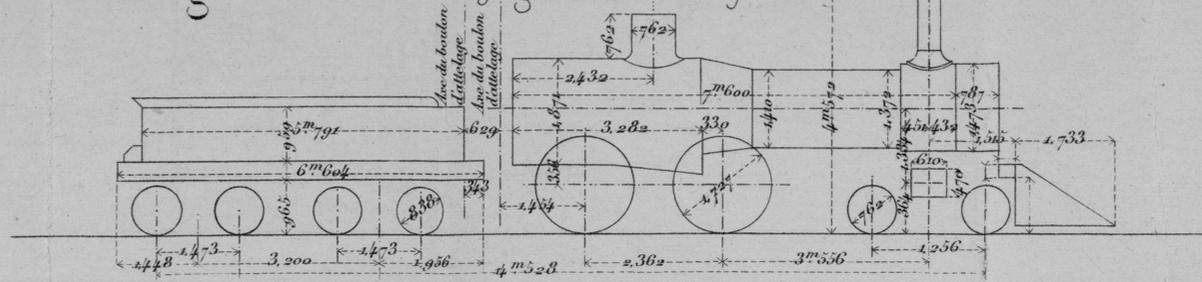


Fig.2 Locomotive à marchandises du Pennsylvania R.R. (Classe R)

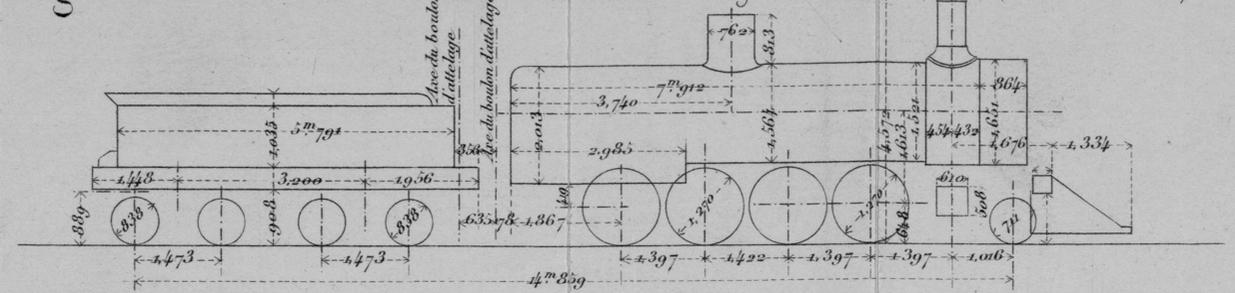
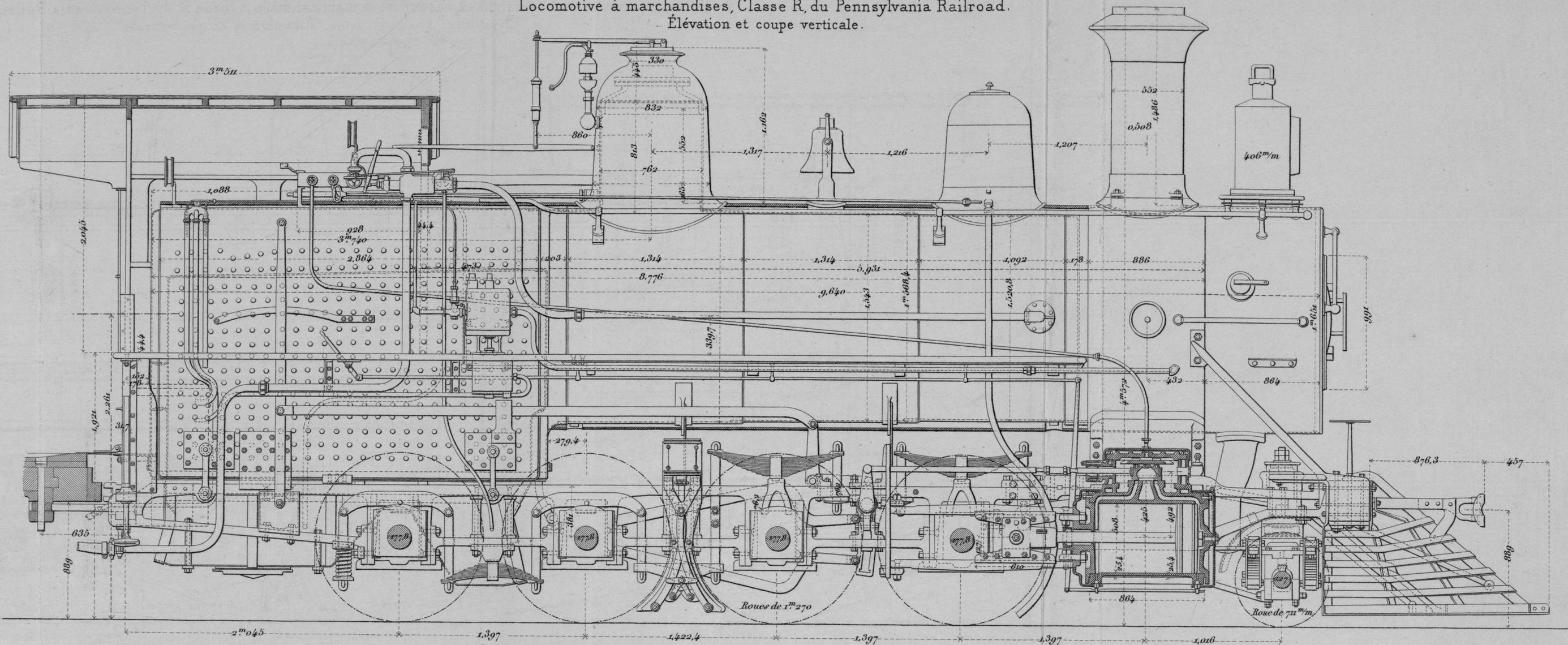


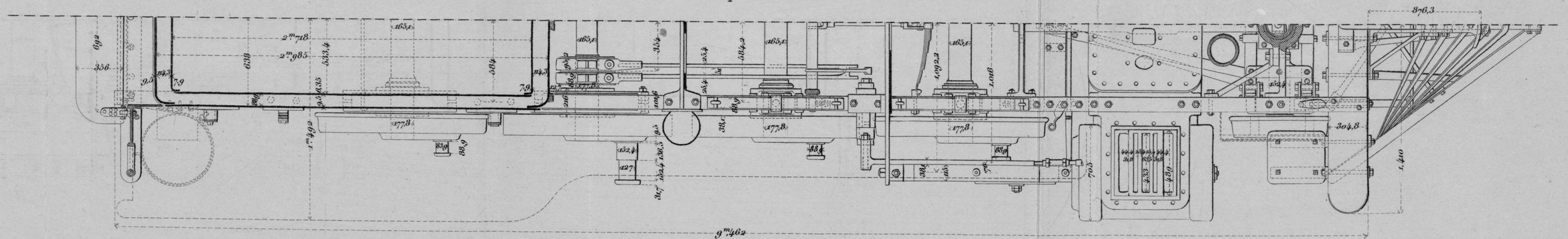
Fig.3 CARTE DES RÉSEAUX VISITÉS



Locomotive à marchandises, Classe R, du Pennsylvania Railroad.
Élévation et coupe verticale.



Coupe horizontale.



Locomotive à voyageurs (Classe A avec cylindre de 4,32^m de diamètre)
du Chicago, Burlington and Quincy Railroad

Fig. 1 Elévation

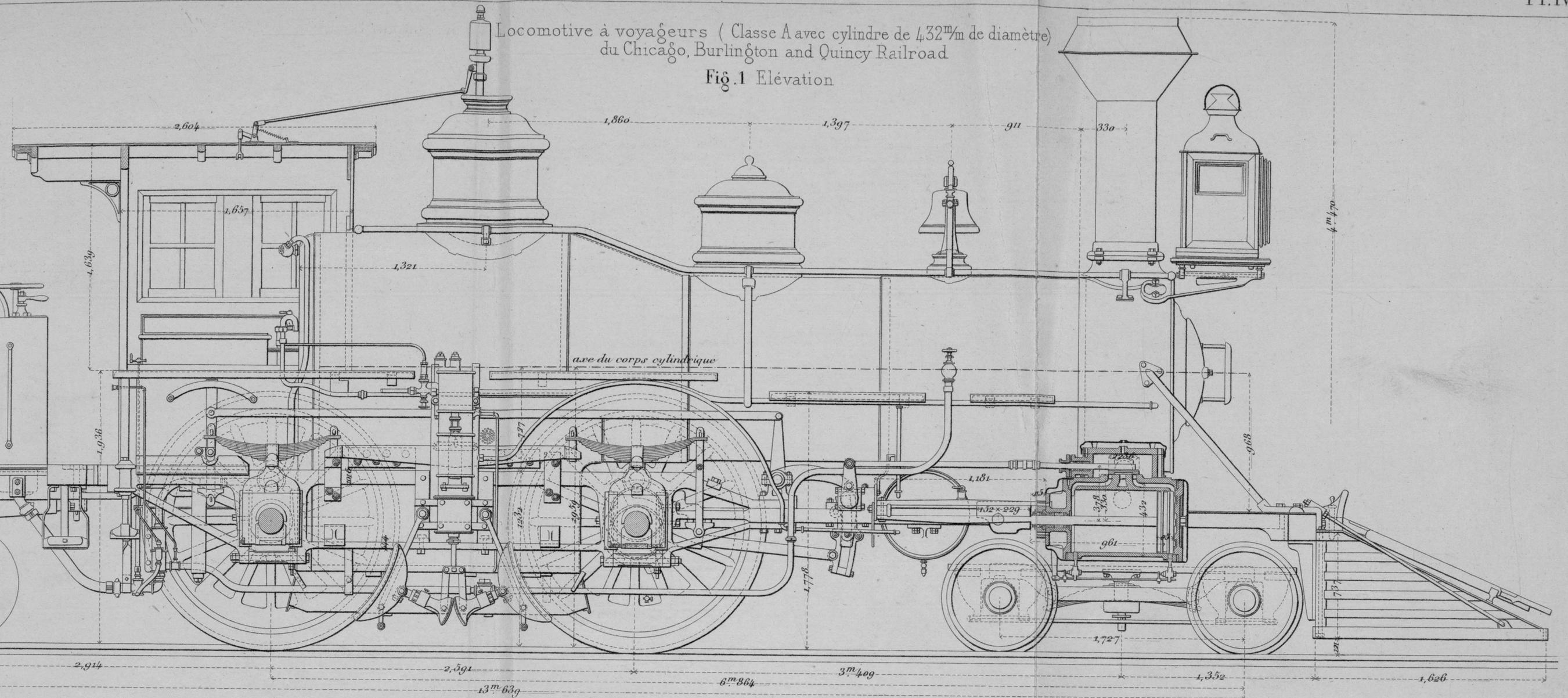
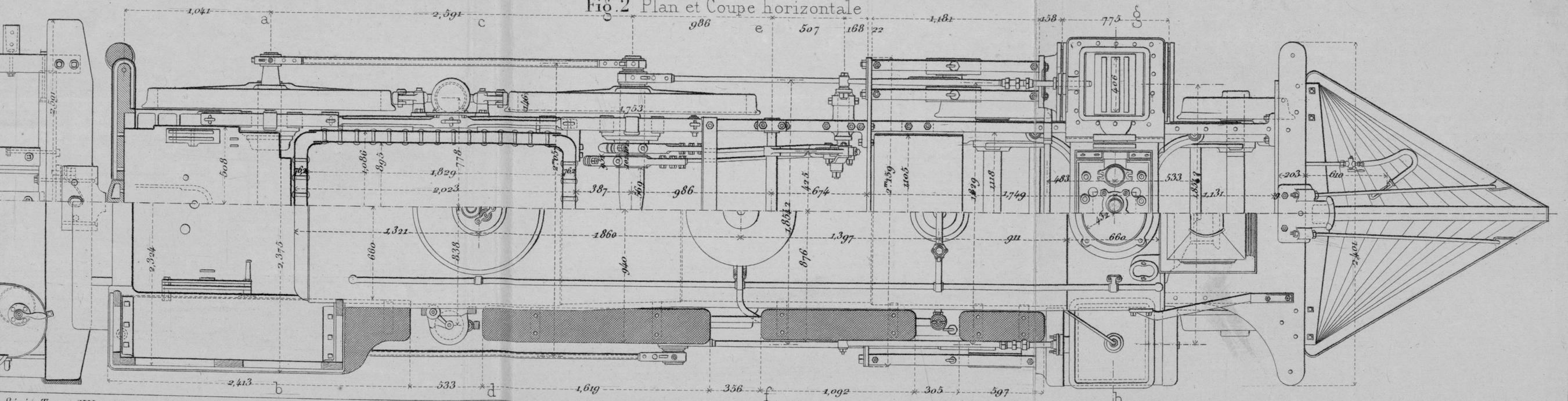


Fig. 2 Plan et Coupe horizontale



Locomotive à voyageurs (Classe A avec cylindres de 457^m/m de diamètre)
du Chicago, Burlington and Quincy Railroad

Fig. 1 Vue par l'arrière

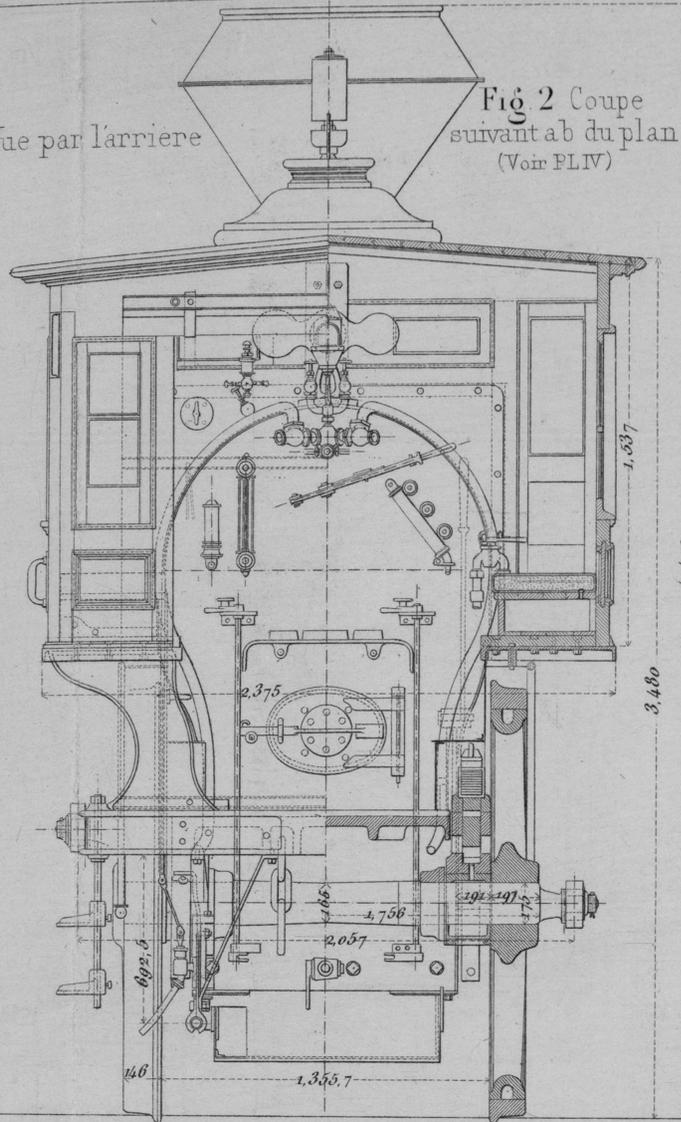


Fig. 2 Coupe suivant ab du plan
(Voir PLIV)

Fig. 3 Coupe suivant c d
du plan

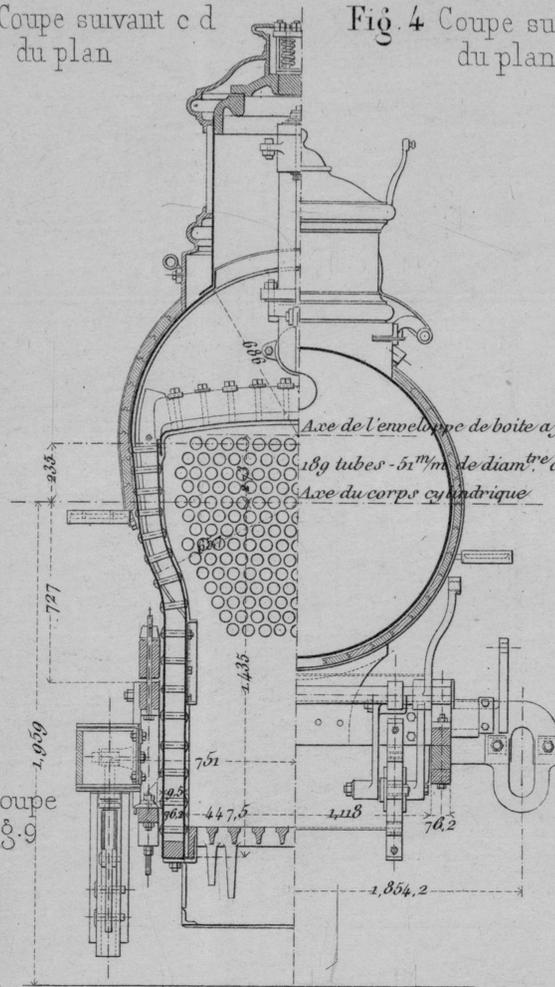


Fig. 4 Coupe suivant e f
du plan

Fig. 5 Coupe suivant g h
du plan

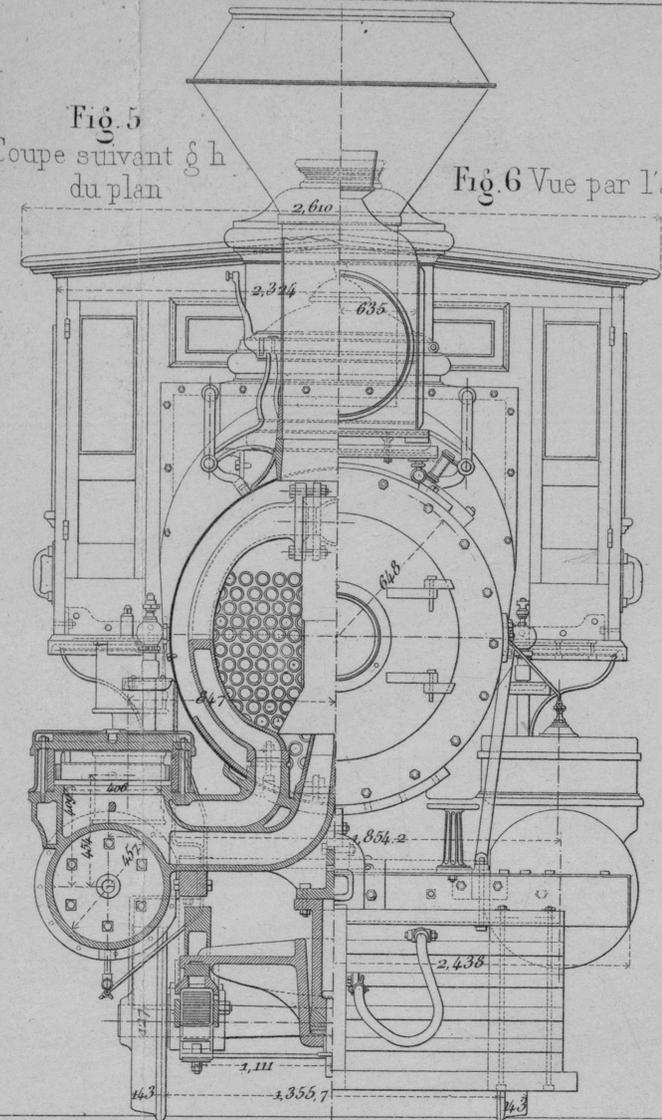


Fig. 6 Vue par l'avant

Fig. 8 Vue par bout et coupe
suivt ab de la fig. 9

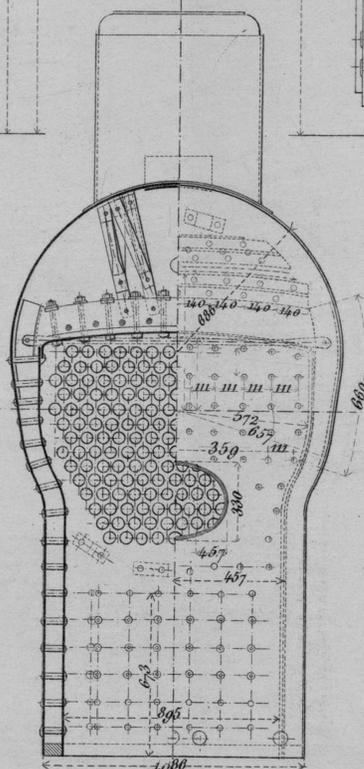
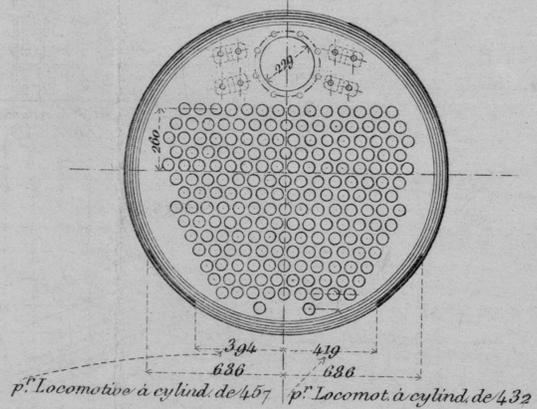
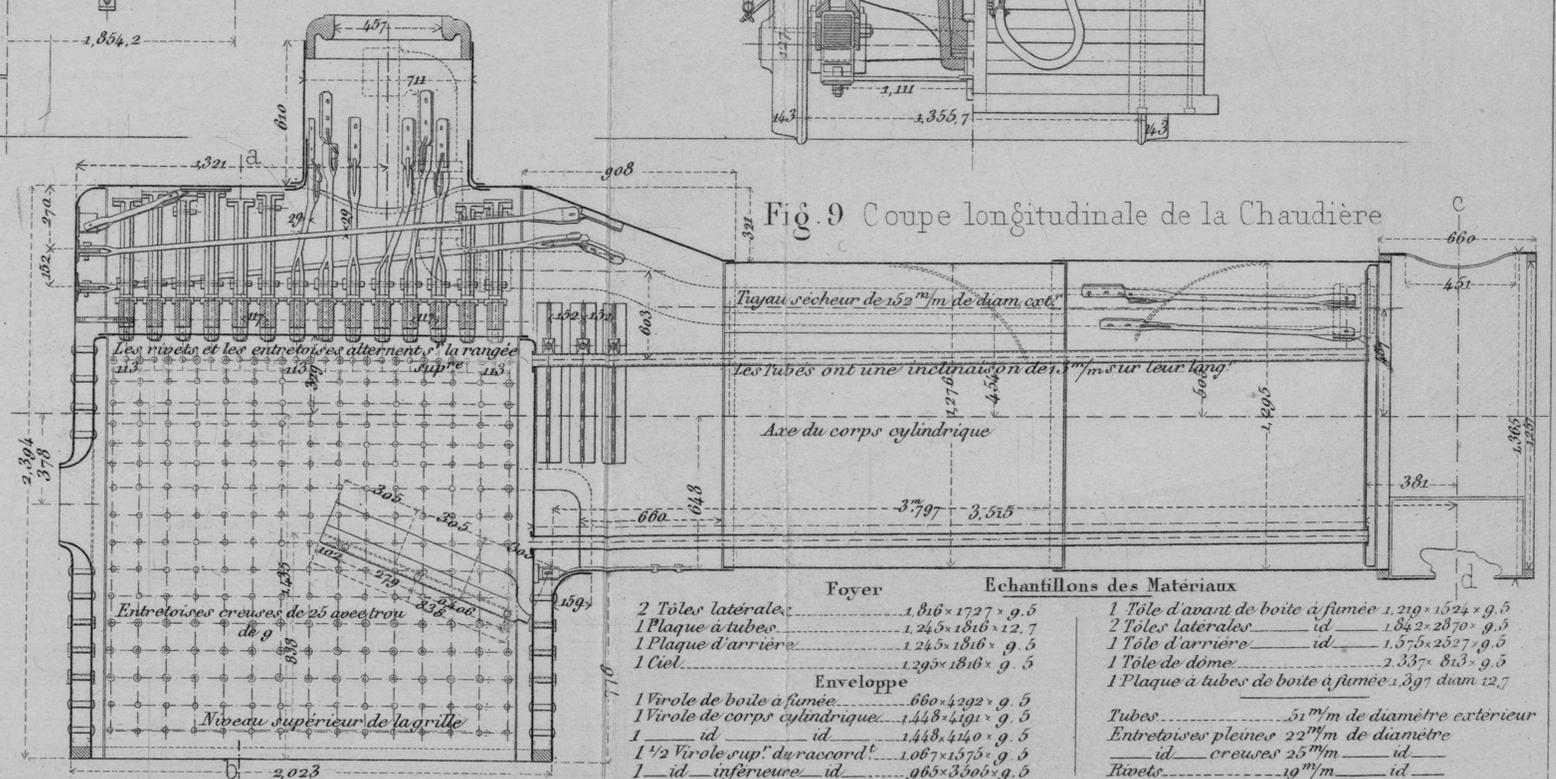


Fig. 7 Coupe suivant c d de la fig. 9



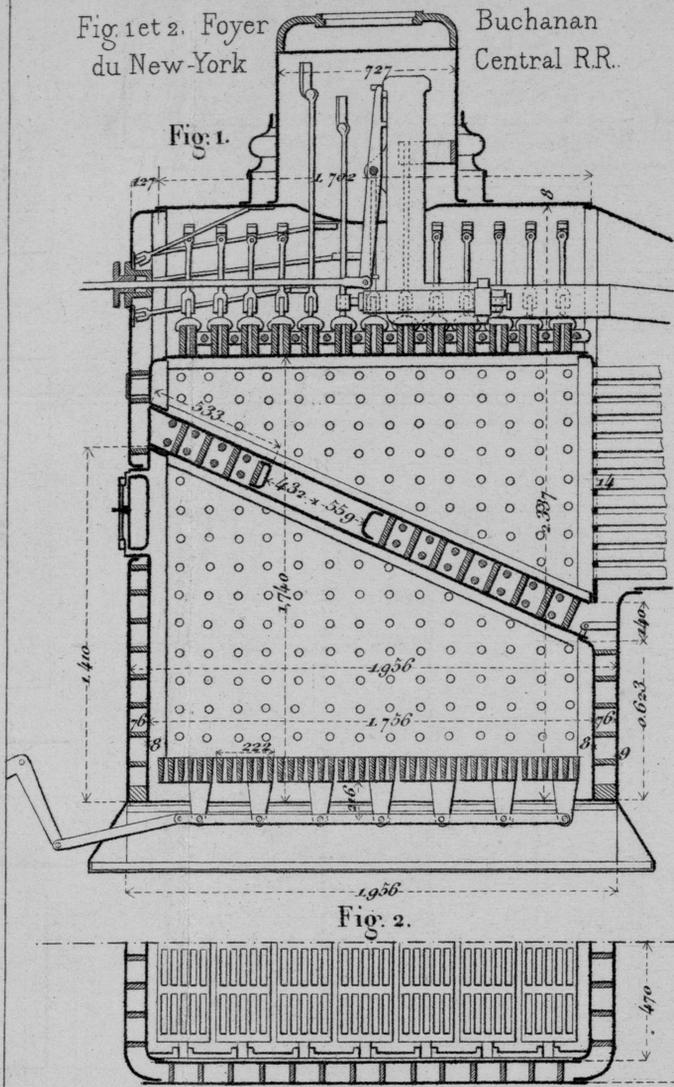
p. Locomotive à cylind. de 457 p. Locomot. à cylind. de 432

Fig. 9 Coupe longitudinale de la Chaudière



Foyer		Echantillons des Matériaux	
2 Tôles latérales.....	1 816 x 1727 x 9,5	1 Tôle d'avant de boîte à fumée.....	1 210 x 1524 x 9,5
1 Plaque à tubes.....	1 245 x 1816 x 12,7	2 Tôles latérales.....	1 842 x 2070 x 9,5
1 Plaque d'arrière.....	1 245 x 1816 x 9,5	1 Tôle d'arrière.....	1 575 x 2027 x 9,5
1 Ciel.....	1 295 x 1816 x 9,5	1 Tôle de dôme.....	1 337 x 813 x 9,5
		1 Plaque à tubes de boîte à fumée.....	1 397 diam 12,7
Enveloppe			
1 Virole de boîte à fumée.....	660 x 4292 x 9,5	Tubes.....	51^m/m de diamètre extérieur
1 Virole de corps cylindrique.....	1 448 x 4191 x 9,5	Entretoises pleines 22^m/m de diamètre	
1 id.....	1 448 x 4191 x 9,5	id creuses 25^m/m id	
1 1/2 Virole sup. d'accord.....	1 067 x 1570 x 9,5	Rivets.....	19^m/m id
1 id inférieure.....	965 x 3505 x 9,5		

Fig. 1 et 2. Foyer du New-York Buchanan Central R.R.



Foyer des Locomotives, Classe R, du Pennsylvania Railroad

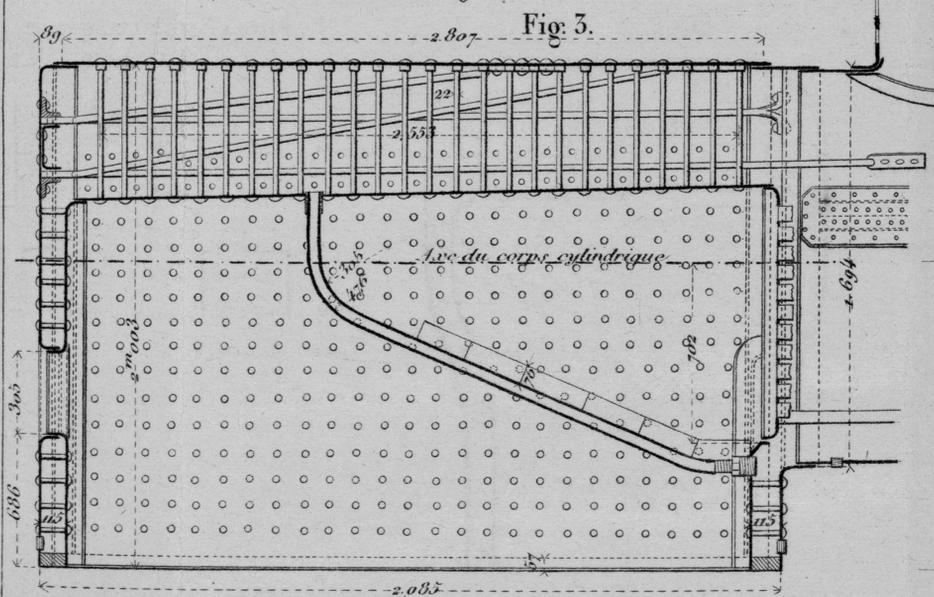


Fig. 5 à 7. Grille oscillante du Manhattan Elevated R.R.

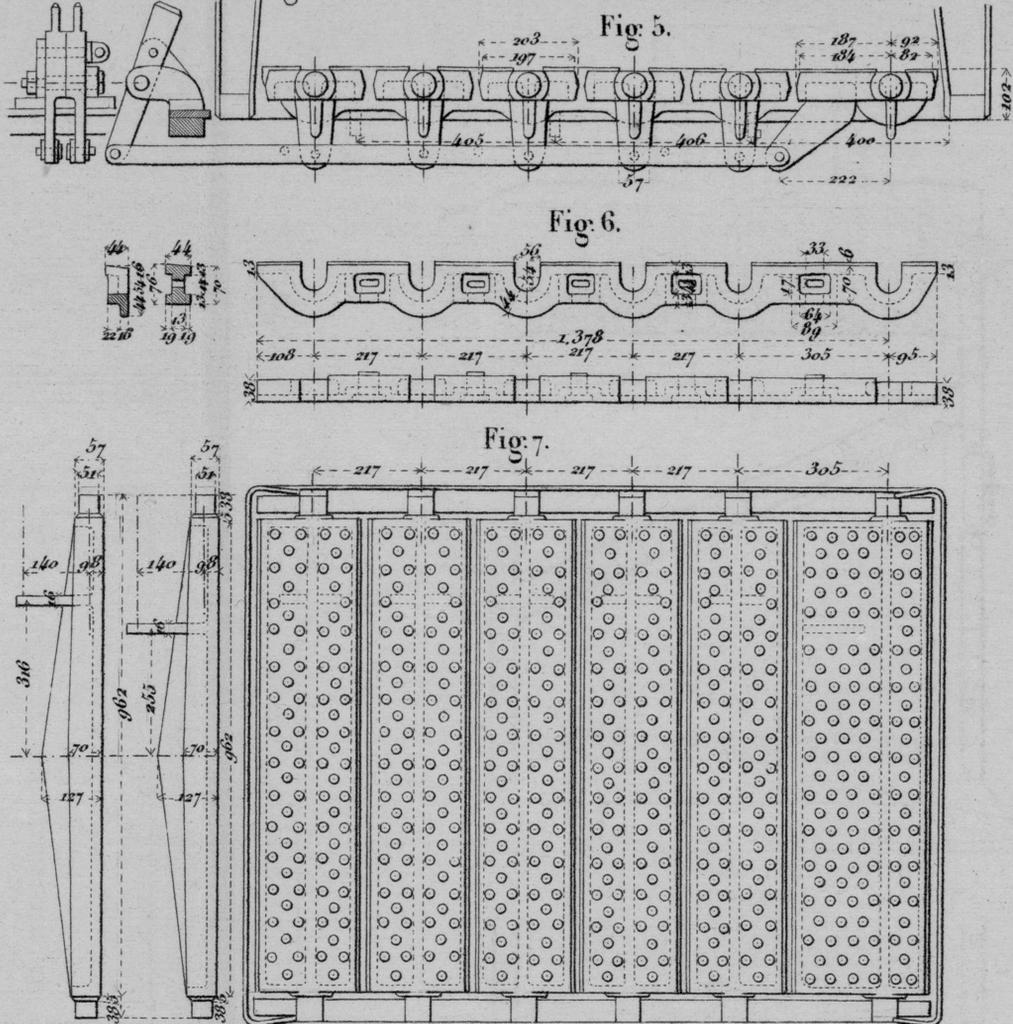


Fig. 8 à 14. Tiroir compensé du Chicago, Burlington and Quincy R.R.

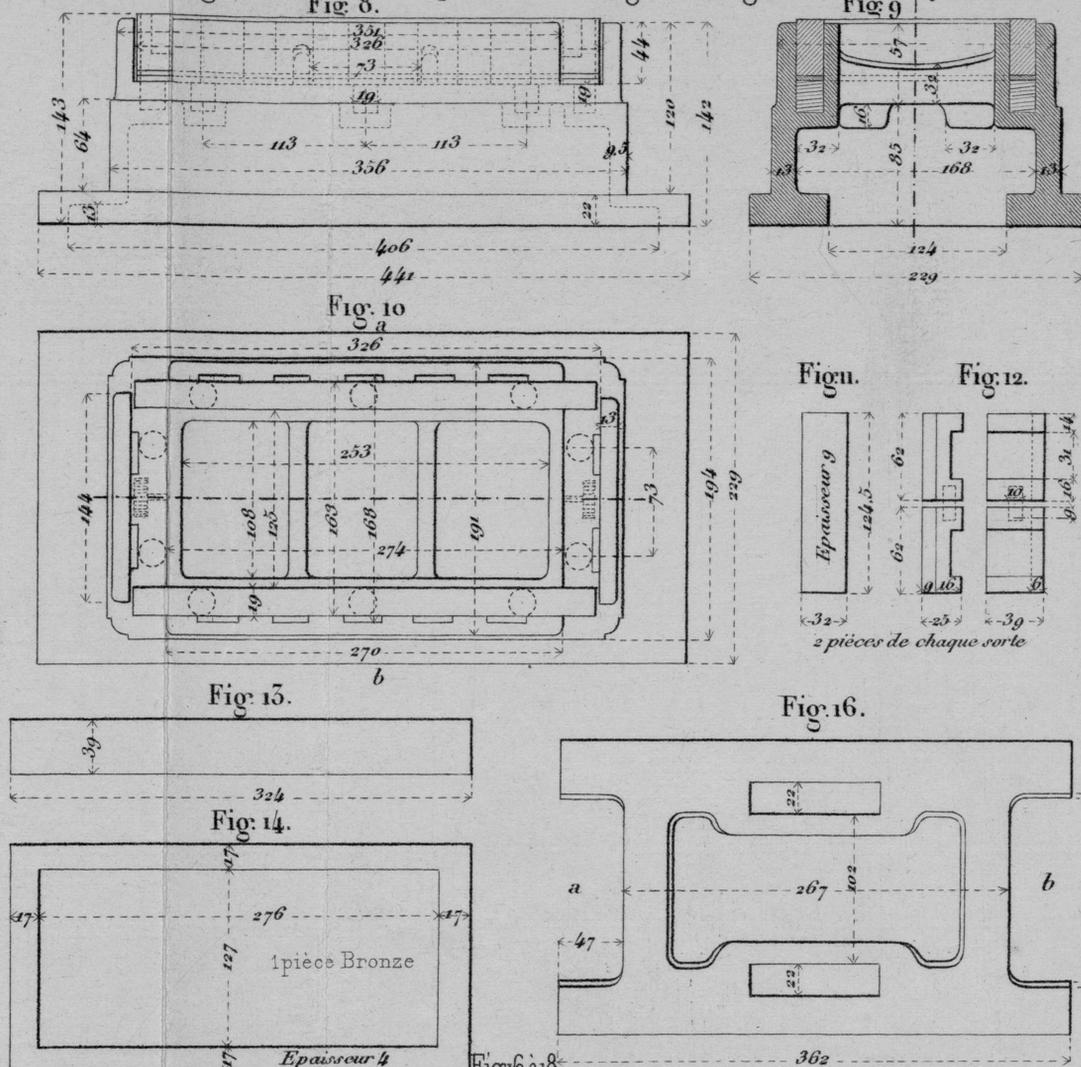


Fig. 4.

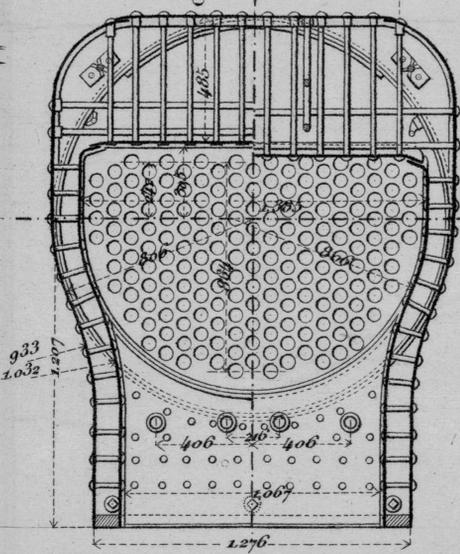
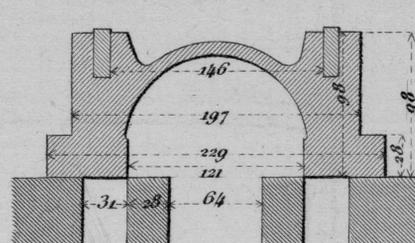


Fig. 15. Tiroir compensé du New-York Central R.R.



Boîte à huile d'essieu moteur du New-York Central R.R.

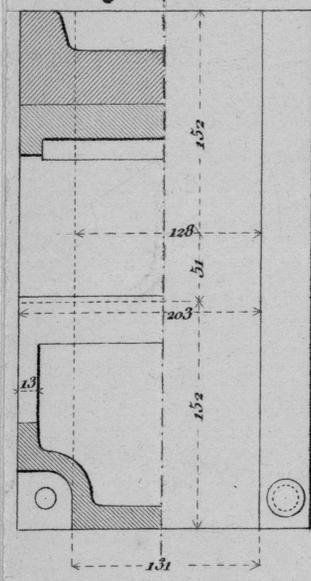


Fig. 18.

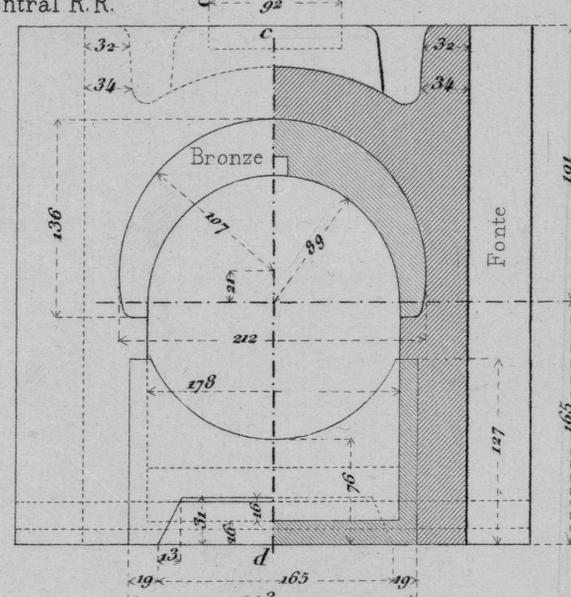


Fig. 1. Profils des bandages de Locomotives du N.Y.C. and H.R.R.R.

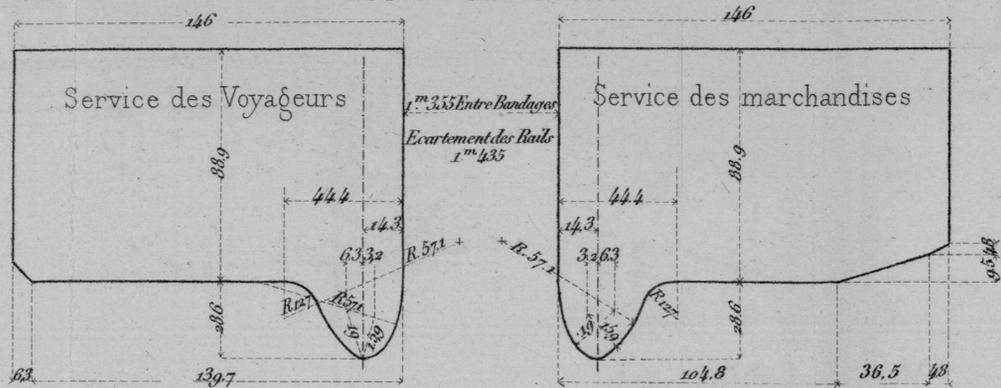


Fig 2 et 3. Vagon à marchandises muni du frein à air comprimé Westinghouse

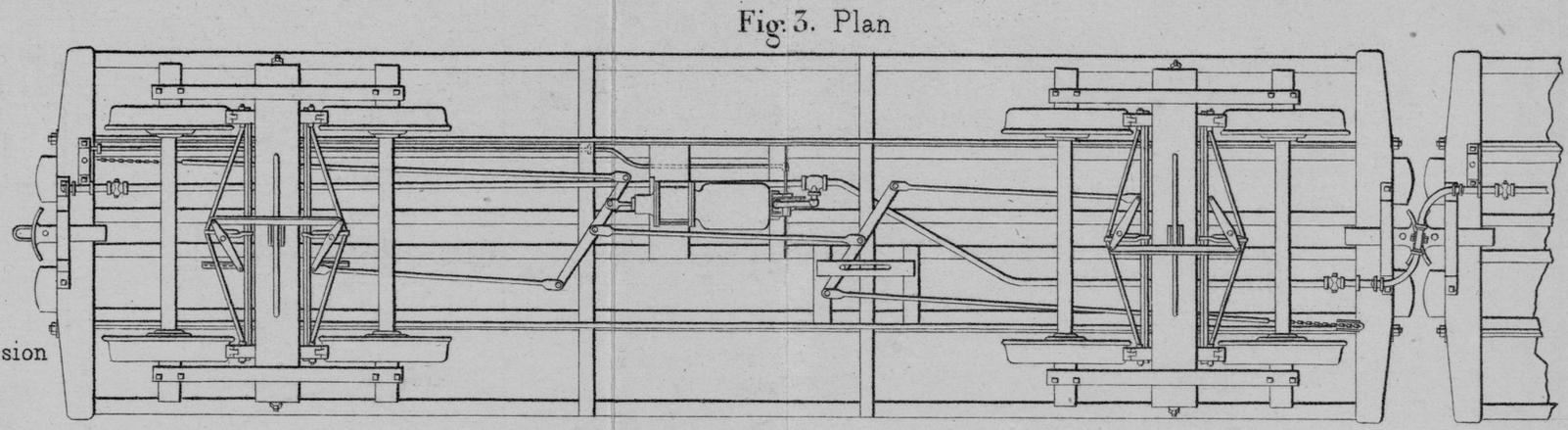
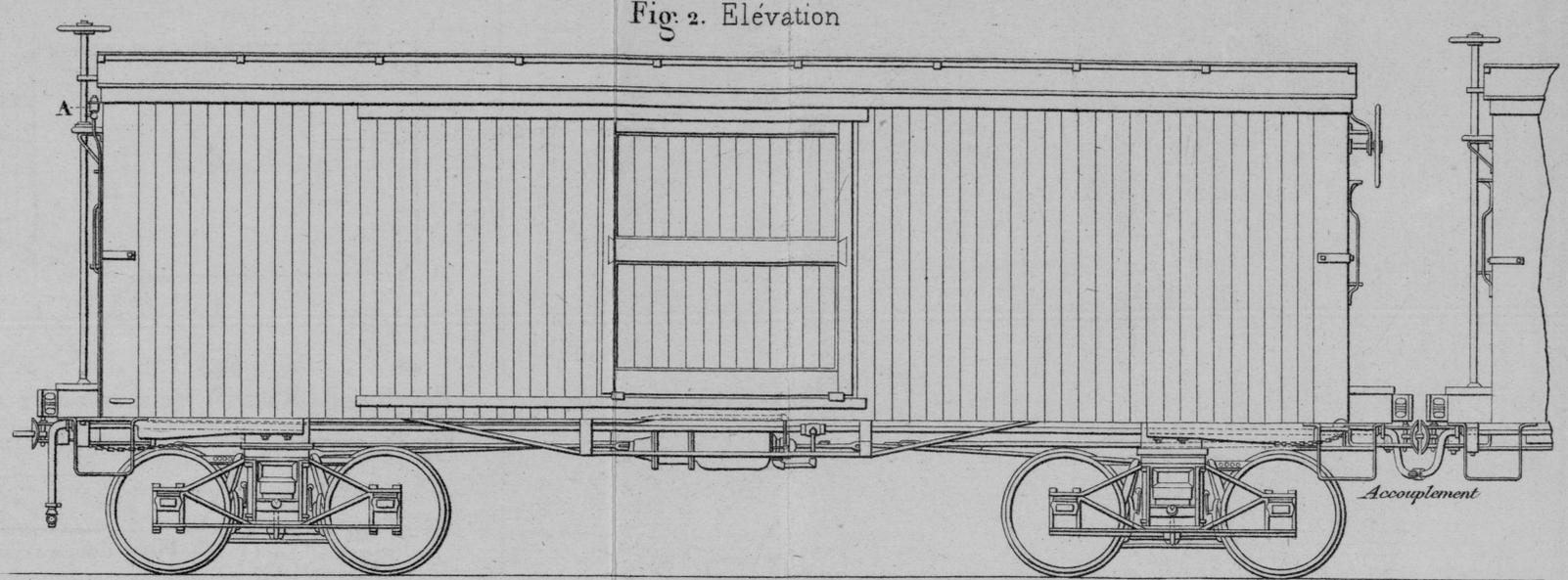
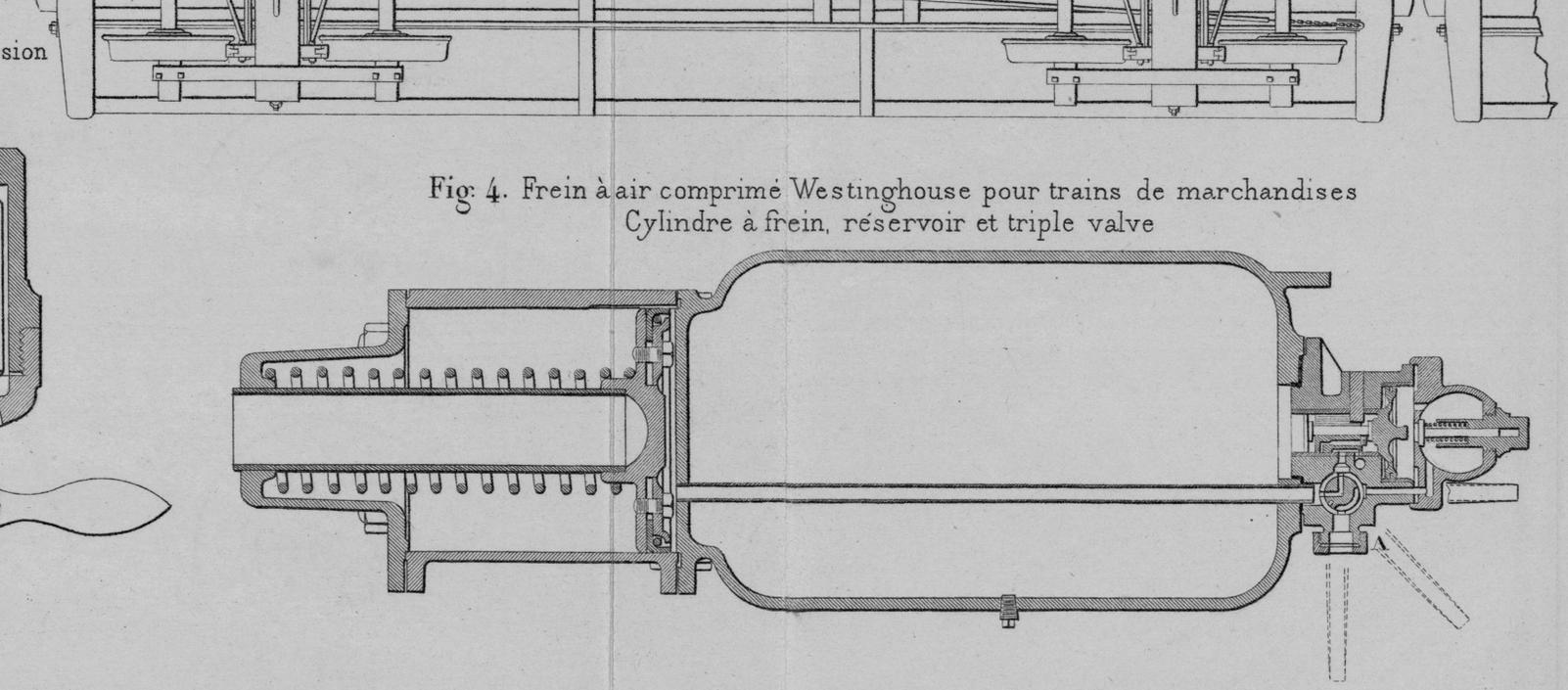
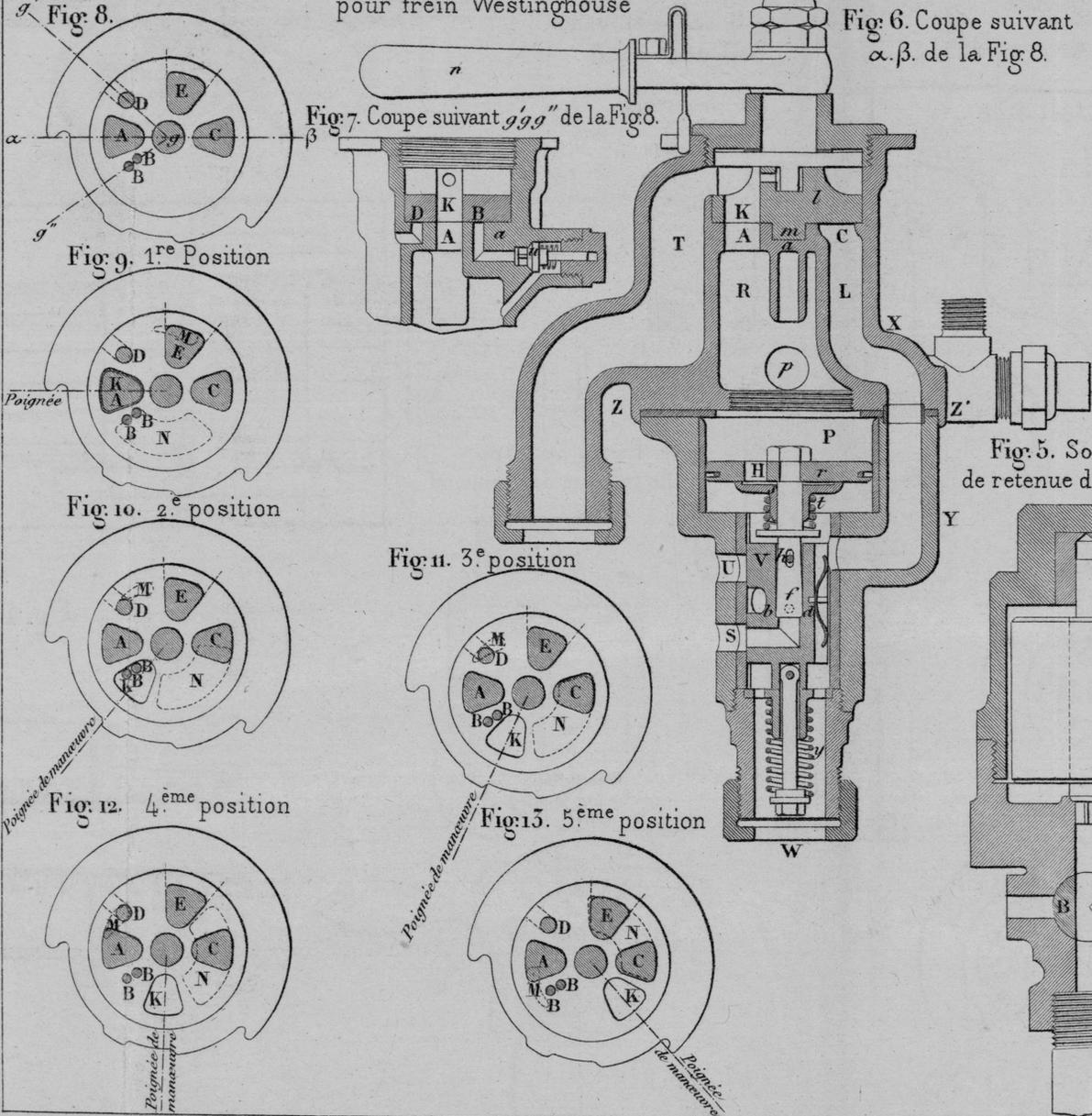


Fig 6 à 13. Robinet de manœuvre avec régulateur d'échappement pour frein Westinghouse



Régulateurs de vitesse

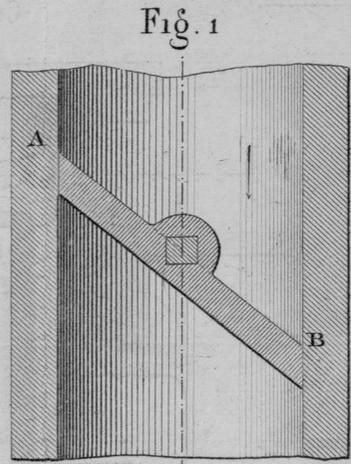


Fig. 1

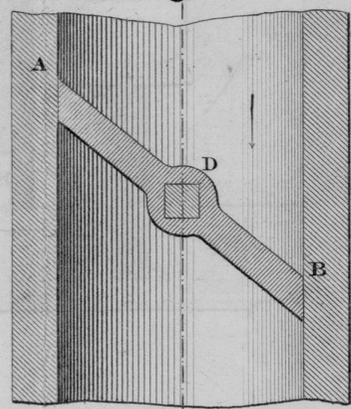


Fig. 2

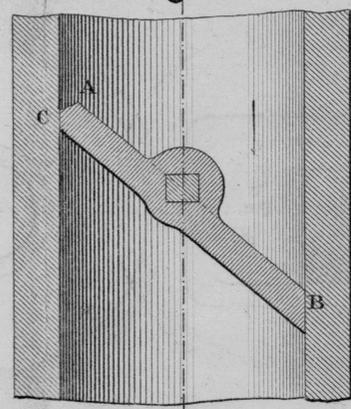


Fig. 3

Coupe verticale perpendiculaire à l'axe de la valve

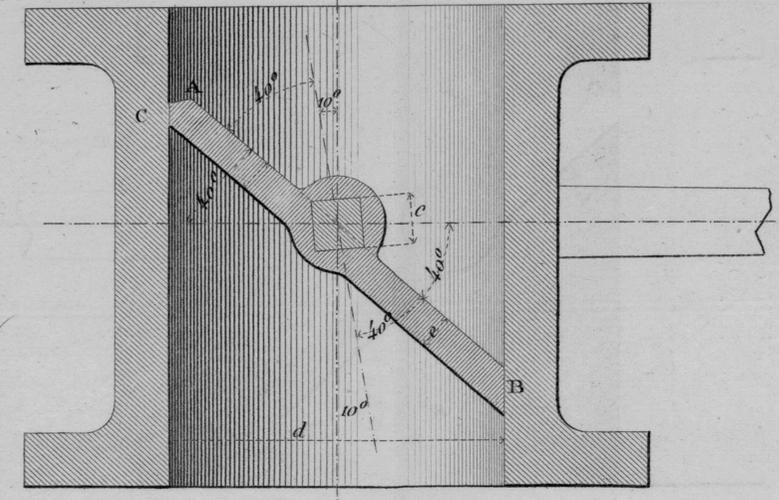


Fig. 4

Coupe suivant l'axe de la valve

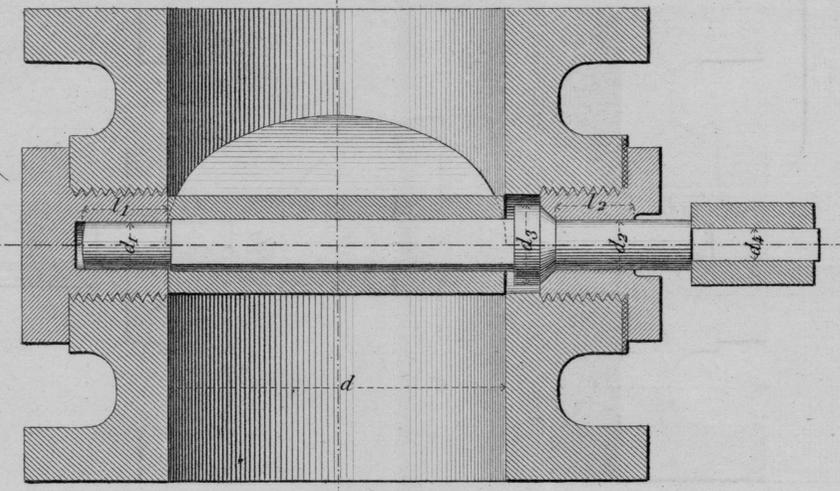
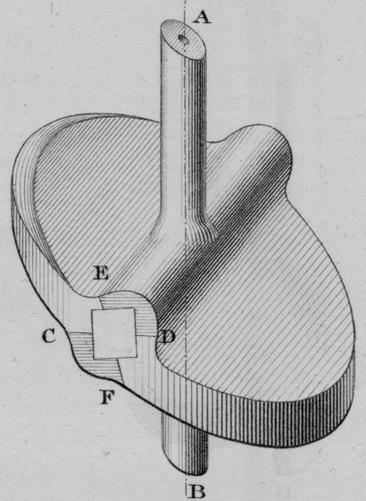
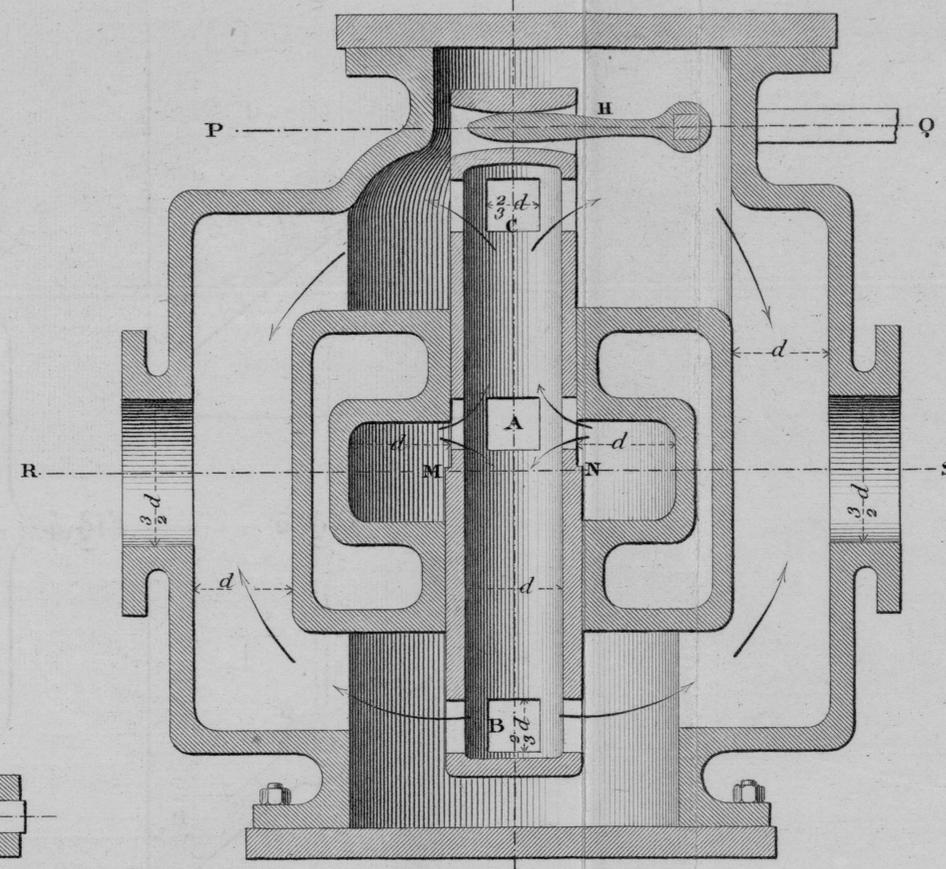


Fig. 5



Coupe verticale



Coupe verticale perpendiculaire

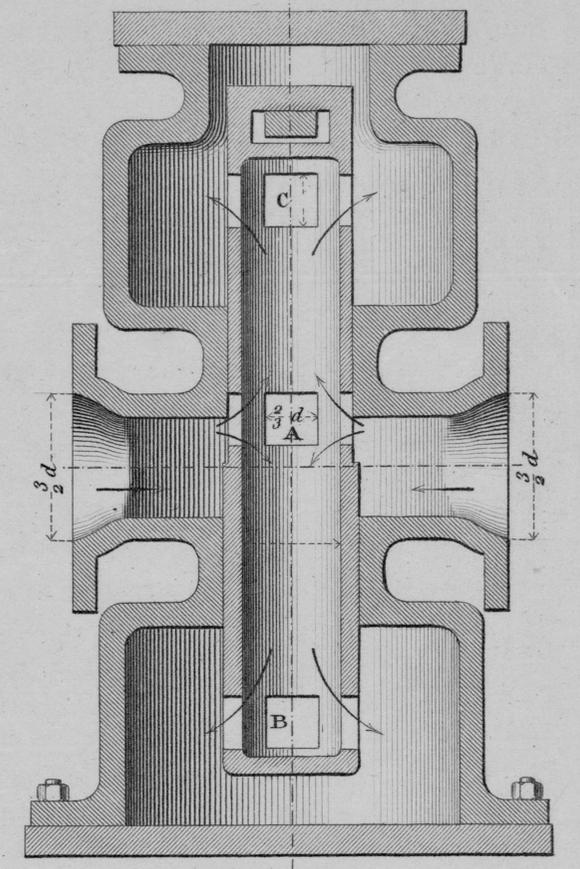
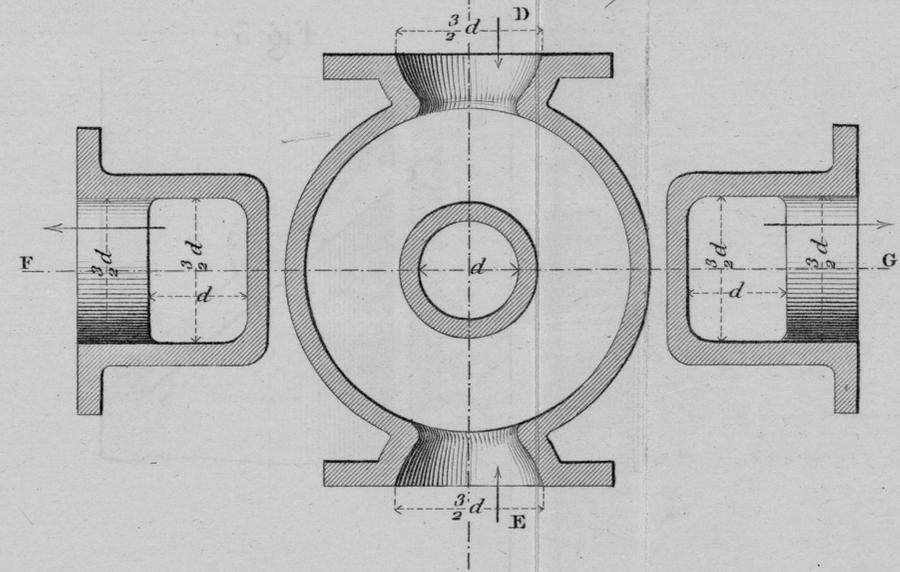
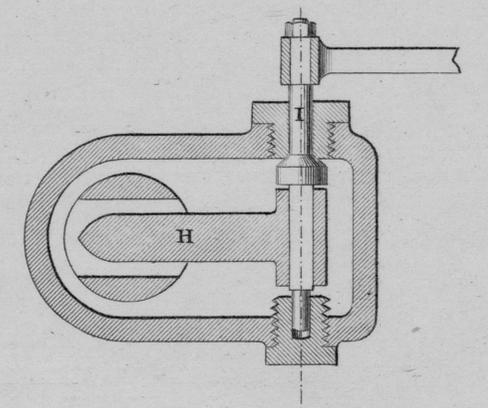


Fig. 6

Coupe suivant RS



Coupe suivant P.Q



Régulateurs de vitesse
Coupe verticale

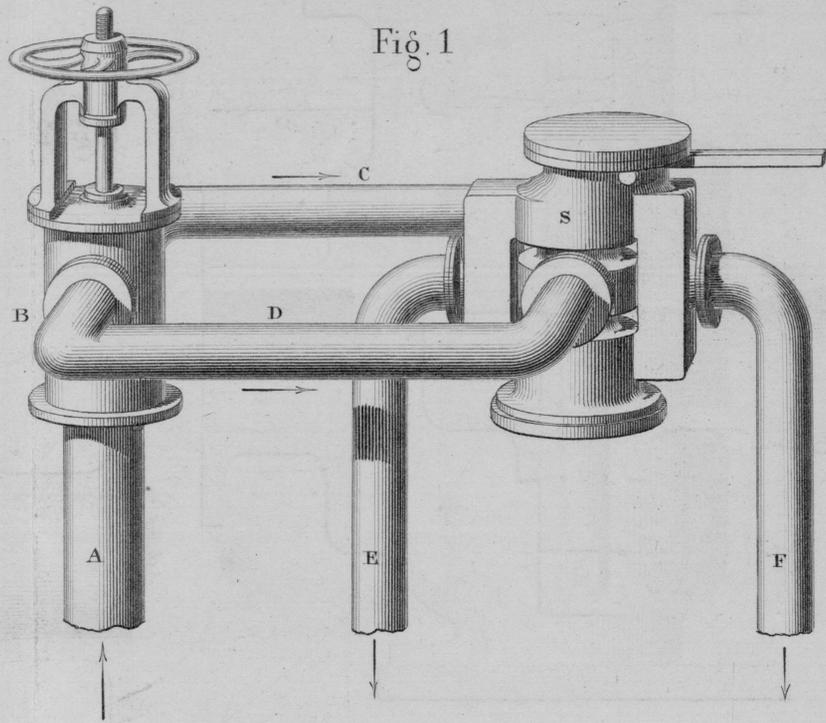


Fig. 1

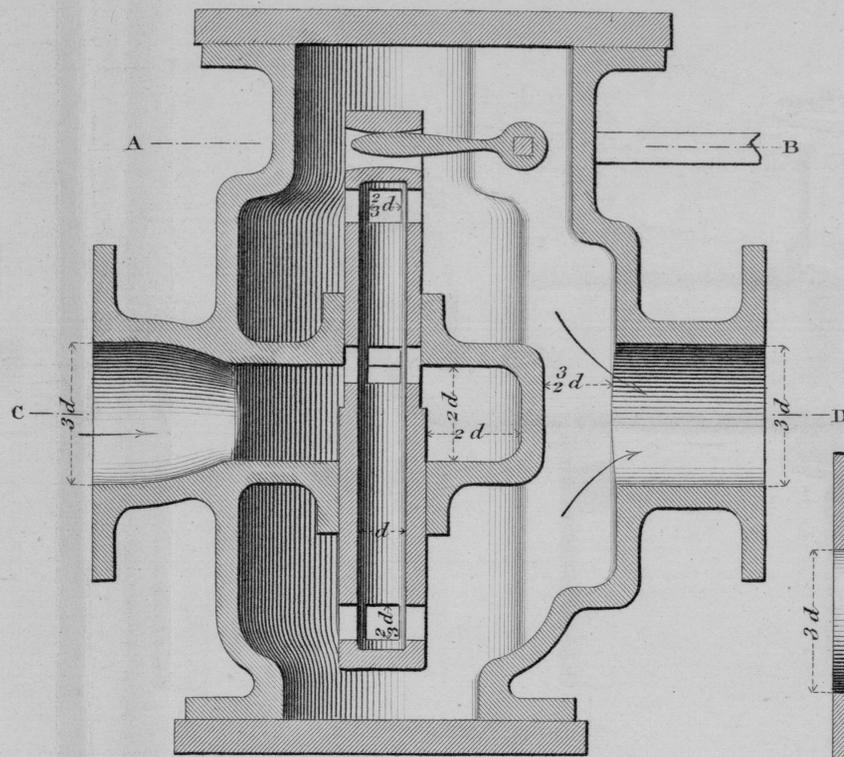
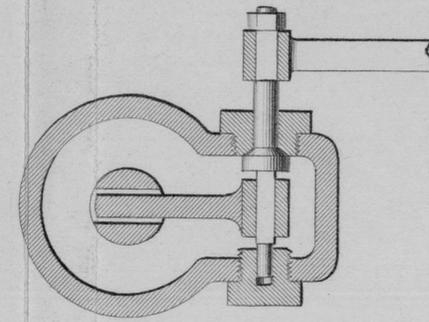


Fig. 2

Coupe suivant A B



Coupe suivant C D

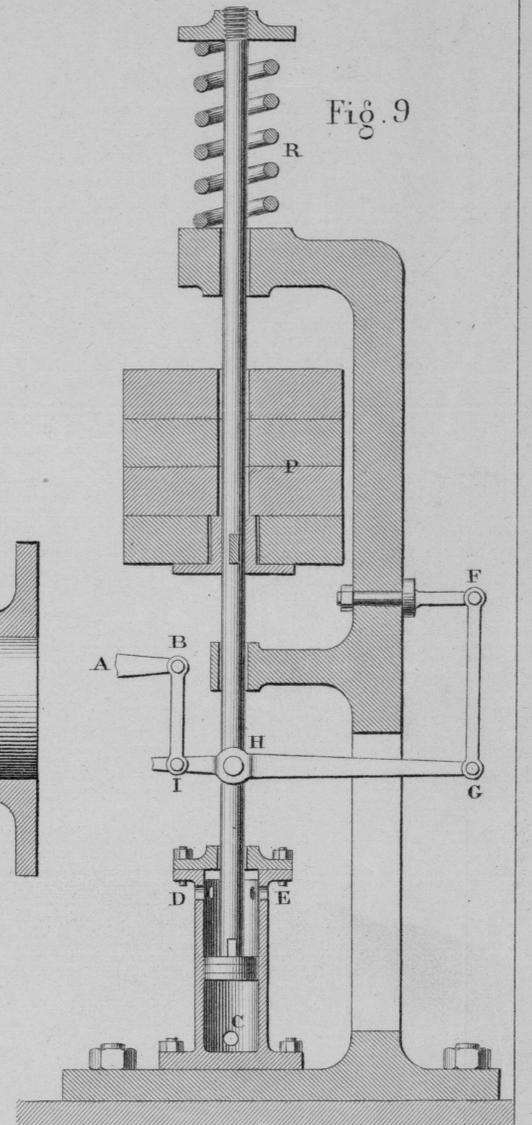
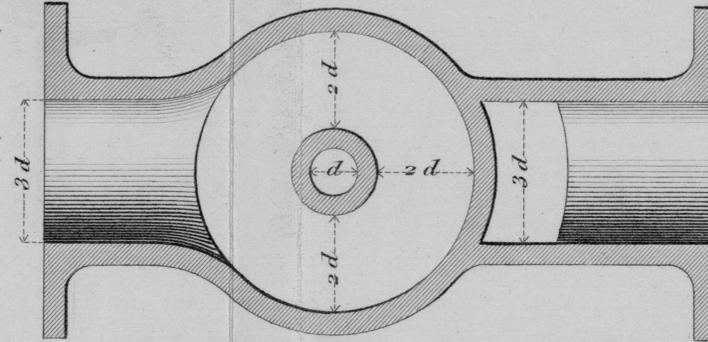


Fig. 9

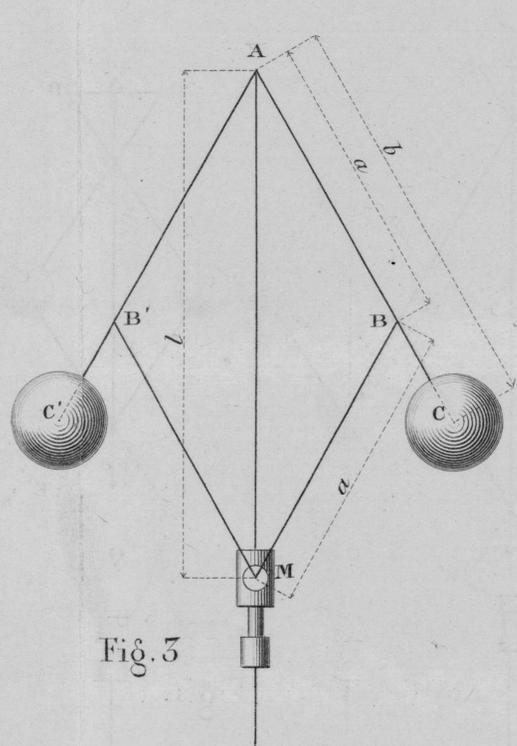


Fig. 3

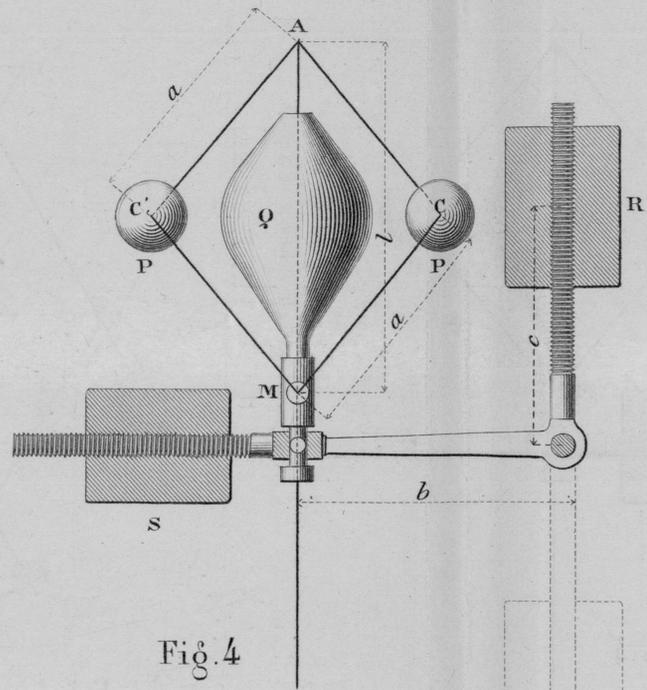


Fig. 4

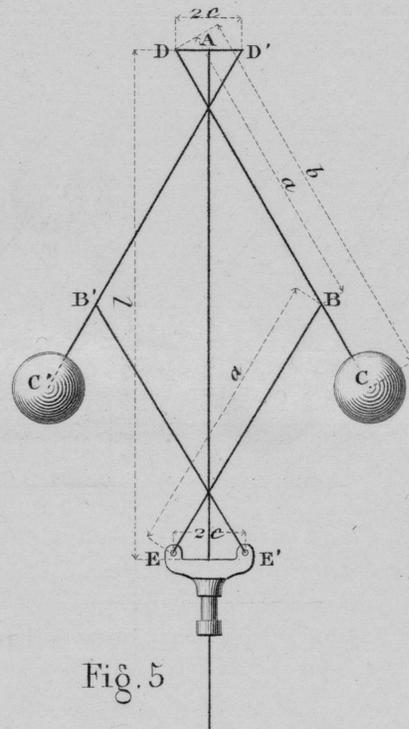


Fig. 5

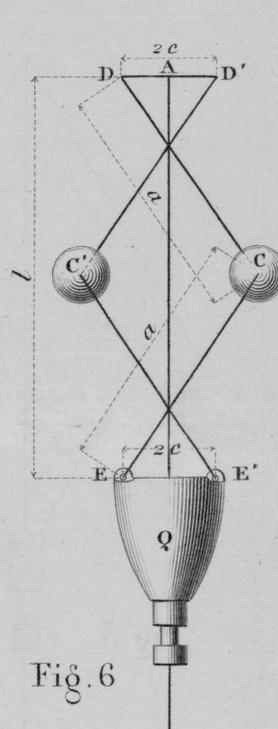


Fig. 6

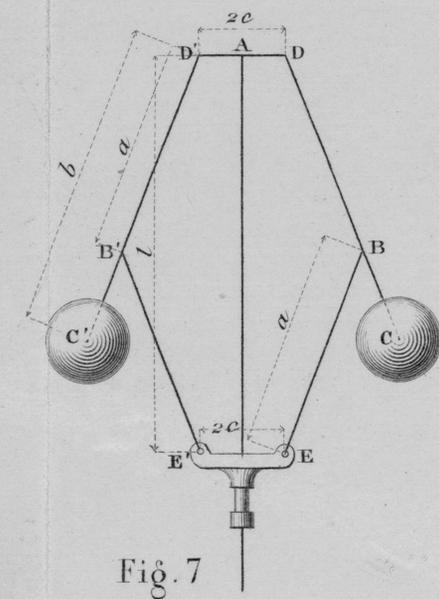


Fig. 7

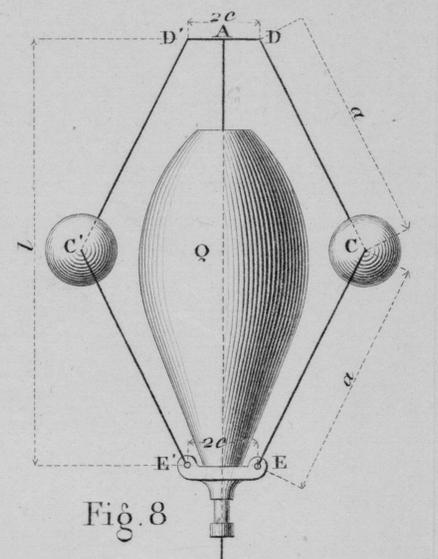
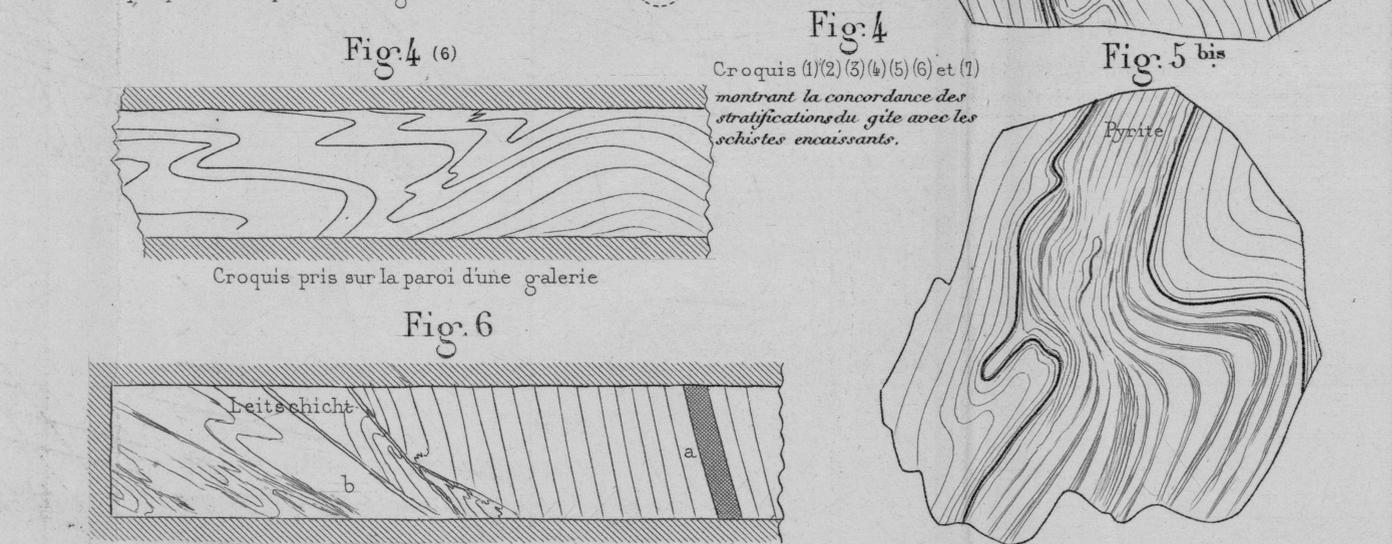
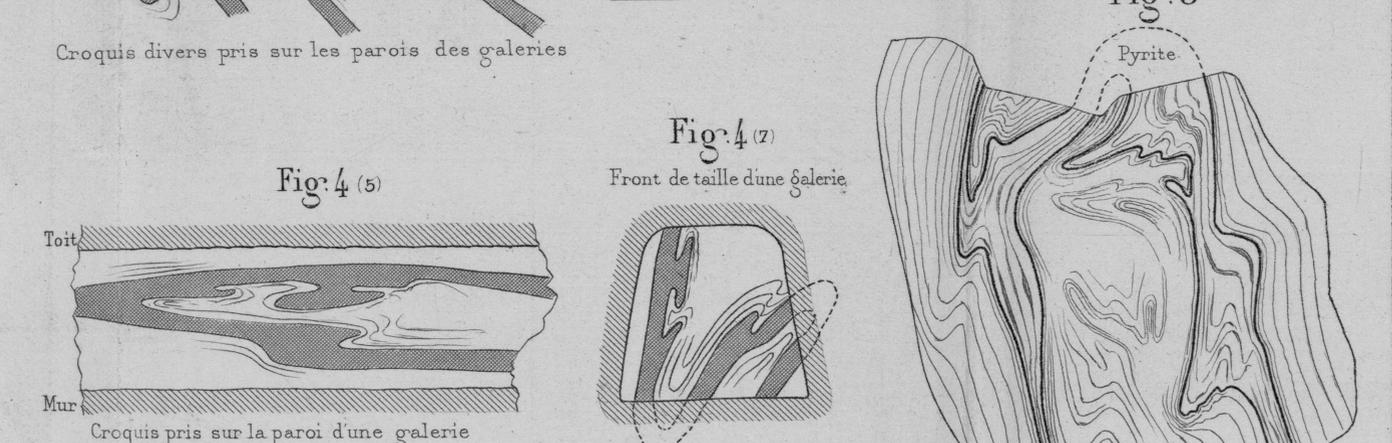
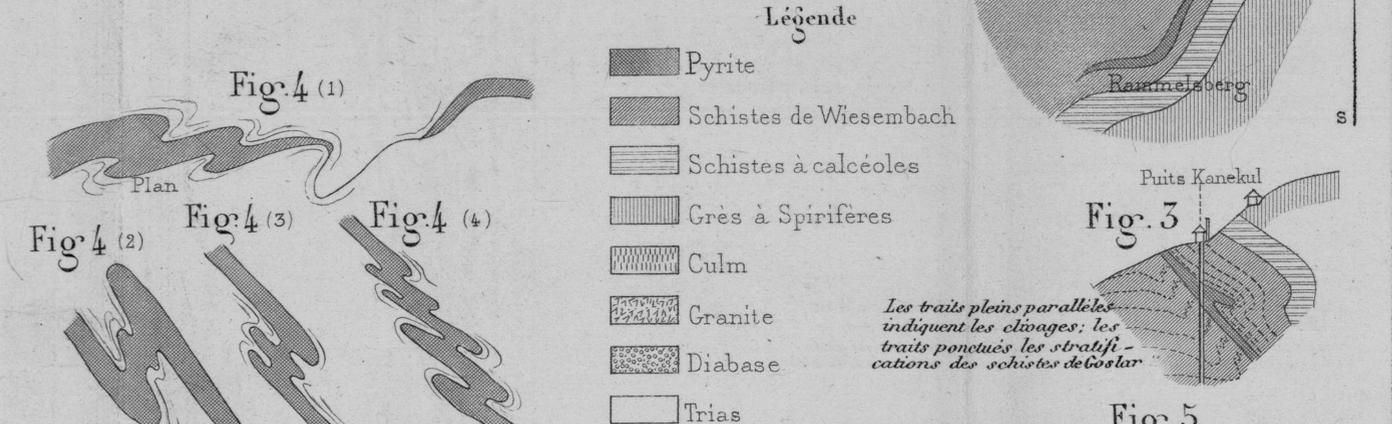
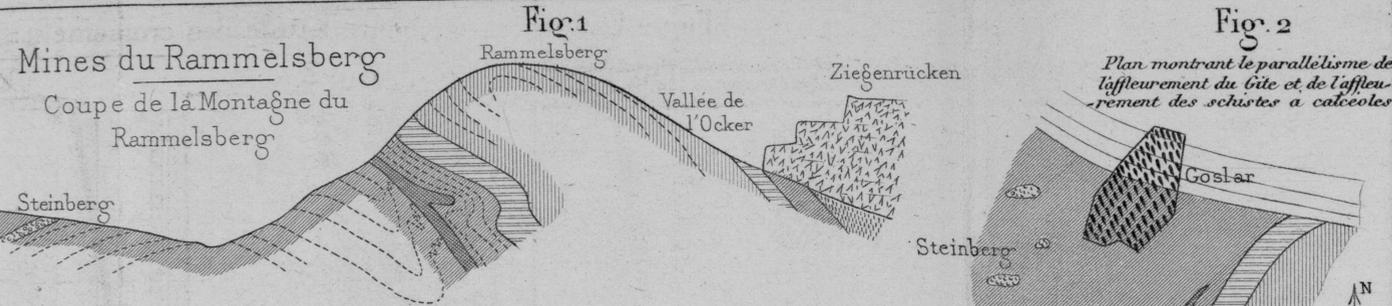
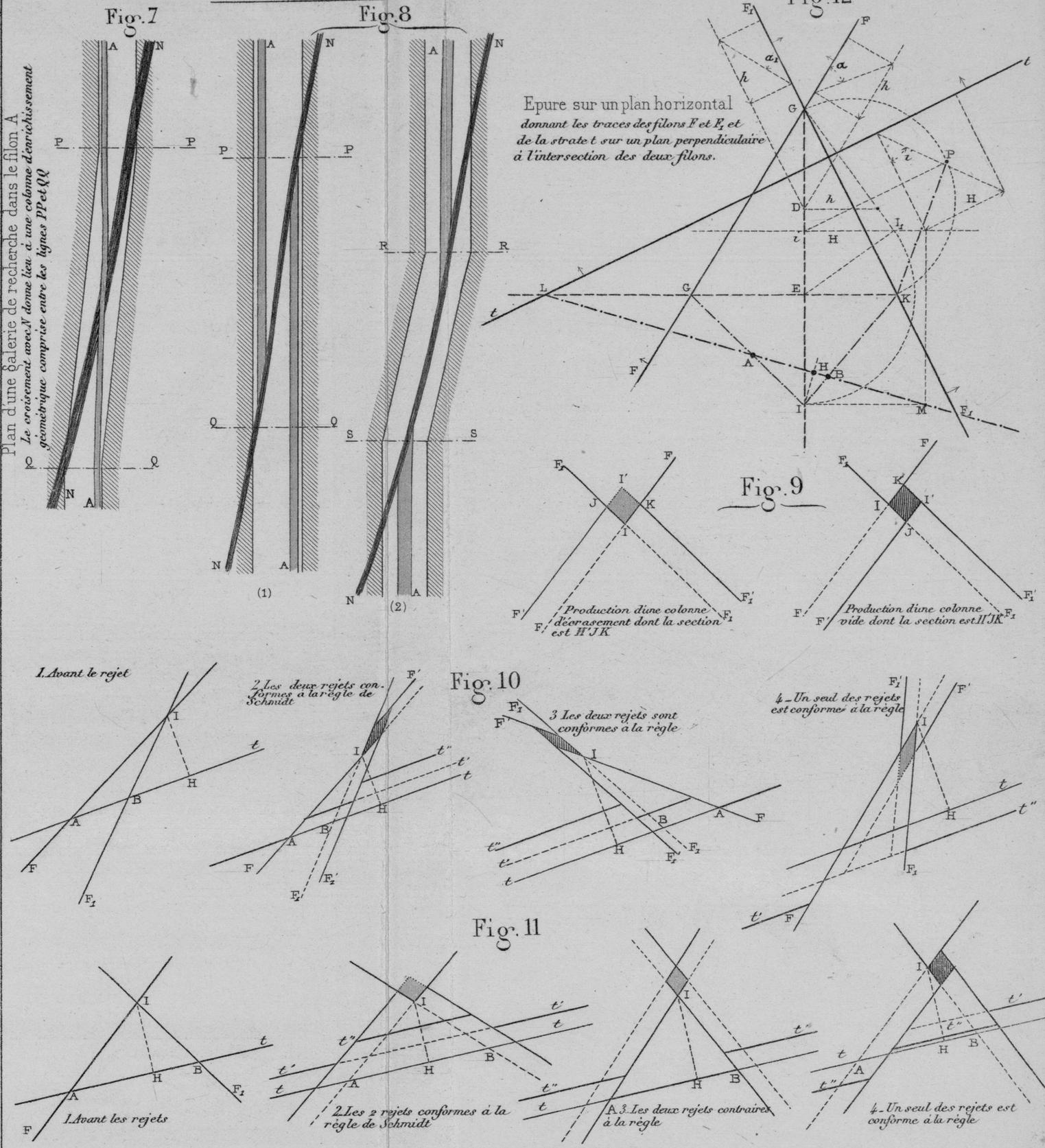


Fig. 8



Echantillons provenant du Rammelsberg à l'Ecole des Mines de Clausthal

Etude des croisements de filons



Macquet sc.

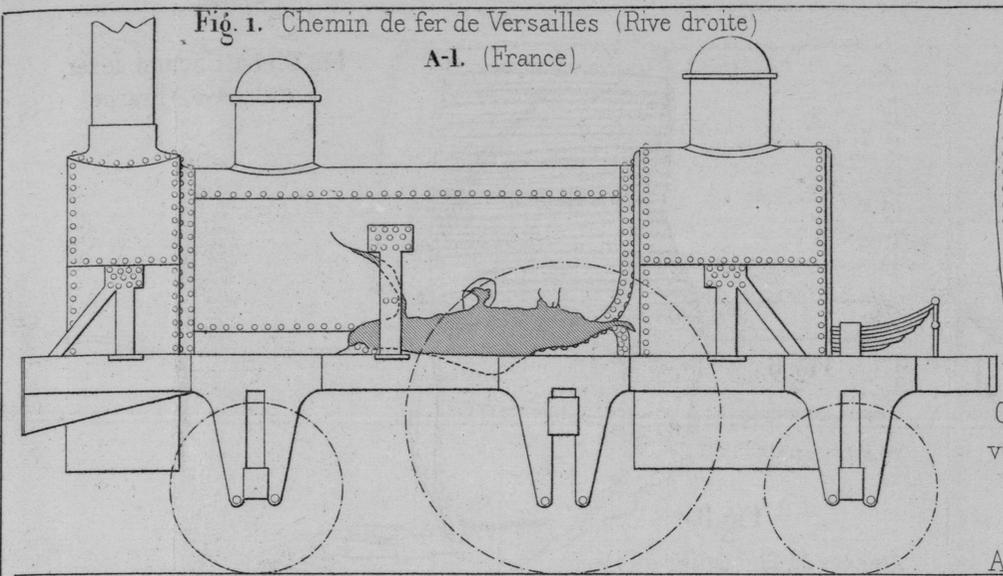


Fig. 1. Chemin de fer de Versailles (Rive droite)
A-1. (France)

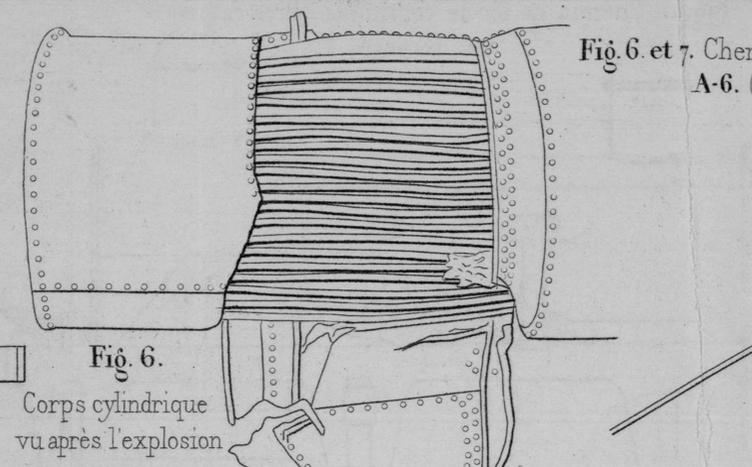


Fig. 6.
Corps cylindrique
vu après l'explosion

Fig. 6. et 7. Chemin de fer d'Orléans
A-6. (France)

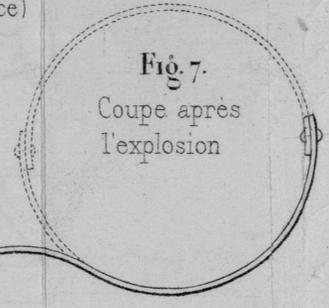


Fig. 7.
Coupe après
l'explosion

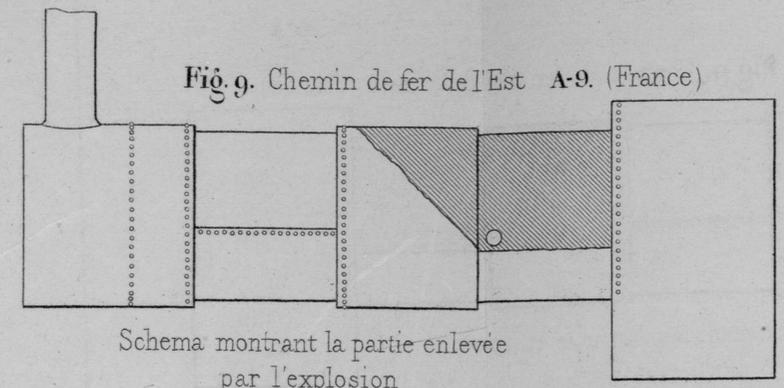


Fig. 9. Chemin de fer de l'Est A-9. (France)

Schema montrant la partie enlevée
par l'explosion

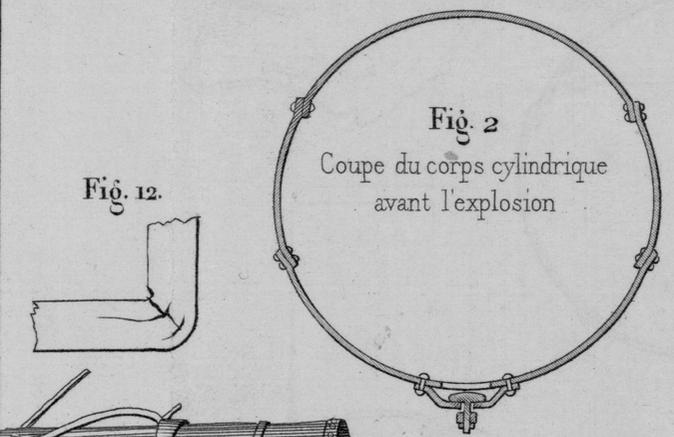


Fig. 2
Coupe du corps cylindrique
avant l'explosion

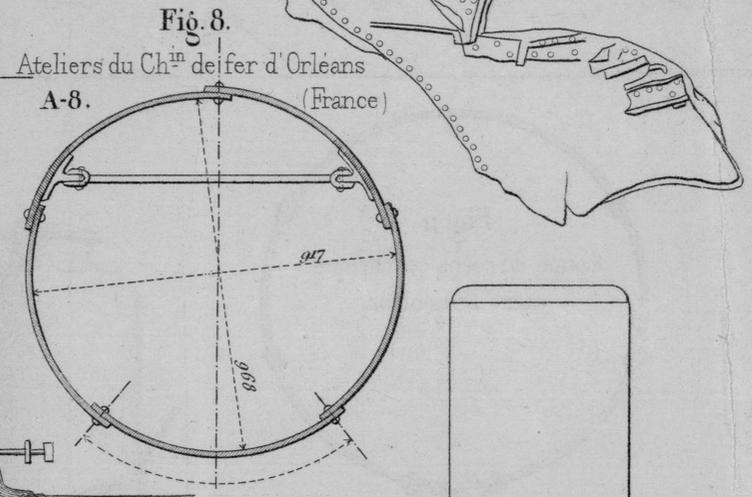


Fig. 8.
Ateliers du Chⁱⁿ de fer d'Orléans
A-8. (France)

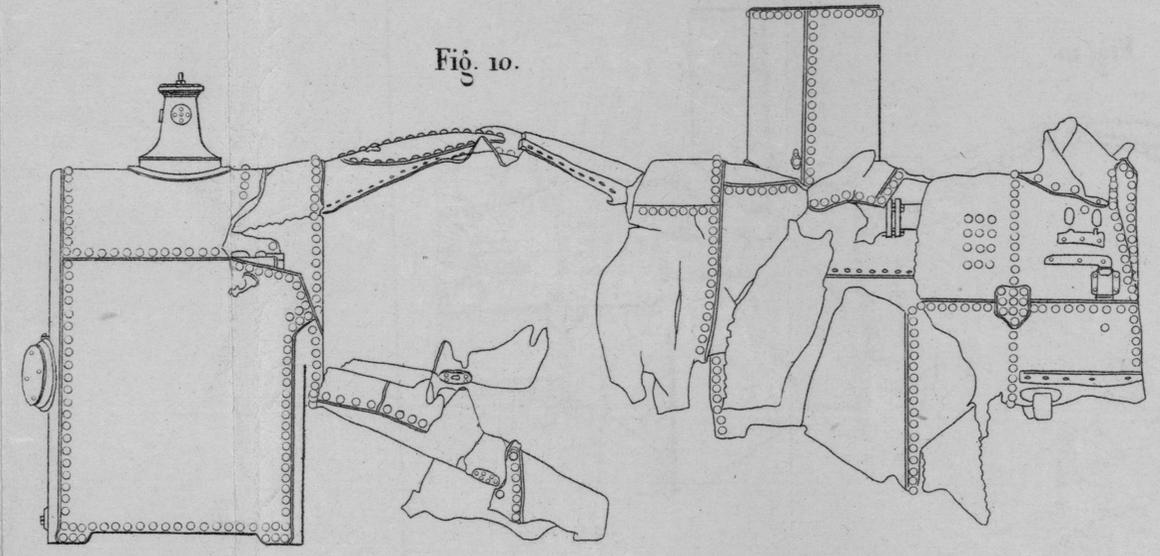


Fig. 10.

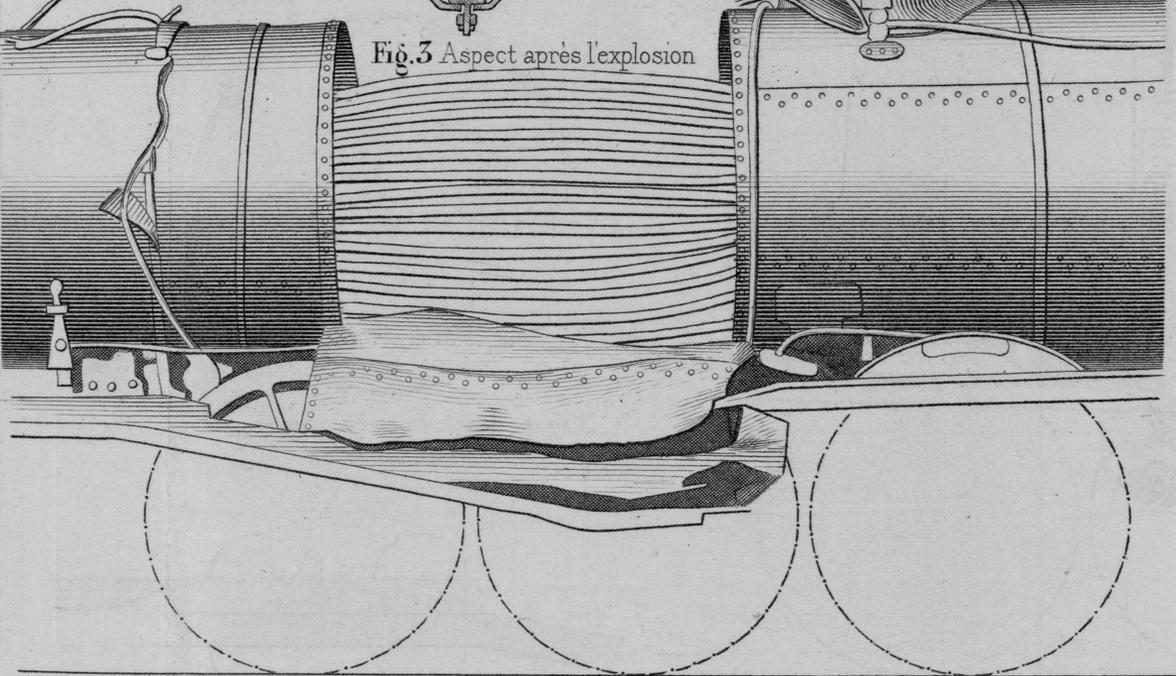


Fig. 3 Aspect après l'explosion

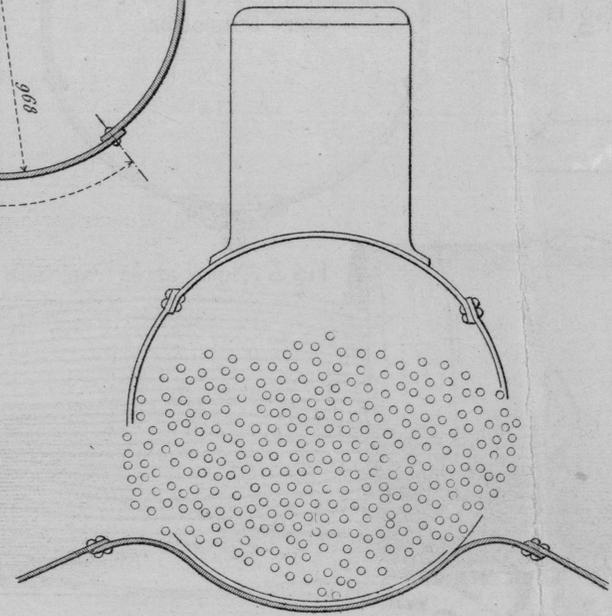


Fig. 4. Coupe du corps cylindrique
après l'explosion

Fig. 10 et 11. Réseau P-L-M. Algérien
A-11. (France)

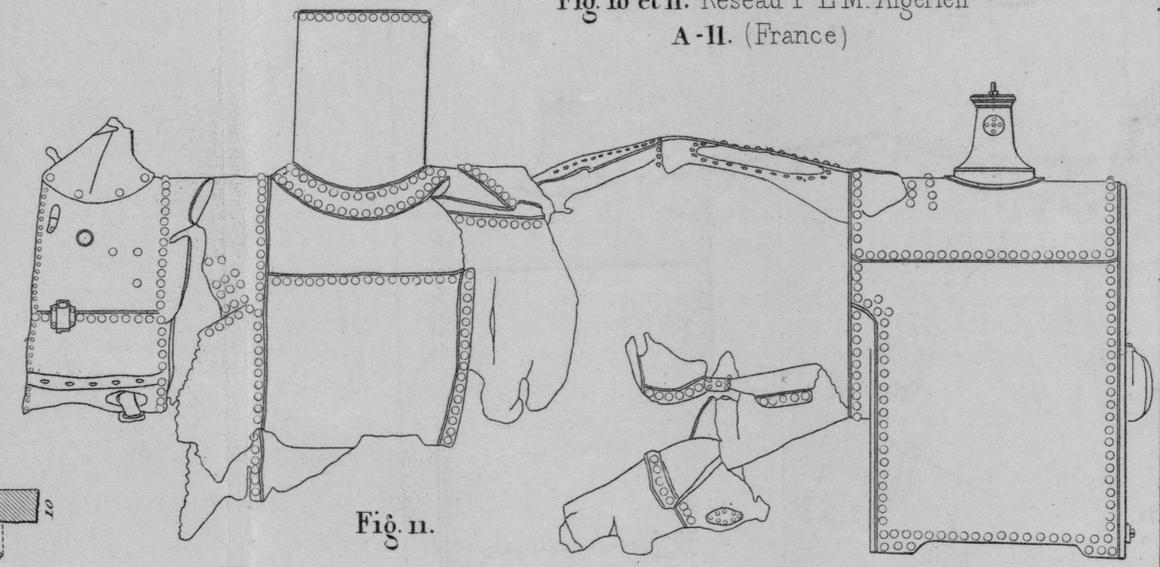


Fig. 11.

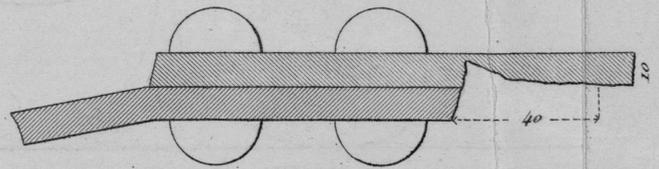


Fig. 5. Coupe de la corrosion

Fig. 2 à 5 Chemins de fer du Midi. A-5. (France)

Fig. 1 à 4. Chemin de fer de St-Etienne à Lyon. — B-3. (France)

Fig. 1. Coupe en long avant l'accident

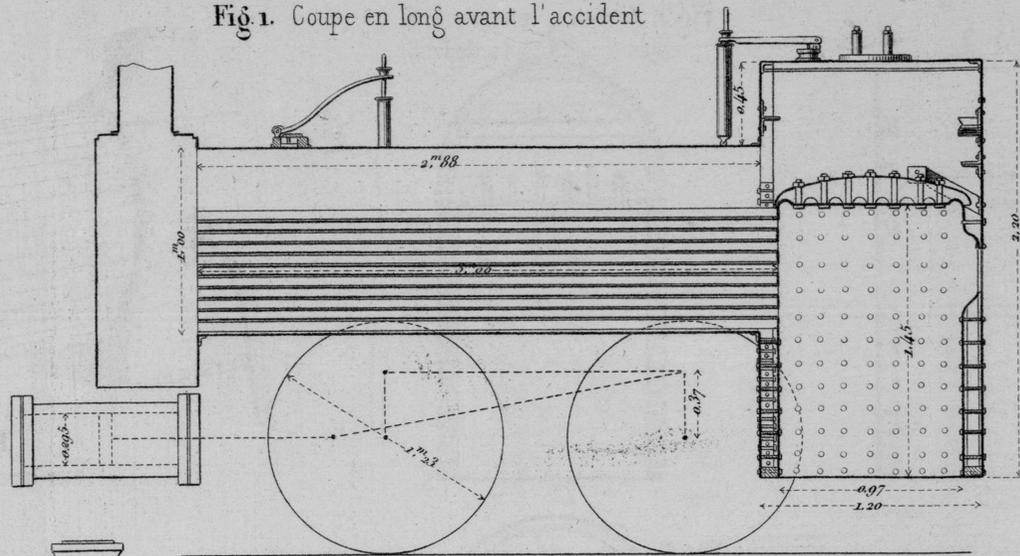


Fig. 2. Coupe en travers avant l'accident

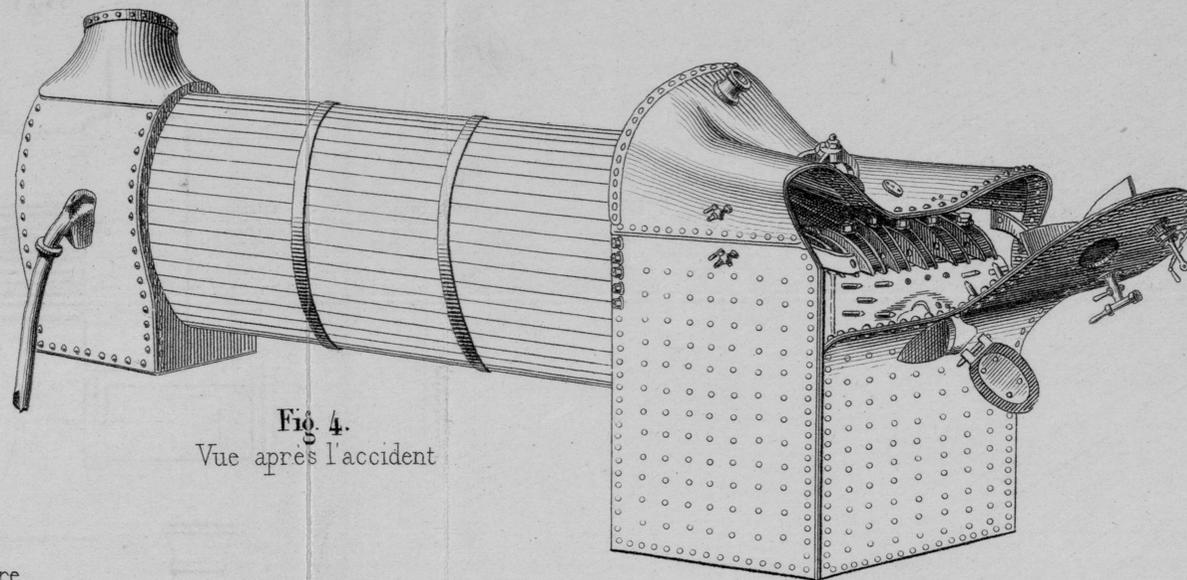
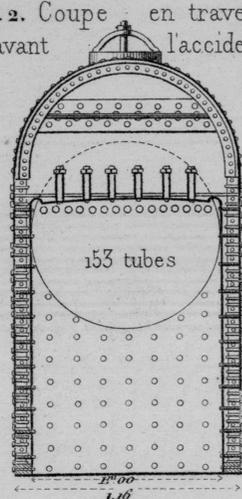


Fig. 4. Vue après l'accident

Fig. 3. de la face postérieure

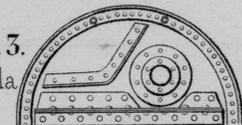


Fig. 5 à 8. Chemin de fer d'Orléans. — C-2. (France)

Fig. 6. par CD.

Coupe de la Fig. 5.

Fig. 5. Elevation avant l'explosion

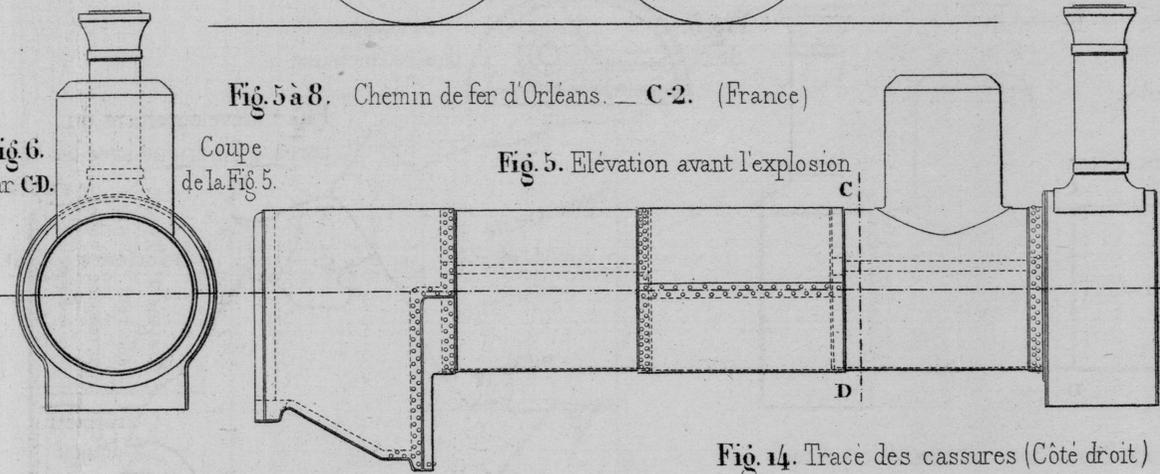


Fig. 7. Développement du corps cylindrique avec les lignes de rupture

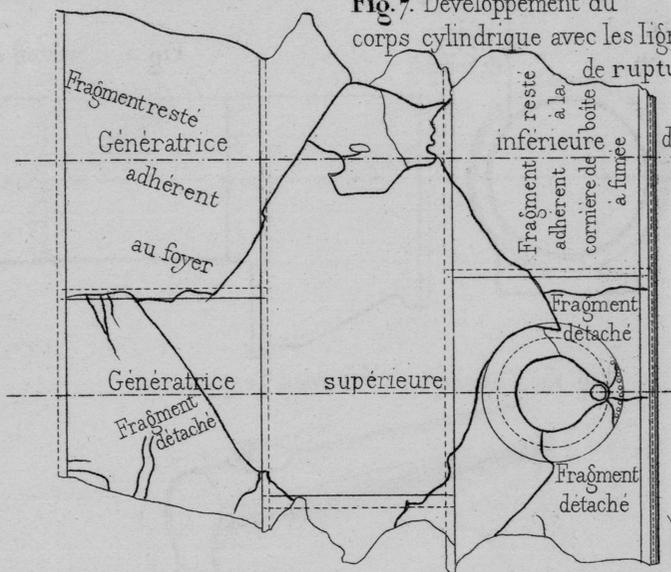


Fig. 9. Chⁱⁿ de fer du Nord D-2 (France)

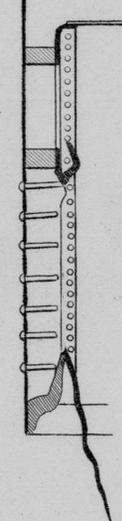


Fig. 12. Vue du ciel du foyer après l'accident

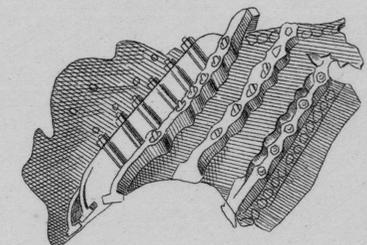


Fig. 8. Développement du dôme avec les lignes de rupture

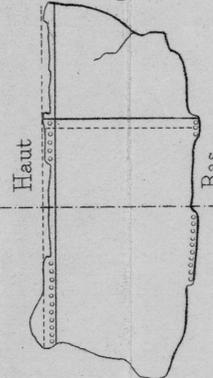


Fig. 14. Tracé des cassures (Côté droit)

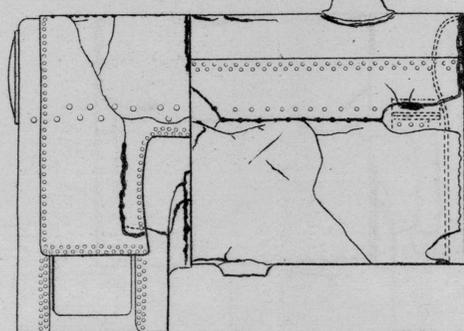


Fig. 13. Chaudière avant l'explosion

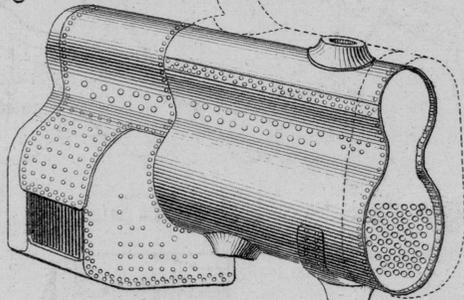


Fig. 15. Tracé des cassures (Côté gauche)

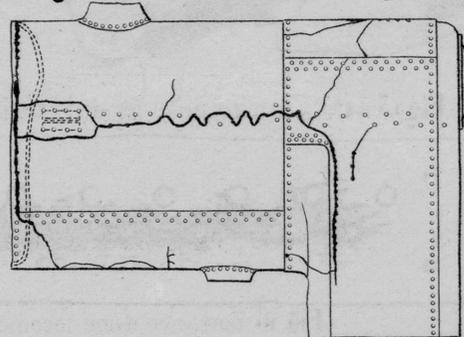


Fig. 13 à 17. Chemins de fer de l'Etat Belge — A-2. (Belgique)

Fig. 16. Corrosion d'une locomotive de la même Série



Fig. 17. Coupe de la corrosion représentée Fig. 16



Fig. 10 à 12. Chemins de fer du Midi D-3 (France)

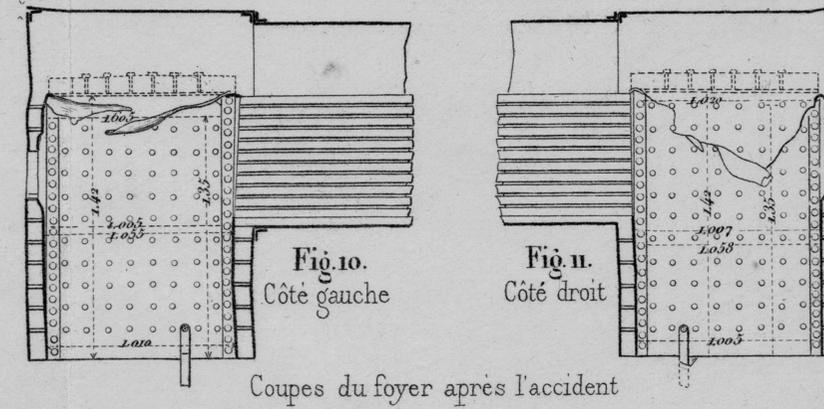


Fig.1 à 5. Etat Belge. A-3. (Belgique)

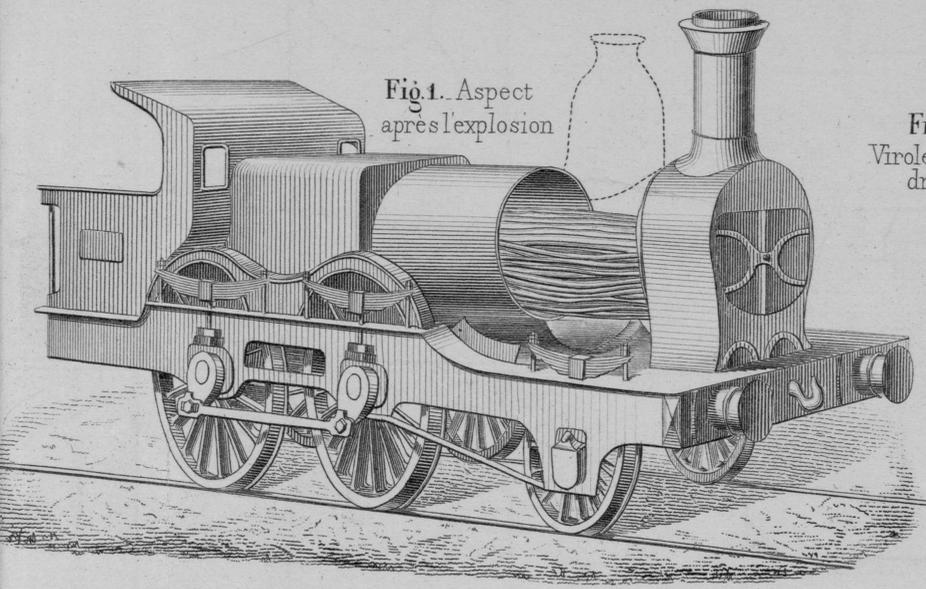


Fig. 1. Aspect après l'explosion

Fig. 2. Virole vue de droite

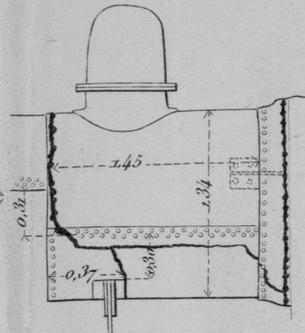


Fig. 3. Développement de la virole coupée par la génératrice inférieure - Vue extérieure

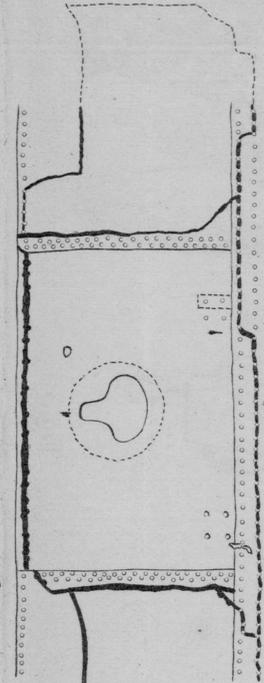


Fig. 4.

Coupe des sillons de corrosion

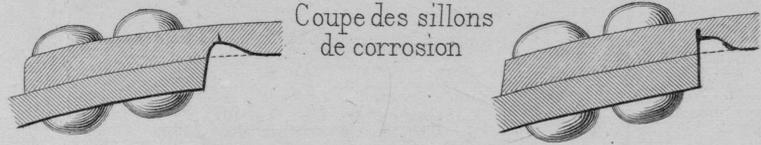


Fig. 5.

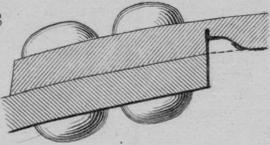


Fig. 10. Etat Néerlandais D-1. (Hollande)

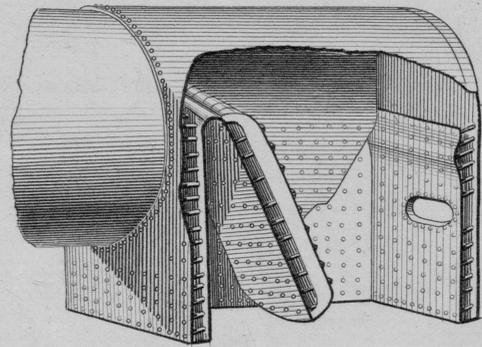


Fig. 13.

Dublin Wicklow & Wexford RY A-10. (Angleterre)

Fig. 8. Développement de la virole rompue. Vue intérieure

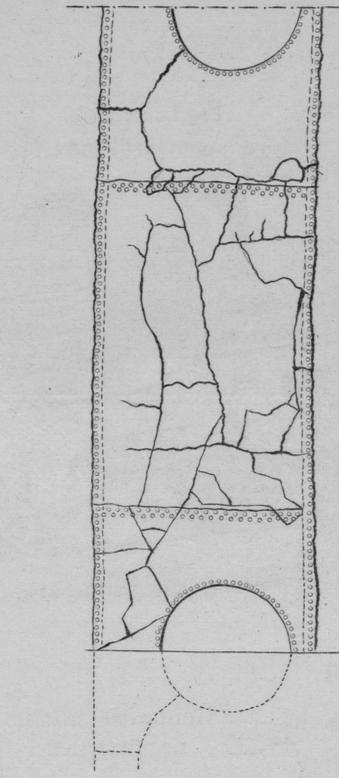


Fig. 9. Développement du dôme

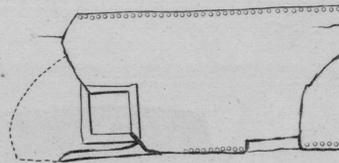


Fig 6 à 9. Grand Central Belge. -C4. (Belgique)

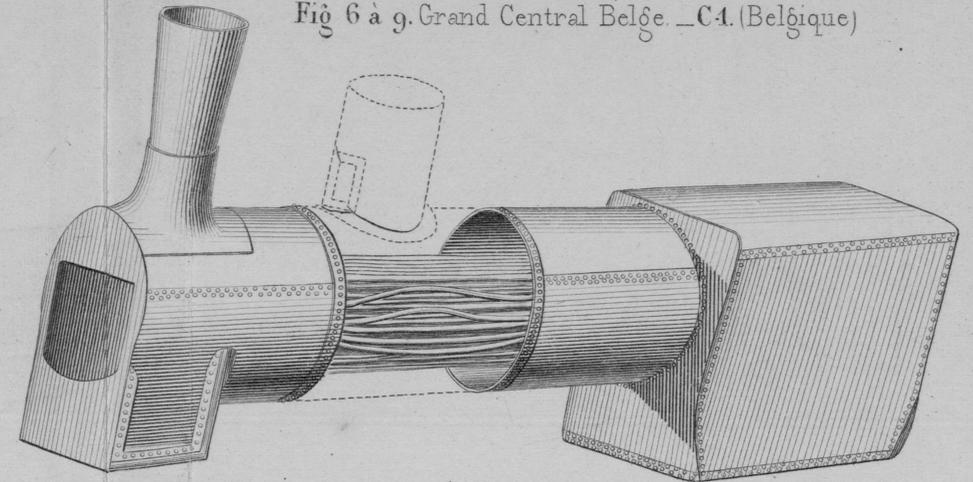


Fig. 6. Aspect après l'explosion

Fig. 7. Restitution de la virole rompue

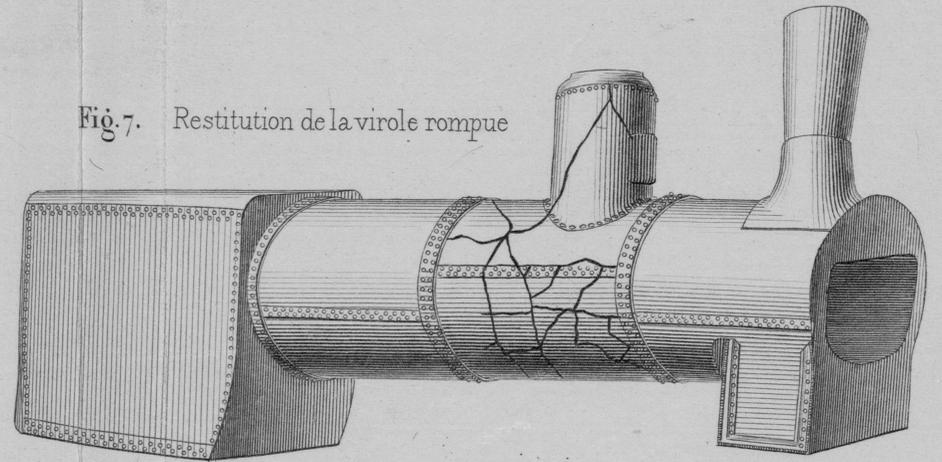


Fig. 12.

Whitehaven Cleator & Egremont RY A-8. (Angleterre)

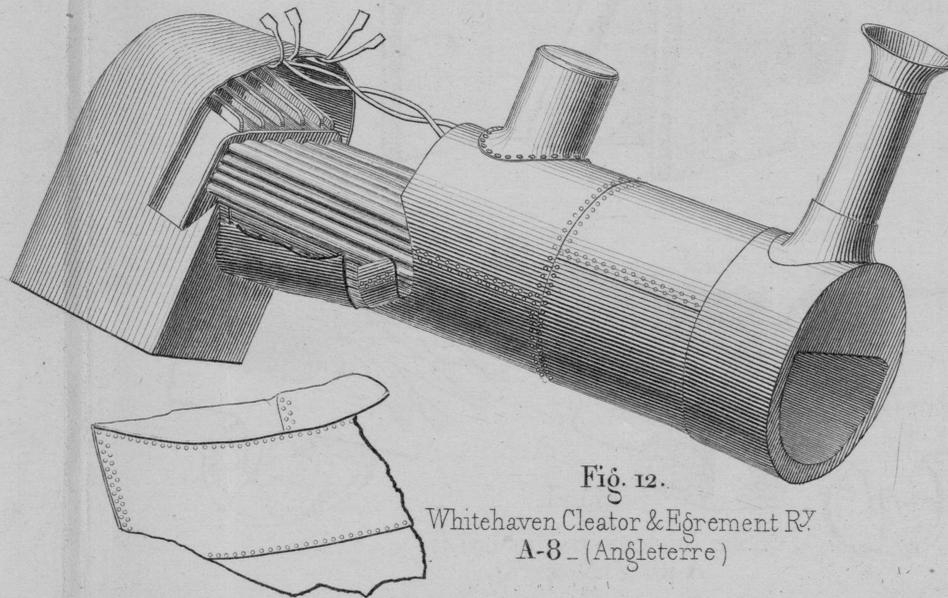
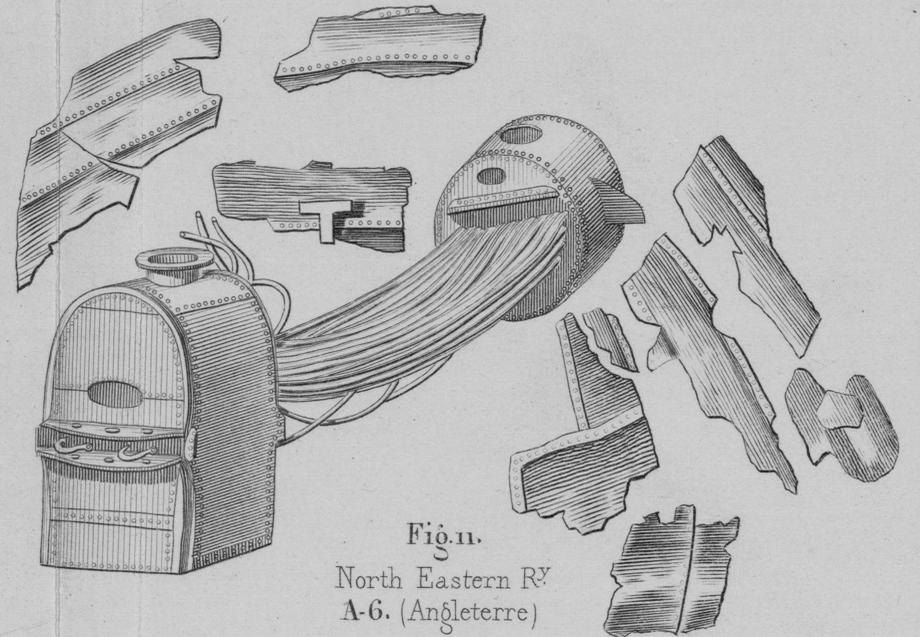
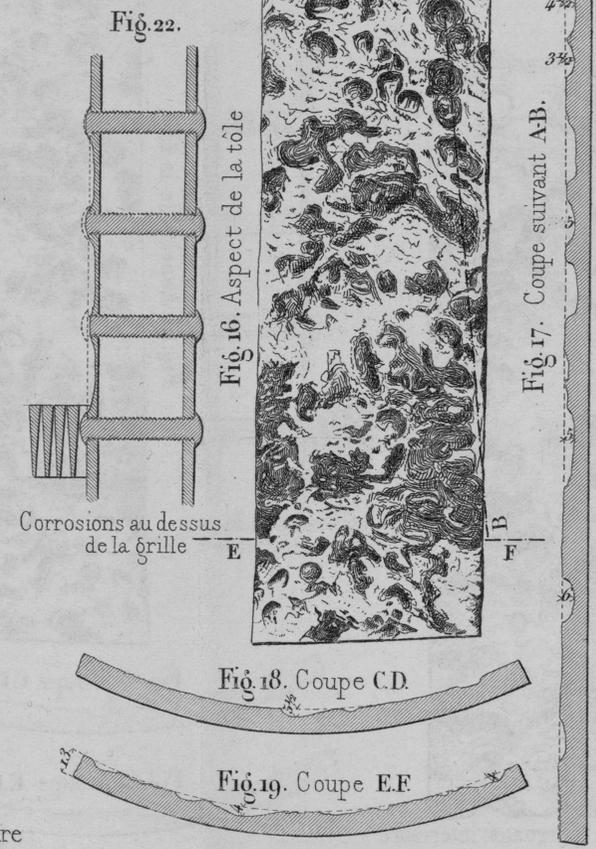
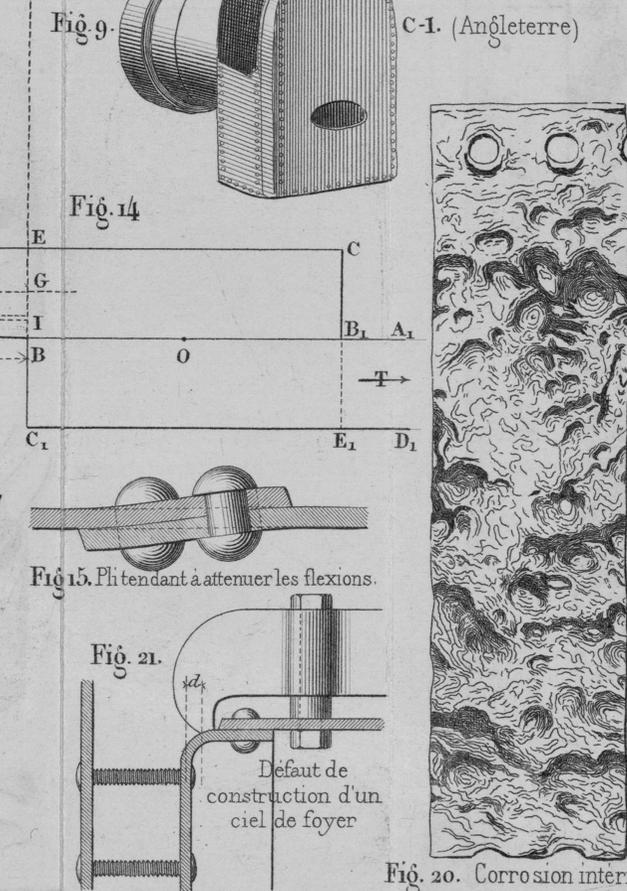
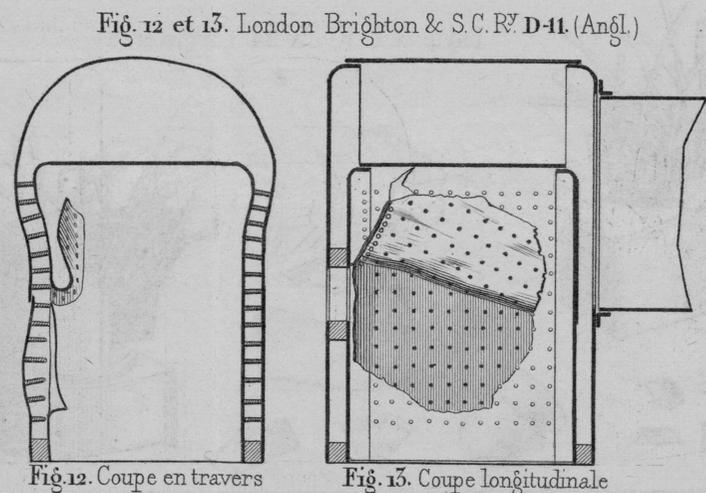
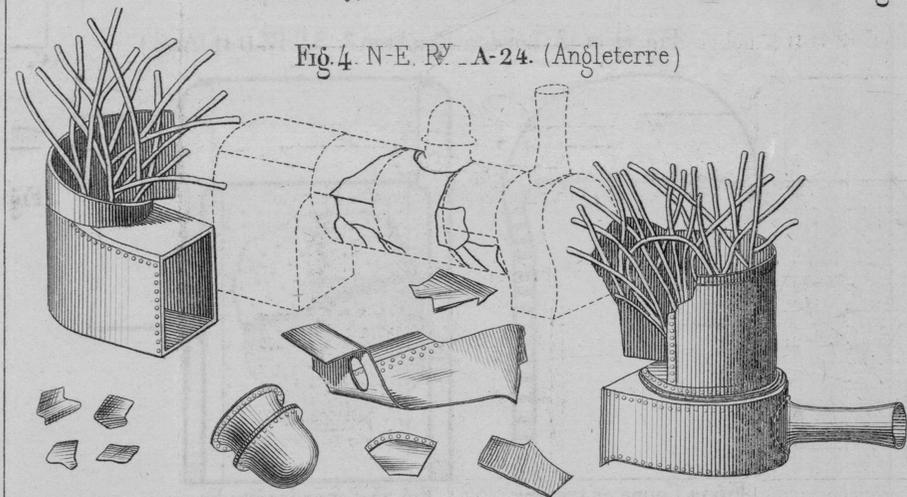
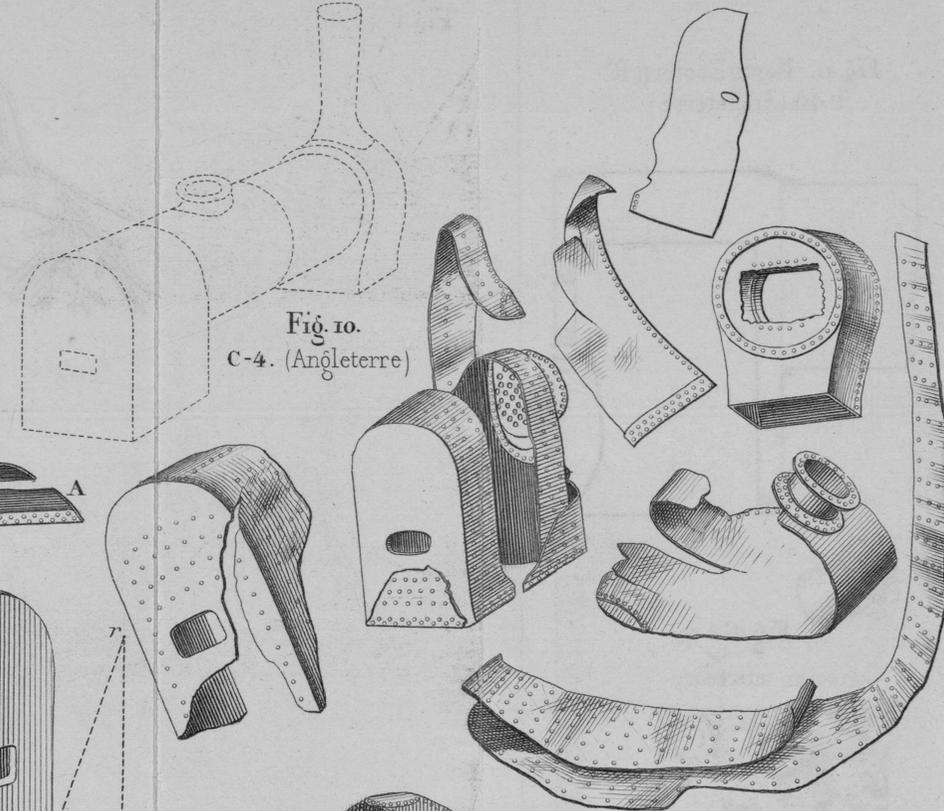
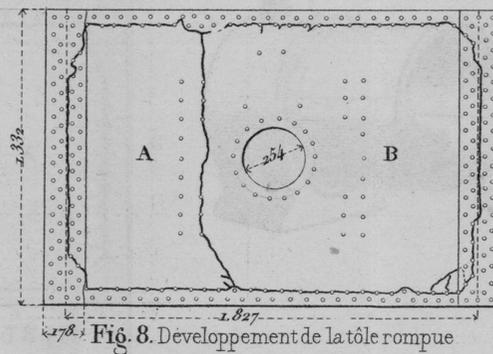
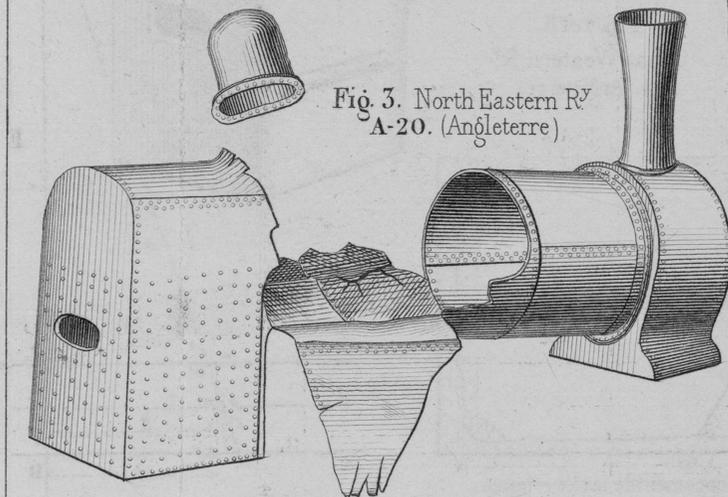
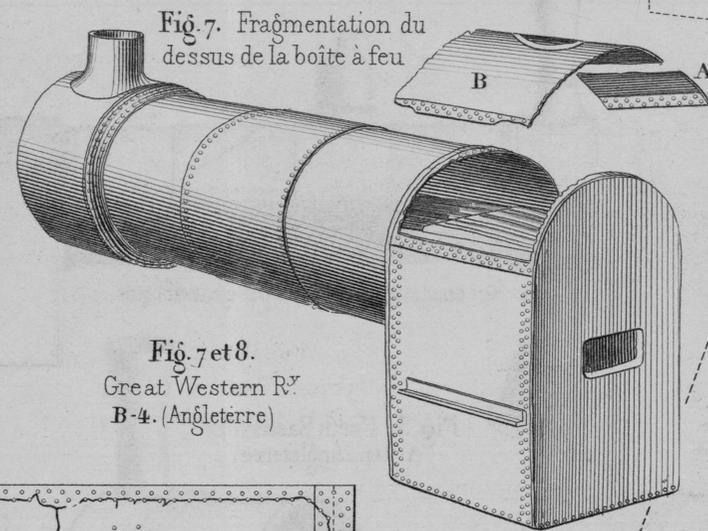
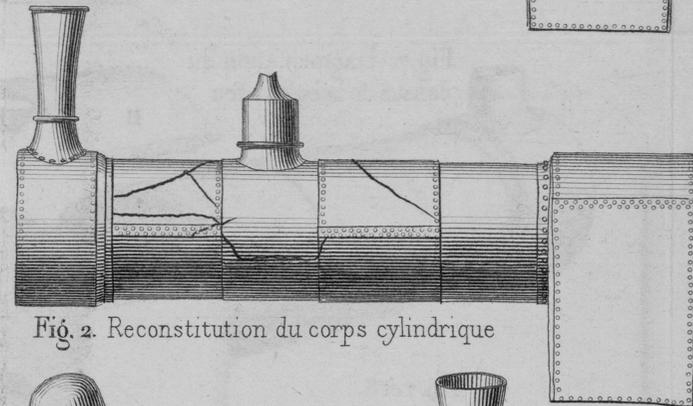
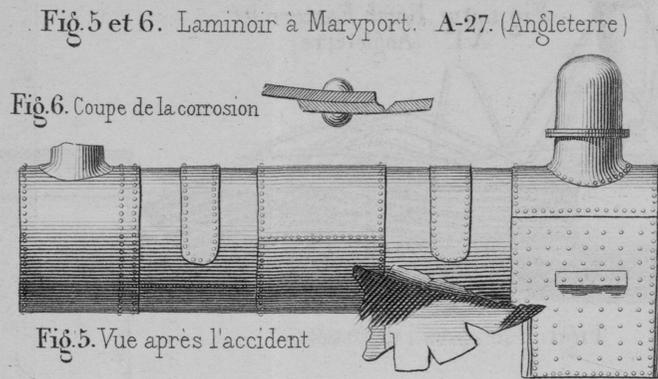
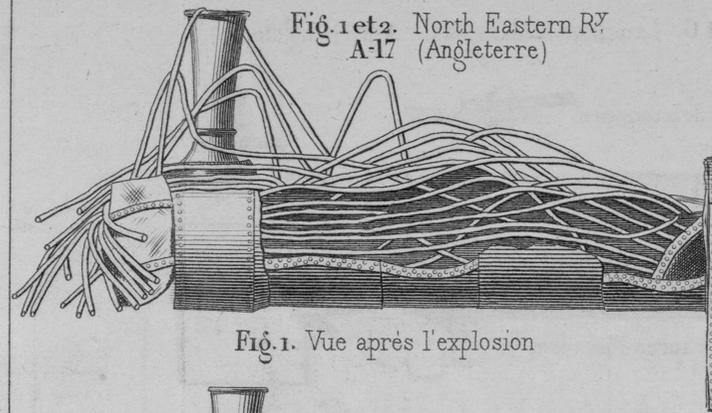


Fig. 11.

North Eastern RY A-6. (Angleterre)





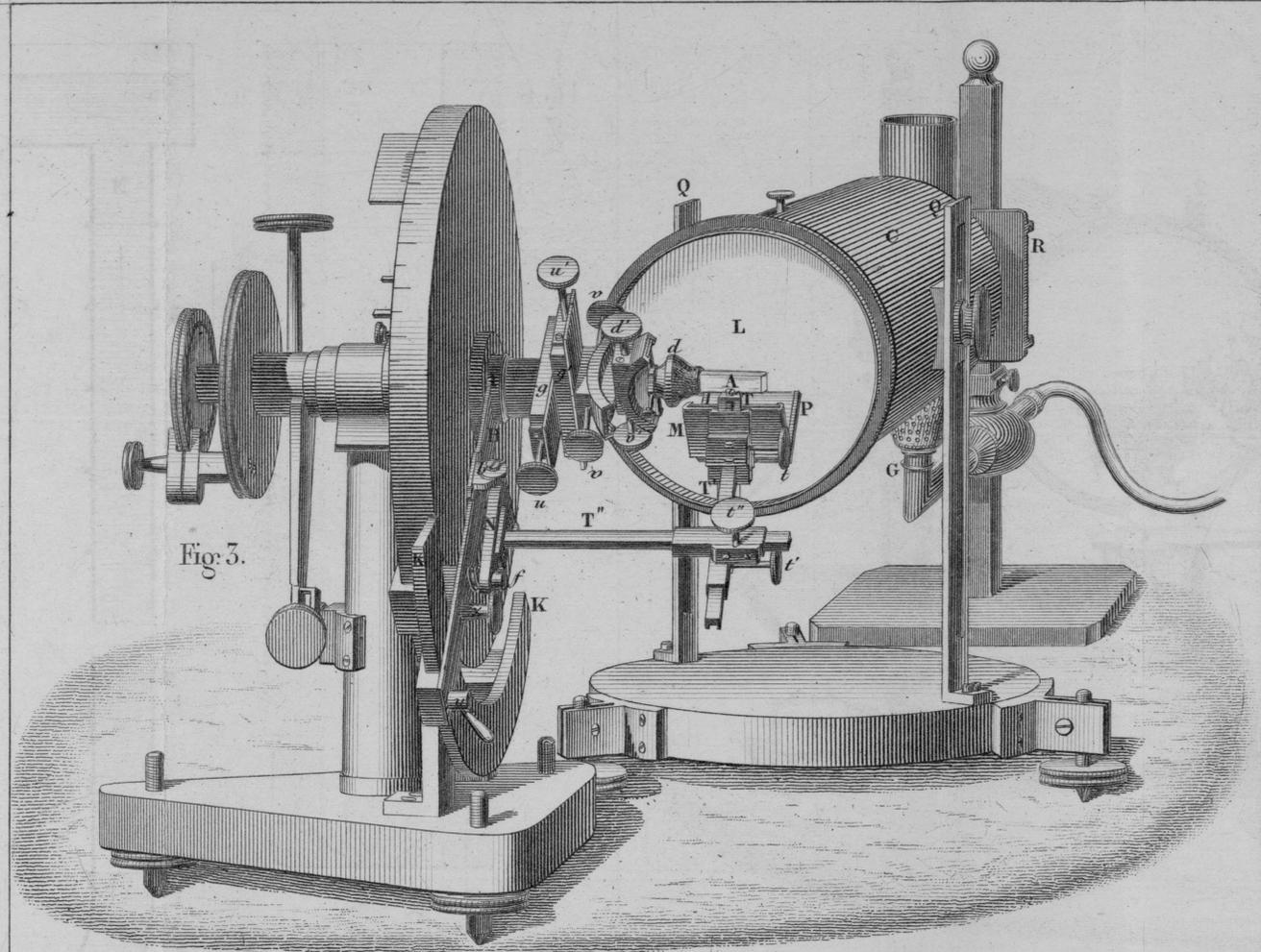


Fig. 3.

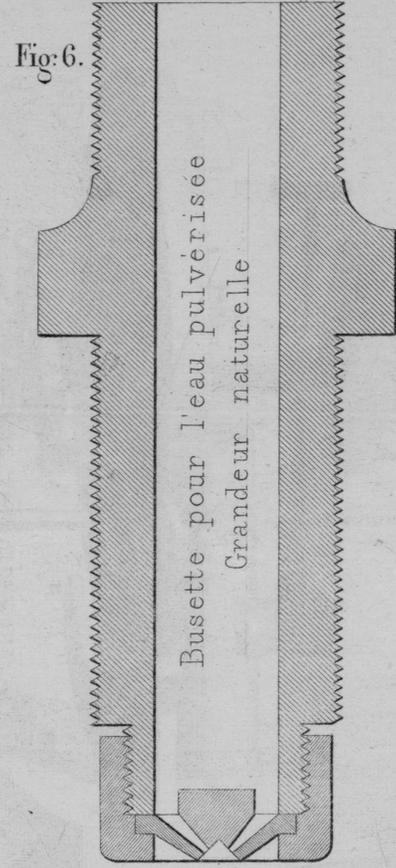


Fig. 6.

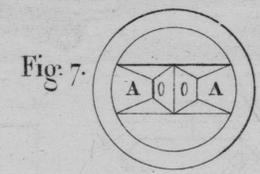


Fig. 7.

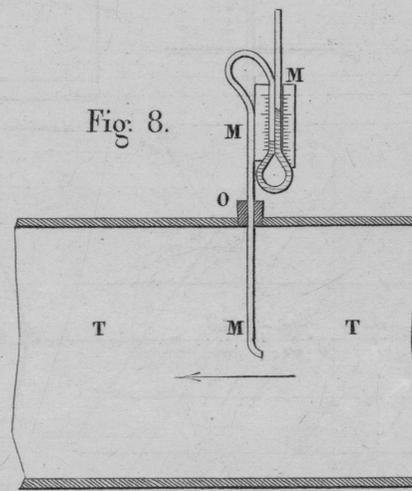


Fig. 8.

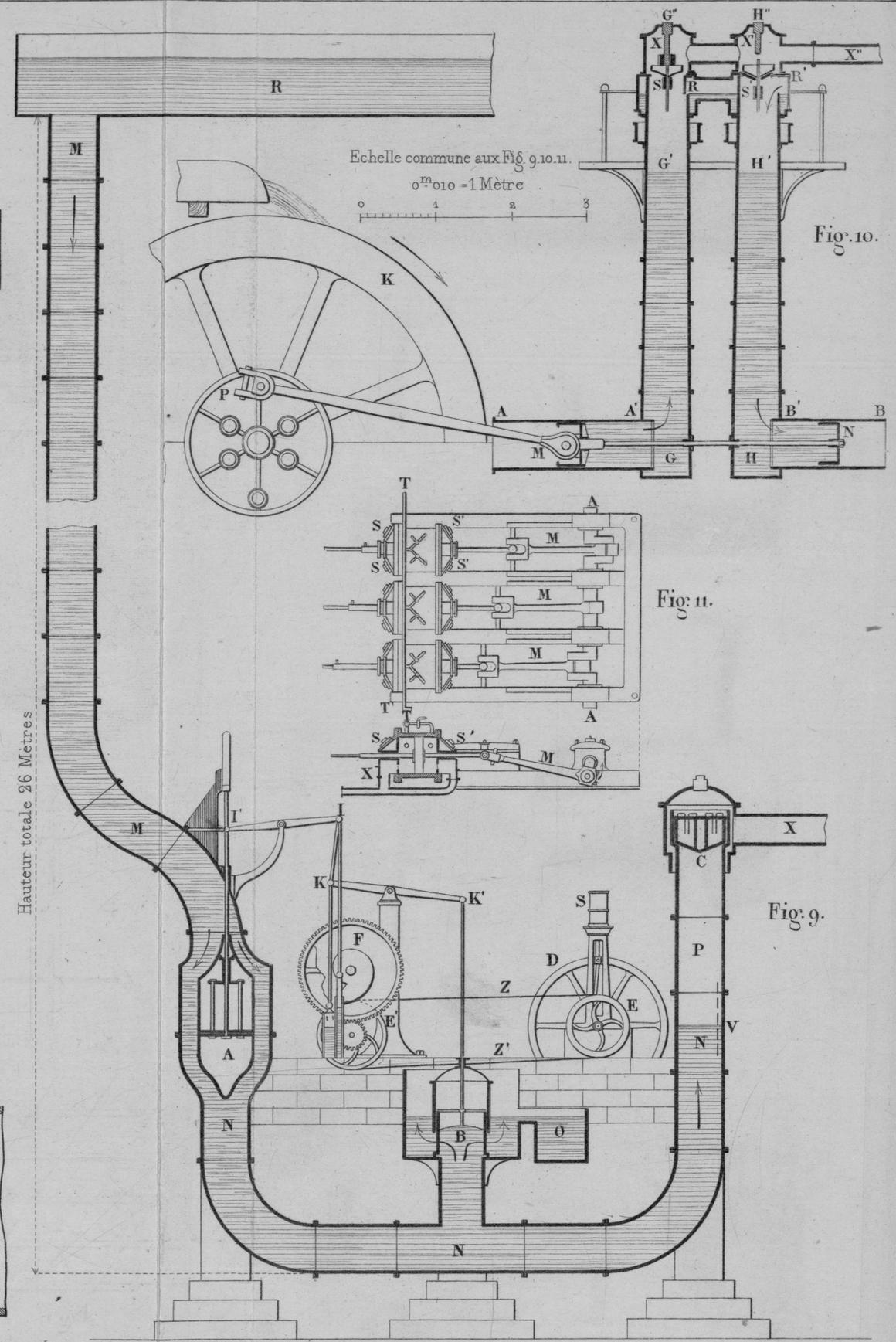


Fig. 10.

Fig. 11.

Fig. 9.

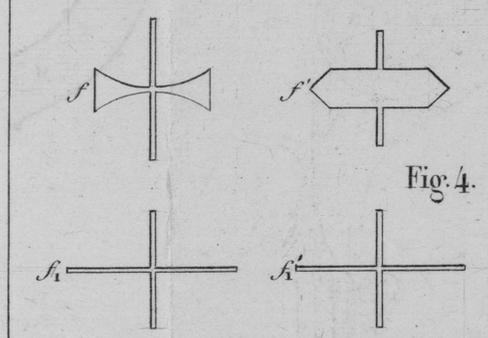


Fig. 4.

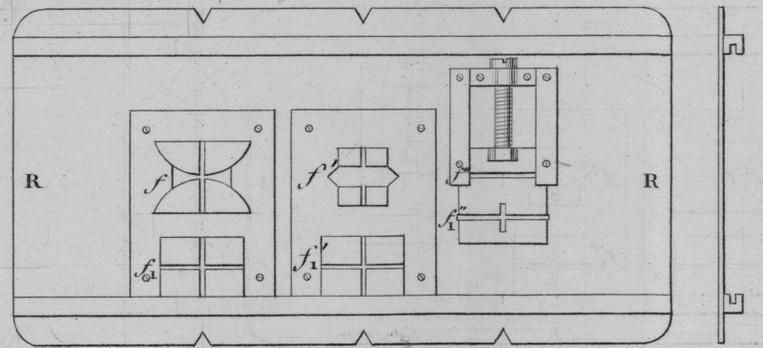


Fig. 5.

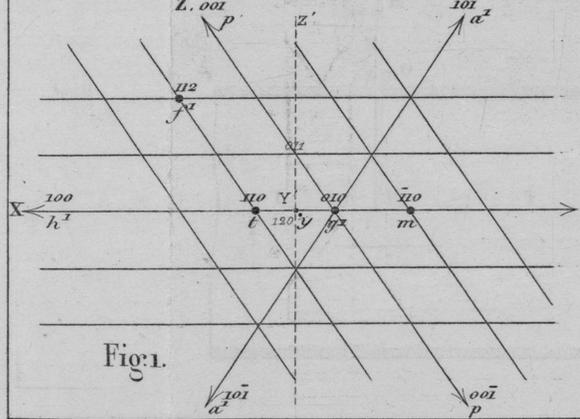


Fig. 1.

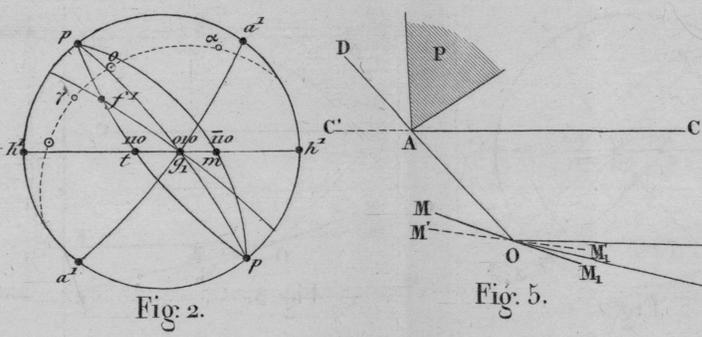


Fig. 2.