

ANNALES
DES MINES.



COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Les ANNALES DES MINES sont publiées sous les auspices de l'administration générale des Ponts et Chaussées et des Mines, et sous la direction d'une commission spéciale formée par le Ministre des Travaux Publics. Cette commission est composée, ainsi qu'il suit, des membres du conseil général des mines, du directeur et des professeurs de l'École des mines, et d'un ingénieur, adjoint au membre remplissant les fonctions de secrétaire :

MM.

ÉLIE DE BEAUMONT, sénateur, insp. général de 1^{re} cl., membre de l'Acad. des Sciences, professeur de géologie au Collège de France et à l'École des mines, *président*.

DE BOUREVILLE, conseiller d'État, inspecteur général de 1^{re} cl., secrétaire général du ministère de l'Agriculture, du commerce et des travaux publics.

THIRIAZ, inspecteur général de 1^{re} cl., membre de l'Académie des Sciences, directeur de l'École des mines.

LEVALLOIS, inspecteur général de 1^{re} cl.

LORIEUX, inspecteur général de 2^e cl.

DE BILLY, inspecteur général de 2^e cl.

BLAVIER, inspecteur général de 2^e cl.

FOURNEL, inspecteur général de 2^e cl.

DROUOT, inspecteur général de 2^e cl.

PIÉRIARD, inspecteur général de 2^e cl.

MM.

GRUNER, ingénieur en chef de 1^{re} cl., professeur de métallurgie.

DAUBRÉE, ingénieur en chef de 1^{re} cl., membre de l'Académie des Sciences, professeur de minéralogie.

CALLON, ingénieur en chef de 1^{re} cl., professeur d'exploitation.

RIVOT, ingénieur en chef de 2^e cl., professeur de docimasie.

DE CHEPPE, ancien chef de la division des mines.

LAMÉ-FLEURY, ingénieur ordinaire de 1^{re} cl., professeur de droit des mines et de drainage.

COUCHE, ingén. en chef de 1^{re} cl., prof. de chemins de fer et de construction, *secrétaire de la commission*.

DELESSE, ingén. ordinaire de 1^{re} cl., maître de conférence à l'École normale, *secrétaire adjoint*.

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 de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux Publics, à M. l'ingénieur en chef, secrétaire de la commission des ANNALES DES MINES, rue Bonaparte, n° 1, à Paris.*

Avis de l'Éditeur.

Les auteurs reçoivent *gratis* 15 exemplaires de leurs articles formant au moins une feuille d'impression. Ils peuvent faire faire des tirages à part à raison de 9 fr. par feuille jusqu'à 50, 10 fr. de 50 à 100, et 5 fr. 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 cahiers ou livraisons qui paraissent tous les deux mois. — Les six livraisons annuelles forment trois volumes, dont un consacré aux actes administratifs et à la jurisprudence. — Les deux volumes consacrés aux matières scientifiques et techniques contiennent de 70 à 80 feuilles d'impression, et de 18 à 24 planches gravées. — Le prix de la souscription est de 20 fr. par an pour Paris, de 24 fr. pour les départements, et de 28 fr. pour l'étranger.

PARIS. — IMPRIMÉ PAR E. THUNOT ET C^e, RUE RACINE, 26.

ANNALES DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

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

RÉDIGÉS

PAR LES INGÉNIEURS DES MINES,

ET PUBLIÉS

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

SIXIÈME SÉRIE.

MÉMOIRES. — TOME V

PARIS.

DUNOD, ÉDITEUR,

SUCCESSEUR DE V^o DALMONT.

Précédemment Carilian-Gœury et Victor Dalmont,

LIBRAIRE DES CORPS IMPÉRIAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,

Quai des Augustins, n° 49.

1864



BIBLIOGRAPHIE.

DEUXIÈME SEMESTRE DE 1863.

OUVRAGES FRANÇAIS.

1° *Mathématiques pures.*



- ADDE. Quadrature du cercle. In-4, oblong, 11 pages. (8739)
- Annales de l'Observatoire impérial de Paris, publiées par U. J. Le Verrier, directeur de l'Observatoire. Observations, t. XVII (1861). In-4, VIII 200 p. — (1451)
- Annales de l'Observatoire. T. VI. Observations (1845-1846). In-4, VI-353 p. — (2135)
- Annales de l'Observatoire. T. VII. Observations (1847). In-4, VI-294 p. — (4988)
- Annales de l'Observatoire. T. VII. Mémoires. In-4, VIII-396 p. et 7 pl. — (5679)
- Annales de l'Observatoire. T. VIII. Observations (1848-1849). In-4, VI-360 p. — (8022)
- Annales de l'Observatoire. T. XVIII. Observation (1862). In-4, VIII-571 p. — (9745).
- BABINET. Études et lectures sur les sciences d'observations et leurs applications pratiques; 4^e vol. In-12. 304 p. — (10691)
- BOURGET. Influence de la rotation de la terre sur le mouvement des corps à la surface. Propriété mécanique nouvelle de la cycloïde. In-8, 18 p. et pl. — (5125)
- BOVIER-LAPIERRE. Traité élémentaire des approximations numériques. Gr. in-12, 60 p. — (7578)

- CHEVALLÔT. Tables pour le tracé des courbes sur le terrain, sinus et tangentes naturelles, de minute en minute. 3^e édit. In-16, 42 p., tableaux et planches. — (9263)
- CHEVIGNÉ (de). Tables numériques destinées à faciliter les opérations topographiques, calculées pour la division sexagésimale de la circonférence. 2^e édit. In-16, xvi-48 p. — (8048)
- CLAUDEL. Introduction à la science de l'ingénieur. Aide-mémoire des ingénieurs, des architectes, etc. Partie théorique; 3^e édit., revue et considérablement augmentée. In-8, xvi-905 p. — (5026)
- DAVID. Résolution des équations différentielles qui admettent pour intégrales des équations de forme déterminée. In-8, 46 p. — (9285)
- DUPUIS. Tables de logarithmes à cinq décimales, d'après J. de Lalande; édition stéréotypée disposée à double entrée, contenant les logarithmes des nombres de 1 à 10.000, etc. In-18, xii-219 p. — (10266)
- GIROUD et LESBROS. Table de sinus naturels pour la levée des plans de mines, et pour faciliter quelques opérations de trigonométrie calculées jusqu'à 100 mètres; 2^e édit. In-8, 150 p. — (11980)
- HERMITE. Sur la théorie des fonctions elliptiques; institut impérial de France. Académie des sciences. In-4, 6 p. — (10538)
- Journal de l'École impériale polytechnique, publié par le conseil d'instruction de cet établissement; 59^e cahier. T. XXVII. In-4, 230 p. et 6 pl. — (127)
- LANDUR. Remarques sur un point fondamental de la théorie de la lumière. In-8, 4 p. — (504)
- PEILLON. Notice sur l'enseignement du dessin industriel. In-8, 16 p. — (8685)
- PICART. Essai d'une théorie géométrique des surfaces. Propositions de mécanique données par la Faculté. Thèses pour le doctorat ès sciences mathématiques. In-4, 72 p. et pl. — (8688)
- SMITH. Quadrature du cercle. Réponse à la question : Existe-t-il un rapport commensurable entre le cercle et d'autres figures géométriques? Par un membre de l'Association britannique pour l'avancement de la science (James Smith); traduit par Armand Grangès. In-8, viii-31 p. et fig. — (10896)
- TRESCA. Traité élémentaire de géométrie descriptive, rédigé d'après les ouvrages et les leçons de Théodore Olivier; 2^e édit. In-8, xvi-230 p. et atlas de 64 pl. — (10399)

2^e Physique, chimie.

- ALLIBERT. Recherches sur l'exhalation carbonique des animaux domestiques. In-8, 23 p. — (7542)
- BECQUEREL. Recherches sur la température de l'air au nord, au midi, loin et près des arbres; suivies de notes sur la psychrométrie électrique; nouveau mémoire sur la coloration électro-chimique et le dépôt de peroxyde de fer sur des lames de fer et de cuivre, et mémoire sur la production électrique de la silice et de l'alumine. Institut impérial de France. In-4, 205 p. — (3601)
- BÉRON. Météorologie simplifiée par l'application de la loi physique au mode de la production : 1^o de la chaleur terrestre par celle du ciel; 2^o des courants maritimes; 3^o des saisons avec les climats; 4^o des vents avec les pluies; et 5^o de l'électricité avec l'état magnétique. Ouvrage indispensable aux marins. In-8, 222 p. — (1054)
- BÉRON. Découverte du fluide échogène, démontrée dans les propriétés communes à ce fluide et à la lumière, dans le mode de la production des sons harmoniques et du timbre, etc. In-8, 64 p. — (7515)
- BLONDLOT. Sur la transformation de l'arsenic en hydrure solide par l'hydrogène naissant sous l'influence des composés nitreux ou de la pression. In-8, 25 p. — (5923)
- BOBIERRE. L'atmosphère, le sol, les engrais; leçons professées de 1850 à 1862 à la chaire municipale et à l'École préparatoire des sciences de Nantes; avec une introduction, par M. Jules Rieffel. In-12, xii-637 p. — (6412)
- CASTILLON. Récréations physiques. Ouvrage illustré de 35 vignettes par Castelli. Gr. in-16, 340 p. — (6892)
- CHAUTARD. Résumé des observations météorologiques faites en Lorraine pendant l'année 1862. In-8, 15 p. et tableau. — (7545)
- CHÉVREUL. Recherches chimiques sur la teinture : 12^e, 13^e et 14^e mémoires. Institut impérial de France. In-4, 406 p. — (6171)
- GRACE-CALVERT et JOHNSON. Mémoires pour la conductibilité relative pour la chaleur des métaux et des alliages; traduction par M. Charles Thierry-Mieg fils. In-4, 63 p. et 1 pl. — (10027)
- LÉGUIN. Cours de physique élémentaire, avec les applications à la météorologie, à l'usage des lycées et des établissements d'in-

- struction secondaire ; avec 760 figures intercalées dans le texte. In-8, VIII-756 p. (10028)
- DEBRAY. Des principales sources de lumière. In-8, 27 p. — (6917)
- DEBRAY. Problèmes de chimie extraits des cours élémentaires de chimie de H. Debray. In-8, 16 p. — (7609).
- DESPLATS. Physique médicale. Lois générales de la production et de la propagation du courant électrique. In-8, 85 p. — (7368)
- DOLLFUS-AUSSET. Matériaux pour l'étude des glaciers; tome II: Hautes régions des Alpes, Géologie, Météorologie, Physique du globe. Gr. in-8, 611 p. — (1505)
- DOLLFUS-AUSSET. Matériaux pour l'étude des glaciers. T. III: phénomènes erratiques. Gr. in-8, 754 p. — (6461)
- DUMAY. Étude sur les engrais et sur l'action de leurs principaux éléments, ou Résumé extrait des recherches et travaux de MM. Liebig, Boussingault, Payen, Malaguti, etc.; de quelques notions et principes importants en matière d'engrais, de nutrition végétale et de culture. In-8, 47 p. — (7628)
- FAVRE et FERRAN. Expériences de physique générale. Démonstration de la force diffuse maniée pratiquement en mode dynamique. Courants tensionnels. Courants d'induction. Aimants temporaires. Attraction et répulsion. In-8, 51 p. — (8822)
- GOUNELLE. Observations sur les expériences de M. Guillemin. In-8, 28 p. et 1 pl. — (8835)
- GRANDAY. Météorologie : La Clef du temps. Gr. in-18, 72 p. — 31)
- GRANDEAU. Instruction pratique sur l'analyse spectrale, comprenant : 1° la description des appareils, 2° leur application aux recherches chimiques; 3° leur application aux observations physiques; 4° la projection des spectres; avec 2 pl. sur cuivre, et 1 pl. chromo-lithographiée. In 8, VIII-80 p. — (8596)
- HIRN. Théorie mécanique de la chaleur; confirmation expérimentale et démonstration analytique de la seconde proposition de la théorie. In-8°, 61 p. — (5321)
- JAMIN. Cours de physique de l'École polytechnique. 2^e édition, t. I, illustré de 270 figures dans le texte et d'une pl. sur acier. In-8, XVI-556 p. — (6504)
- LACAZE. Étude sur les eaux minéro-thermales de Rouzat (Puy-de-Dôme). In-8°, VII-95 p. — (7415)
- MALAGUTI. Chimie appliquée à l'agriculture: précis des leçons professées depuis 1852 jusqu'à 1862, sur différents sujets d'agriculture. Nouvelle édition, t. III. In-18 jésus, 357 p. — (145)
- MEUREIN. Observations météorologiques faites à Lille pendant l'année 1861-1862. In-8°, 54 p. et 1 pl. — (9116)

- MORHANGE (de). Recherches expérimentales sur le degré de chaleur nécessaire à la fusion du métal (bronze) de canon, du fer brut, de l'étain, du plomb, du zinc, du cuivre jaune, etc. In-8°, 17 p. et pl. — (529)
- MORIN. Physique médicale. Lois générales de la chaleur rayonnante. Thèse pour l'agrégation (section des sciences physiques). In-8°, 85 p. — (7460)
- MORREN. Des phénomènes lumineux que présentent quelques flammes, et en particulier celles du cyanogène et de l'acétylène; constitution de la flamme des gaz carburés. In-8°, 15 p. — (11107)
- NICKLÈS. De l'analyse de la fonte et de l'acier; recherche du soufre et du phosphore dans ces métaux. In-8°, 7 p. — (6056)
- NICKLÈS. Sur une nouvelle classe de combinaisons chimiques. In-8°, 11 p. et pl. — (6551)
- NOBLET. Du rôle des composés sodiques dans l'économie. Thèse pour le doctorat en médecine. In-4°, 88 p. — (6294)
- Observations météorologiques faites à Nijné-Taguisk (monts Oural, gouvernement de Perm). Année 1861. In-8°, 45 p. — (6554)
- PELOUZE et FREMY. Traité de chimie générale, analytique, industrielle et agricole, 3^e édition, entièrement refondue, avec fig. dans le texte. Chimie organique. T. V. In-8°, 561-1125 p. — (7955)
- PERROT DE CHAUMÉUX. Collodion sec, exposé de tous les procédés connus, manipulations, formules; suivi d'un aperçu de l'opinion des divers auteurs sur la formation de l'image photographique dans la chambre noire. Gr. in-18, II-153 p. — (7746)
- PÉTREQUIN. Examen critique des divers modes de préparations qu'on fait subir aux eaux minérales dans le but d'en concentrer les éléments de minéralisation. In-8°, 25 p. — (8686)
- POEY. Sur l'action chimique de la lumière diffuse observée à la Havane à l'aide d'un nouvel actinographe chimique. In-8°, 7 p. — (6308)
- POUILLET. Nouvelle méthode pour graduer les aréomètres à degrés égaux et l'alcoomètre centésimal. Institut impérial de France. In-4°, 98 p. — (7754)
- RENARD. Théorie du magnétisme terrestre dans l'hypothèse d'un seul fluide électrique. In-8°, 78 p. — (12076)
- RÉVEIL et DUMOULIN. Études de chimie, de matière médicale et de thérapeutique sur les eaux minérales de Salins (Jura). In-8°, 151 p. — (8707).

- ROTH. Des pyroléines et des huiles minérales inoxydables pour le graissage des machines de filature et de tissage. In-8°, 72 p. — (5650)
- SCHLAGDENHAUFFEN. De l'intervention des forces physiques dans les phénomènes d'absorption. Thèse pour le concours d'agrégation des sciences physiques, présentée à la Faculté de médecine de Strasbourg. In-4°, 42 p. — (7267)
- SCHÜTZENBERGER. Essai sur les substitutions des éléments électro-négatifs aux métaux dans les sels, et sur les combinaisons des acides anhydres entre eux. Propositions de physique données par la Faculté. Thèses présentées à la Faculté des sciences de Paris pour le doctorat ès-sciences physiques. In-4°, 61 p. — (7277)
- VERDET et BERTHELOT. Leçons de chimie et de physique professées en 1862. In-8°, 376 p. — (807)
- VIOLETTE. Mémoire sur la raffinerie impériale de salpêtre de Lille. In-8°, 30 p. et pl. — (11175)
- WILLEMIN. Recherches expérimentales sur l'absorption par le tégment externe de l'eau et des substances solubles. In-8°, 64 p. — (9954)

3° Mécanique appliquée, exploitation et droit des mines.

- ARMENGAUD. Le Vignole des mécaniciens; essai sur la construction des machines, étude des éléments qui les constituent, types et proportions des organes qui composent les moteurs, les transmissions de mouvement et autres mécanismes; 1^{er} fascicule, In-4°, XLVIII-360 p. — (11412)
- CAZIN. Exposé de la théorie mécanique de la chaleur, présenté à la Société des sciences naturelles de Seine-et-Oise. In-8°, 64 p. et pl. — (7112)
- CHÉRADAME. Douze lettres sur le sauvetage à propulseur sous-marin de Chéradame. In-8°, 49 p. — (8791)
- CHRÉTIEN. Des machines-outils; leur importance, leur utilité; progrès dans leur fabrication constaté par l'exposition universelle de Londres en 1862. Texte accompagné de 3 pl. gr. in-fol. In-8°, 55 p. — (9265)
- COLPAERT. Étude sur la métallurgie au Cerro de Pasco (Pérou). In-8°, 56 p. — (8284)
- DECHARME. Application de l'adhérence électro-magnétique aux locomotives sur les chemins de fer. In-8°, 16 p. — (7611)

- DELACOUR. Étude sur les machines à vapeur marines et leurs perfectionnements. In-8°, 54 p. (9037)
- Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée par les ordres de M. le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, T. XLIII. In-4° à 2 col., 573 p. et 60 pl. — (1507)
- Description des machines et procédés. T. XLIV. In-4° à 2 col., 364 p. et 61 pl. — (5045)
- GÉRARD. Roue-turbine; nouveau récepteur hydraulique à axe horizontal, à libre déviation des veines liquides continues sur la concavité des aubes courbes. In-4°, 9 p. et 1 pl. — (3682)
- GIRARD. Application des surfaces glissantes. In-4°, 8 p. et pl. — (5685)
- GIRARD. Hydraulique. Utilisation de la force vive de l'eau appliquée à l'industrie. Critique de la théorie connue, et exposé d'une théorie nouvelle. Avec 13 pl. In-4°, 41 p. — (8094)
- GIRAULT. Cinématique. Théorèmes généraux relatifs à la transmission du mouvement au moyen de cordages. In-8°, 31 p. — (9519)
- LA HUMIÈRE (DE). Note sur les charges de poudre comprimées pour armes à feu. In-8°, 27 p. — (8127)
- MAGNUS. Sur la déviation des projectiles. 2^e édition, corrigée et augmentée. Avec 2 pl., traduite en français par Reiffel. In-8°, 115 p. — (8145)
- MANGON (Hervé). Machines et instruments d'agriculture. Exposition universelle de 1862. In-8°, 90 p. — (1358)
- MARTIN DE BRETTE. Instruction pratique pour l'usage du pendule balistique à induction, Avec 3 pl. In-8°, 179 p. — (517)
- MORIN. Mécanique pratique. Études sur la ventilation. 2 vol. in-8°, 107 p. — (7459)
- MORIN ET TRESCA. Des machines à vapeur. T 1^{er}. In-8 avec 6 pl. — Hachette, à Paris.
- PHILLIPS. Théorie de la coulisse servant à produire la détente variable dans les machines à vapeur, et particulièrement dans les machines locomotives. In-8°, 54 p. et pl. — (1391)
- Programme des conditions d'admission aux Écoles des mines. Ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics. In-12, 12 p. — (7257)
- SÉBILLOT. Des condenseurs par surfaces et de l'application des hautes pressions à la navigation à vapeur. In-8°, 128 p. et 3 pl. — (11601)

TRESCA. Machines à travailler les métaux et les bois, à l'exposition universelle de Londres. In-8°, 59 p. et 1 pl. — (6110)

4^e Géologie, minéralogie, métallurgie.

- ARCHIAC (d'). Du terrain quaternaire et de l'ancienneté de l'homme, dans le nord de la France, d'après les leçons professées au musée; recueillies et publiées par Eugène Truot. In-8, 48 p. — (6865)
- BONJOUR. Géologie stratigraphique du Jura. In-8, 43 p. — (9768)
- COTTEAU. Considérations stratégiques et paléontologiques sur les échinides de l'étage néocomien du département de l'Yonne. In-8, 9 p. — (8289)
- COTTEAU. Rapport sur les progrès de la géologie en France pendant l'année 1862. In-8, 88 p. — (8556)
- COTTEAU et TRIGER. Échinides du département de la Sarthe; avec figures dessinées et lithographiées d'après nature, par MM. Levasseur et Humbert. In-8, 384 p. et 45 pl. — (5402)
- DESLONGCHAMPS. Notes pour servir à la géologie du Calvados. In-8, 26 p., avec figures et planches. — (1753)
- DOLLFUS. Sur une nouvelle trigonie des grès verts inférieurs du cap de la Hève. In-8, 5 p. et pl. — (7154)
- DORLHAC. Études sur les filons barytiques et plombifères des environs de Brioude, accompagnées de considérations sur leurs directions, leur âge, leur origine et leur composition, et sur les soulèvements et les accidents des dépôts houillers de Bressac et de Langrâc (Haute-Loire et Puy-de-Dôme). In-8, 168 p. et pl. — (11009)
- ÈBRAY. Sur le terrain jurassique du département de la Loire et sur les dislocations des environs de Saint-Nizier (Loire). In-8, 19 p. — (2994)
- ESPIARD DE COLONGE. L'art de convertir le fer de fonte ou le fer cru en acier, joint à un Traité sur l'acier d'Alsace; avec planche. In-8, 91 p. — (5294)
- FOURNET. Aperçus relatifs à la carte géologique de la Savoie, du Piémont et de la Ligurie, de M. le commandeur Angelo de Sismonda, professeur à l'Université de Turin. In-8, 12 p. — (2965)

- GARRIGOU. L'homme fossile. Historique général de la question, et discussion de la découverte d'Abbeville. In-8, 55 p. — (5516)
- GARRIGOU. Mémoire sur les cavernes de Lherm et de Bouichéta (Ariège). In-8, 16 p. — (5984)
- GASSIER. Notice sur les cailloux ouvrés d'origine celtique des environs d'Agen. In-8, 15 p. — (8829)
- ARLÉ. Note sur le niveau géologique des calcaires crétacés de Sarlat (Dordogne). In-8, 7 p. — (5087)
- HÉBERT. Sur le non-synchronisme des étages campaniens et dordoniens de M. Coquand, avec la craie de Meudon et celle de Maestricht. Réponse à M. Coquand. In-8, 12 p. — (4586)
- JACQUOT. De la recherche des eaux jaillissantes dans les landes de Gascogne. In-8, 16 p. — (8855)
- LAMBERT. Mémoire sur le diluvium de Viry-Nouveau et les fossiles qu'il renferme. In-8, 45 p. — (10558)
- LE CONTE. Sur les plantes des terrains carbonifères. Traduit de l'anglais par M. Brullé. In-8, 55 p. — (7913)
- LEVALLOIS. La question des grès d'Hettange. Résumé et conclusions. In-8, 8 p. — (6260)
- MALLAY. Notes sur la montagne de Jonas (commune de Saint-Pierre-Calamines, canton de Besse). In-8, 6 p. et pl. — (6272)
- MICHELIN. Monographie des Clypéastres fossiles. In-8, 47 p. et 12 pl. — (745)
- MINGAUD. Explorations géologiques faites avec M. Marcel de Serres. Coup d'œil rapide sur les terrains qui constituent le sol du bassin de Saint-Jean-du-Gard et des principaux gisements métallifères qu'on y rencontre. In-8, 36 p. — (10529)
- MORIÈRE. Note sur le grès de Sainte-Opportune et sur la formation liasique dans le département de l'Orne. In-8, 25 p. — (10841)
- PICTET. Les origines indo-européennes, ou les Arias primitifs, essai de paléontologie linguistique; 2^e partie. Gr. in-8, VIII-781 p. — (6506)
- PILLET. Description géologique des environs d'Aix (Savoie), 2^e édit. In-8, 124 p. et cartes. — (8689)
- ROYS (DE). Petit résumé de géologie, accord de la science avec la révélation. In-18, 108 p. — (7265)

5° *Construction, chemins de fer.*

- Agenda spécial des architectes et des entrepreneurs de bâtiments pour l'année 1865, publié avec le concours de MM. les architectes. Tablettes de poche pour tous les jours de l'année. 10,000 renseignements. In-24, 162 p. — (5)
- Almanach général des chemins de fer, par Évariste Thévenin. 1^{re} année, 1864. In-16, 128. — (9751)
- Annuaire officiel des chemins de fer, publié par Napoléon Chaix. In-18 Jésus, 609 p. et carte. — (6150)
- AUBER. Des modillons dans l'architecture chrétienne et en particulier de ceux de la nouvelle façade de l'église Saint-Jacques de Châtellerault. In-8°, 7 p. et pl. — (5910)
- AURÈS. Étude des dimensions de la colonne Trajane au seul point de vue de la métrologie. In-4°, 80 p. et pl. — (7556)
- BALTARD et CALLET. Monographie des halles centrales de Paris. In-fol., 40 p. et 35 pl. — (8759)
- BAUMFORT (DE). Recherches sur les monuments celtiques du département du Gard. In-8°, 42 p. — (6595)
- CONTI. Projet d'un chemin de fer sardo-corse ayant pour but de rapprocher les distances entre l'Europe et l'Afrique et passant par la Corse et la Sardaigne. 2^e édition. In-8°, 55 p. — (11455)
- CORNIOU. Sous-détails raisonnés propres à servir à l'établissement des prix et au règlement des travaux de couverture, et précédés d'instructions relatives aux matériaux qui y sont employés. Gr. in-8° à 2 col., 27 p. — (6176)
- DARCEL. L'art architectural en France, depuis François I^{er} jusqu'à Louis XIV. Motifs de décoration intérieure et extérieure, dessinés sur les modèles exécutés et inédits des principales époques de la renaissance, comprenant : lambris, plafonds, voûtes, cheminées, portes, fenêtres, etc., par Eugène Rouyer. Texte par Alfred Darcel. T. I, in-4°, 118 p. — (2682)
- DESTAILLEUR. Recueil d'estampes relatives à l'ornementation des appartements aux XVI^e, XVII^e et XVIII^e siècles, gravées en facsimile par MM. R. Pfnor, Carresse et Riester, d'après les compositions de Du Cerceau, Lepautre, Berain, Daniel Marot, Meissonnier, etc. In-fol. à 2 col., 100 p. et 72 pl. — (7623)
- DROUYN. Chapiteaux romans de la Gironde. In-8°, 15 p. et fig. — (6192)
- Enquête sur l'exploitation et la construction des chemins de fer, publiée par ordre de S. Exc. le ministre de l'agriculture, du

- commerce et des travaux publics. In-4°, CXLVI-550 p. — (9048)
- FLACHAT. Chemins de fer. Questions de tracé et d'exploitation. In-8°, 83 p. — (7153)
- FLACHAT (Eug.). Les chemins de fer en 1862 et en 1863. In-8°, 308 p. et 6 pl. — (11488)
- GARRAUD. Études sur les bois de construction, avec figures dans le texte. In-12, XI-305 p. — (10061)
- HAWKSHAW. Rapport sur les travaux du canal de Suez, suivi des observations de M. Voisin, directeur général des travaux de l'isthme de Suez. Documents publiés par M. Ferdinand de Lesseps. In-8°, 76 p. et 4 plans. — (6005)
- HOUZÉ DE L'AULNOIR. Des logements d'ouvriers à Lille. La cité Napoléon. In-8°, 32 p. — (5522)
- HULIN. Sous-détails raisonnés propres à servir à l'établissement des prix et au règlement des travaux de serrurerie, et précédés d'instructions relatives aux matériaux qui y sont employés. Gr. in-8° à 2 col., 45 p. — (6248)
- JOUFFROY (DE). Nouveau système économique de voies ferrées applicable aux montagnes comme aux plaines, aux courbes de très-faibles rayons et aux routes existantes. In-4°, 14 p. et pl. — (8857)
- LACROIX. Monuments lorrains à Rome. In-8°, 8 p. — (8655)
- LE CORDIER. Note sur l'architecture de la Normandie au XIII^e siècle, adressée à M. de Caumont. In-8°, 21 p. — (6258)
- LE HIR. Réseau des voies ferrées souterraines dans Paris, In-8°, 68 p. — (9850)
- Manuel des lois du bâtiment, élaboré par la Société centrale des architectes, suivi du recueil des lois, ordonnances et arrêtés concernant la voirie ayant trait aux constructions. In-8°, VIII-584 p. — (7458)
- MARQFOY. De l'abaissement des tarifs de chemins de fer en France. In-8°, III-211 p. — (7441)
- MILLE ET THORÉ. Profils géologiques des chemins de fer de Paris à Rennes et du Mans à Angers, avec mémoire à l'appui. Nouvelles annales de la construction ; publication rapide et économique des documents les plus récents et les plus intéressants relatifs à la construction française et étrangère, destinée aux ingénieurs, architectes, gardes-mines, agents voyers, etc. T. I, année 1855. 4^e édition. Gr. in-4° à 2 col., 44 p. et 58 pl. — (10128)
- Nouvelles annales de la construction. T. II, année 1856. 5^e édition. Gr. in-4° à 2 col., 15 p. et 62 pl. — (11359)
- PERDONNET. Chemins de fer. Broch. in-8°, 17 p. — (10615)

- Programme des conditions d'admission à l'École des ponts et chaussées. (Ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics.) In-12, 12 p. — (5851)
- PROU. Observations sur le ciment hydraulique artificiel de Portland, d'après les comptes rendus de la Société des ingénieurs civils de Londres. In-8°, 19 p. — (8186)
- ROUX. Devis descriptifs et bordereaux de prix pour les travaux du bâtiment. In-4°, 97 p. — (10658)
- SAGERET. Carnet de poche du bâtiment, à l'usage de MM les architectes, vérificateurs, entrepreneurs, fabricants et exploitants de matériaux, etc. Année 1864. In-18, 226 p. — (12089)

6° *Sujets divers.*

- Annuaire du ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, pour l'année 1863. In-8°, 394 p. — (6129)
- Annuaire du ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, pour l'année 1862. In-8°, 590 p. — (7550)
- BOEHM. Études de balistique théorique et expérimentale ayant particulièrement pour objet les nouvelles armes à feu portatives de l'armée impériale et royale, et les carabines Minié de l'armée française. Traduit de l'allemand par E. Tardieu, ancien capitaine d'artillerie, avec 5 pl. In-8°, 216 p. — (7521)
- CAVELIER DE CUVERVILLE. Études théoriques et pratiques sur les armes portatives. In-4°, 755 p. avec pl. et fig. dans le texte. — (7586)
- CHEVASSUS-LANGLOIS. Tableau synoptique à l'usage de MM. les joailliers, bijoutiers et lapidaires, concernant les pierres précieuses; pour les reconnaître, les moyens de les apprécier, leur valeur approximative, leur réfraction, etc. In-8°, 24 p. — (4538)
- Congrès scientifique de France. 29^e session, tenue à Saint-Étienne au mois de septembre 1862. T. I. In-8°, 531 p. — (7849)
- CONINCK (DE). Le canal de Suez et le gouvernement ottoman. In-8°, 24 p. et plan. — (8354)
- COUMES. Rapport sur la pisciculture et la pêche fluviales en Angleterre, en Écosse et en Irlande, considérées au double point de vue des procédés de production tant naturels qu'artificiels, et de la législation qui protège le peuplement des cours d'eau. In-4°, 107 p. — (5484)
- CROY (DE). Canal Napoléon. Paris port de mer, ou prolongement en France du canal de Suez par Marseille, Lyon, Châlons-sur-Saône, Paris, Amiens et Dunkerque. In-8°, 30 p. — (9797)

- DARONDEAU. Sur l'emploi du compas étalon et la courbe des déviations à bord des navires en fer et autres. In-8°, 40 p. et 2 pl. — (9521)
- DELAVILLE-DEBREUX. La navigation aérienne en Chine. Relation d'un voyage accompli en 1860, entre Fout-Cheou et Nant-Chang. In-18 Jésus, 71 p. — (11463)
- DESBOIS. Application de la chaîne de touage aux aérostats, et de quelques régions du globe où cela pourrait être utile. In-8°, 13 p. — (11007)
- Description des machines et procédés. T. XLV. In-4° à 2 col., 325 p. et 60 pl. — (7858)
- DUMONT. Pratique des distributions d'eau. In-4°, XII-159 p. et 5 pl. — (5886)
- DUMONT et RICHARD. Paris port de mer. Canal maritime de Dieppe à Paris, proposé par E. Sabatié. Projet et mémoire justificatif. Avec une carte. In-4°, 147 p. — (11698)
- DU POYNODE. De la monnaie, du crédit et de l'impôt. 2^e édition, revue et beaucoup augmentée. 2 vol. in-8°, 871 p. — (5746)
- EMÉRIC-DAVID. Recherches sur l'art statuaire, considéré chez les anciens et chez les modernes, ou Mémoire sur cette question proposée par l'Institut national de France: Quelles ont été les causes de la perfection de la sculpture antique, et quels seraient les moyens d'y atteindre? Nouvelle édition, revue et corrigée sur les manuscrits de l'auteur, publiée par M. Paul Lacroix. In-18 Jésus, VIII-348 p. — (3889)
- Études sur l'exposition universelle de Londres en 1862; renseignements techniques sur les procédés nouveaux manifestés par cette exposition. Par MM. Alcan, Becquerel, professeurs au Conservatoire des arts et métiers, Boquillon, Chambrelent, Debérain, Eug. Flachet, Ch. Laboulaye, général Morin, contre-amiral Paris, Payen, Saint-Edme, Salvétat et H. Tresca. Ouvrage illustré d'un grand nombre de gravures sur bois et de planches. (Extrait des Annales du conservatoire des arts et métiers.) In-8°, 912 p. — (5066)
- FAVÉ. Études sur le passé et l'avenir de l'artillerie. Ouvrage continué à l'aide de notes de l'Empereur. T. IV. Histoire des progrès de l'artillerie. L. II. In-4°, LXXXIV-264 p. et 43 pl. — (2205)
- FIGUIER. La terre avant le déluge. Ouvrage contenant 26 vues idéales de paysages de l'ancien monde, dessinées par Riou, 310 autres figures et 7 cartes géologiques coloriées. 2^e édition. In-8°, XVI-456 p. — (1778)
- FIGUIER. La terre et les mers, ou description physique du globe.

- Ouvrage contenant 170 vignettes dessinées par MM. Karl Girardet, Lebreton, etc., et 20 cartes physiques. Gr. n-8°, VIII-580 p. — (11032)
- FLAMM. Le verrier du dix-neuvième siècle. In-8°, VIII-511 p. — (85)
- FRAICHE. Traité des procédés de multiplication naturelle et artificielle des poissons, ou de pisciculture pratique mise à la portée de tout le monde. In-18, 164 p. — (11713)
- FRANQUEVILLE (DE). Les institutions politiques, judiciaires et administratives de l'Angleterre. In-8°, XLVI-559 p. — (7155)
- GAILHABAUD. L'art dans ses diverses branches, ou l'architecture, la sculpture, la peinture, la fonte, la ferronnerie, etc., chez tous les peuples et à toutes les époques jusqu'en 1789. Livraisons 1^{re} à 35. In-4°, 36 p. et 70 pl. — (5981)
- GASPARIN (DE). Cours d'agriculture. 3^e édition. T. IV. In-8°, 791 p. — (10062)
- GASPARIN (DE). Cours d'agriculture. T. V. In-8°, 642 p. — (11285)
- GUILLEMIN. Recherches expérimentales sur la transmission des signaux télégraphiques. In-8°, 48 p. et pl. — (4580)
- HERMEL. Des accidents produits par l'usage des caissons ou chambres à air comprimé dans les travaux souterrains et sous-marins. In-8°, 96 p. — (1798)
- HOUDOY. Recherches sur les manufactures lilloises de porcelaine et de faïence. In-8°, 91 p. (9556)
- HURCOURT (Robert D'). De l'éclairage au gaz; développements sur la composition des gaz destinés à l'éclairage, sur la construction des fourneaux et des cheminées, sur la pose des tuyaux, sur les phénomènes de la lumière, etc. 2^e édition. In-8°, XI-521 p. — (6579)
- LAGOUT. Esthétique nombrée; application de l'équation du beau à l'analyse harmonique de la statuaire nouvelle, précédée d'une lettre à M. Vitet, de l'Académie française. Avec le buste de Bianca Capello en photographie. In-8°, 16 p. — (5797)
- LAPLACE (DE). Précis de l'histoire de l'astronomie. 2^e édition. In-8°, 170 p. — (8871)
- LEIBNITZ. Œuvres de Leibnitz, publiées pour la première fois d'après les manuscrits originaux, avec notes et introductions, par A. Foucher de Careil. T. V. Projet d'expédition d'Égypte, présenté à Louis XIV. In-8°, LXXXIX-356 p. — (11751)
- LÉWAL. Traité pratique d'artillerie navale et tactique des combats de mer. T. I, accompagné de 8 grandes planches lavées et de figures dans le texte. Recherches et données d'expérience sur l'installation, le pointage et le tir des bouches à feu marines. T. II,

- accompagné d'une planche gravée et de figures dans le texte. Guide pour l'instruction des batteries des vaisseaux. In-8°, XVI-884 p. — (947)
- Liste générale par promotion de sortie des anciens élèves de l'école centrale des arts et manufactures. 1852-1862. In-8°, 266 p. — (4624)
- MADELAINE. De la poudre à canon, de ses effets dans les bouches à feu en bronze et en fonte de fer. Des projectiles pleins et creux, de leurs formes et de leur emploi; modifications proposées, etc. In-8°, XXIV p. — (4403)
- MANÈS. De la conservation des bois et de l'état actuel de cette industrie dans les landes de Gascogne. In-8°, 72 p. — (4405)
- MANGON. Expériences sur l'emploi des eaux dans les irrigations sous différents climats. Gr. in-8°, 156 p. et 1 pl. — (2522)
- MOLL et GAYOT. Encyclopédie pratique de l'agriculteur. T. VIII. In-8°, 464 p., avec figures dans le texte. — (2296)
- MORHANGE (DE). Sur les navires cuirassés et sur quelques steamers de la marine anglaise. In-8°, 84 p. — (9629)
- MUTRÉCY-MARÉCHAL. De la culture de la vigne en Sologne et dans les pays où la main-d'œuvre fait défaut. In-8°, 24 p. — (7942)
- Notice sur le corps des mécaniciens et ouvriers chauffeurs de la flotte. In-8°, 16 p. — (9127)
- Nouveaux programmes officiels du 14 août 1863, pour l'examen des candidats aux grades de maîtres mécaniciens, avec renvois des questions aux numéros du Traité élémentaire des appareils à vapeur de navigation de M. A. Ledieu. In-12, 92 p. — (11568)
- PARIS. Note sur les navires cuirassés. In-4°, 30 p. — (11573)
- PICARD. De l'hygiène des ouvriers employés dans les filatures. In-8°, 28 p. — (8687)
- PONTON (DE) D'AMÉCOURT. La conquête de l'air par l'hélice. 2^e, 3^e, 4^e et 5^e éditions. In-8°, 40 p. — (9407)
- POUCHET. Générations spontanées. Résumé des travaux physiologiques sur cette question, et ses progrès jusqu'en 1863. In-8°, 32 p. — (3762)
- PRÉVOST. Mémoire sur les anciennes constructions militaires continues sous le nom de forts vitrifiés. In-8°, 47 p. — (9409)
- Programmes officiels pour l'enseignement secondaire classique et pour l'enseignement secondaire professionnel, avec les instructions ministérielles qui s'y rapportent. In-12, 168 p. — (10145)
- Rapports des délégués menuisiers, des délégués serruriers et des délégués charpentiers, publiés par la Commission ouvrière à l'exposition universelle de 1862. Gr. in-18, 35 p. — (9909)

- REYBAUD. Le coton; son origine, ses problèmes, son influence en Europe. Nouvelle série des études sur le régime des manufactures. In-8°, VIII-471 p. — (789)
- ROSSIGNOL. Les métaux dans l'antiquité; origines religieuses de la métallurgie. In-8°, 596 p. — (9685)
- SABATIER et FRÉMINVILLE. Notes sur les navires cuirassés et quelques paquebots à vapeur de la marine anglaise. In-8°, 46 p. — (7028)
- SÉGUIN. Chemins aériens. Projet d'établissement d'un système de locomotion aérienne au moyen de ballons captifs remorqués par la vapeur, entre la place de la Concorde et la porte de la Muette. In-8°, 35 p. et 1 pl. — (9927)
- Solution pratique de la navigation aérienne. Avec figures. Gr. in-18, 34 p. — (10897)
- SPRINGARD. Nouveau procédé pour la compression des compositions et pour le chargement des cartouches d'artifice de guerre. In-8°, 18 p. — (8210)
- Tableau général du commerce de la France avec ses colonies et les puissances étrangères pendant l'année 1862. In-4°, LXXI-601 p. — (9936)
- VILLA. Des perles, de leur origine et de leur production artificielle. Traduit de l'italien par TIMOTHÉE COUTET. Gr. in-18, 52 p. — (8735)
- SAGERET. Carnet de poche du bâtiment, comprenant le personnel des professions de bâtiment et des arts industriels qui s'y rattachent, etc., à l'usage de MM. les architectes, vérificateurs, entrepreneurs, fabricants et exploitants de matériaux, etc., 1863. In-18, IV-224 p. — (580)
- VIOLLET-LE-DUC. Description du château de Pierrefonds. 3^e édition. In-8°, 40 p. et 1 grav. — (8005)
- VOIGNER. Mémoire relatif aux travaux exécutés pour l'établissement de l'embranchement du camp de Châlons, chemin de fer de 25 kilomètres, construit en 65 jours. Avec atlas de 18 pl. In-4°, 108 p. — (8975)
- ZELLER. Des conduites d'eau, de leur établissement et de leur entretien. In-18 Jésus, 93 p. — (8978)

OUVRAGES ANGLAIS.

- DUSSANCE (Prof. H.). *Treatise on the colouring...* Traité sur les matières colorantes tirées des combustibles; leur application pratique dans la peinture sur le coton, la laine et la soie. Les principes de l'art de la peinture et de la distillation du charbon.
- HASKOLL. *Railways in the East...* Les chemins de fer dans l'Est et généralement dans les régions à haute température. 1 volume de texte et atlas.
- HAUPT (Hermann). *General Theory of Bridge Construction...* Théorie générale de la construction des ponts, contenant les démonstrations des principes de l'art et leur application à la pratique.
- HARBORD. *Glossary of Navigation...* Glossaire de la navigation.
- HOSKOLD. *Practical Treatise on Mining...* Traité pratique sur l'art des mines, l'agriculture, les chemins de fer, l'art de l'ingénieur, etc.
- GALTON (Francis). *Meteorographica...* Météorographica ou méthode pour représenter sur une carte les variations atmosphériques.
- WATTS (Henri). *Dictionary of chemistry...* Dictionnaire de chimie et des branches alliées des autres sciences.
- SCOTT (Robert). *Treatise on the Ventilation...* Traité sur la ventilation des mines de houille.
- CHAUVENET. *Manual of spherical and practical...* Manuel pratique d'astronomie sphérique, embrassant les problèmes généraux, l'astronomie sphérique, l'application à l'astronomie nautique et la théorie et l'usage des instruments d'astronomie fixes et portatifs, avec un appendice sur la méthode des moindres carrés.
- DANA (James). *Manual of mineralogy...* Manuel de minéralogie.
- MILLER (William). *Elements of chemistry...* Éléments de chimie théorique et pratique.
- TOTE (A. Norman). *Petroleum...* Le pétrole et ses produits.
- JOHNSTON. *Elements of agricultural...* Éléments de chimie agricole et de géologie.
- CORBURN (Zerah). *Inquiry into the nature...* Recherche sur la nature de la chaleur et sur son mode d'action dans les phénomènes de la combustion, de la vaporisation, etc.
- JUKES. *School manual of geology...* Manuel élémentaire de géologie.
- MAIN (Rev. Robert). *Practical and spherical astronomy...* Manuel

- pratique d'astronomie sphérique, spécialement à l'usage des étudiants dans les universités.
- PEARSON (Richard). *Analysis of the Human Mind...* Études sur l'esprit humain.
- RICHARDSON (Thomas). *Chemical Technology...* Technologie chimique ou la chimie dans ses applications aux arts et aux manufactures.
- WARD (Hon). *Microscope Teachings...* Découvertes faites au moyen du microscope. Descriptions d'objets variés d'une grande beauté et d'un intérêt spécial adoptés pour l'observation microscopique.
- TALBOYS WHEELER. *Handbook to the Cotton.* Manuel de la culture du coton dans la présidence de Madras.
- A *History of the trade and manufactures...* Histoire du commerce et des manufactures du Tyne, Wear et Tees, comprenant les papiers préparés sous les auspices du comité de l'industrie locale, et autres documents analogues, lus à Newcastle-sur-Tyne lors de la seconde réunion de l'Association britannique pour l'avancement des sciences. 1865.
- BINNS (W. S.). *Course of geometrical...* Cours de géométrie descriptive.
- DE MARTEAU. *Galvanized iron...* Le fer galvanisé et ses applications. *The practical mechanic's Journal...* Journal du mécanicien pratique. Résumé de la grande Exposition de 1862.
- TIMBS (John). *International Exhibition...* Exposition internationale; état de l'industrie, de la science et de l'art à notre époque.
- ALLEN. *Young Mechanic's Instructor...* L'instructeur du jeune mécanicien, ou guide de l'ouvrier pour les arts variés en rapport avec les constructions commerciales.
- CAMPIN. *A practical Treatise...* Traité pratique de mécanique à l'usage des ingénieurs, comprenant la métallurgie, le moulage, la fonte, la forge, la fabrication et l'outillage des machines ainsi que des appareils à vapeur, etc.
- BRADLEY. *Inquiry into the deposition...* Recherche sur le gisement de plomb dans les filons métallifères de Swaledale (Yorkshire).
- EDE. *Management of steel...* Sur l'emploi de l'acier.
- BEEB. *Silkworms and inhabitants...* Les vers à soie et les habitants de l'aquarium.

OUVRAGES ALLEMANDS.

- STEINHAUSER (A.). — *Grundzüge der Mathematischen...* Principes de la géographie mathématique et de la projection des cartes en général.
- BLUM (F. R.). — *Nachtrag zu den Pseudomorphosen...* Appendice aux pseudomorphoses du règne minéral.
- KIRCHHOFF (G.). — *Untersuchungen über das sonnen spectrum...* Recherches sur le spectre solaire et les spectres des éléments chimiques.
- BOLLEY. — *Handbuch der chemischen...* Manuel de technologie chimique, Tome VII, Métallurgie.
- WINKLER (G. G.). — *Island-Der Bau seines...* Islande, — constitution de ses montagnes et leur signification géologique.
- CREDNER (H.). — *Ueber die Gliederung...* Sur la formation jurassique supérieure et la formation wealdienne dans le nord-ouest en Allemagne.
- MARCK (W. v. der.). — *Fossile Fische...* Poissons fossiles, crustacés et plantes du terrain crétacé supérieur de Westphalie.
- STEIN (F.). — *Ueber die Hauptergebnisse...* Sur les résultats définitifs des recherches récentes sur les infusoires.
- STEINDACHNER (F.). — *Beitraege zur kennniss...* Additions aux connaissances des poissons fossiles en Autriche.
- ZIRKEL (F.). — *Mikroskopische...* Études microscopiques sur les roches.
- HOCHSTETTER et PETERMANN. — *Geologisch topographischer...* Atlas géologique et topographique de la Nouvelle Zélande.
- JACOBSEN. — *Chemisch-technisches Repertorium...* Répertoire de chimie technique. Communications ordonnées sur les inventions les plus récentes, sur le progrès et les perfectionnements dans la chimie technique et industrielle.
- KLUGE (E.). — *Ueber synchronismus...* Sur le synchronisme et l'antagonisme des éruptions volcaniques et sur l'influence de ces dernières sur les taches solaires et sur les variations magnétiques de la terre.
- ROEMER (E.). — *Die familien, genera...* Familles, genres, sous-genres et sections des acéphales lamellibranches.
- Uebersichten der Witterung...* Coup d'œil sur la météorologie en Autriche et dans les autres stations étrangères.

- BISCHOF (G.). — *Lehrbuch der...* Traité de géologie physique et chimique.
- MUHREY (A.). — *Beytraege zur geo-physik...* Documents sur la géologie physique et la climatologie. Livre II et III sur le climat des Hautes-Alpes.
- UNGER (F.). — *Die Urwelt in ihren...* Organisation et physiologie du monde dans ses différentes périodes, texte et 16 tableaux intercalés.
- SEHNEDERMANN (docteur G.-H.-E.). et BOTTCHE (professeur). *Central-Blatt...* Feuille centrale polytechnique.
- HERMANN KOPP et WILL. *Jahresbericht über die fortschritte...* Compte rendu annuel sur les progrès de la chimie pure, pharmaceutique et technique, de la physique, de la minéralogie et de la géologie. Année 1861.
- Mittheilungen der K. K. Mährisch...* Communications faites à la Société impériale et royale Moravo-Silésienne pour les progrès de l'agriculture.
- Verhandelingen van het Koninklyk...* Actes de l'institut royal des ingénieurs de Hollande. La Haye.
- KORISTKA (Prof. Carl.). *Der höhere polytechnische...* Instruction polytechnique supérieure en Allemagne, en Suisse, en France, en Belgique et en Angleterre.
- KRONAUER (Prof. J. H.). *Erklärungen zum Atlas...* Explications avec atlas pour la technologie mécanique.
- Wörterbuch technologischen...* Dictionnaire technologique en allemand, français et anglais.
- WIEBE (Prof. Lehr). *Skizzen-Buch für den ingenieur...* Portefeuille pour les ingénieurs et constructeurs des machines. Recueil des machines construites, d'établissement d'usines, de chauffages et de constructions en fer, etc.
- Constructionen aus dem Gebiete...* Constructions relatives aux chemins de fer.
- SCHEMERRING (Hofrath Doct.). *Der elektrische Telegraph...* Le Télégraphe électrique, considéré comme invention allemande de Samuel-Thomas Schemerring.
- Zeitschrift für Locomotiv führer...* Feuille périodique pour les conducteurs des locomotives.
- BERG (Hofrath Ernst v.). *Repertorium der Literatur...* Répertoire de la littérature relative à la minéralogie, à la géologie et à la paléontologie.
- BERGGEIST. *Der Zeitung für...* Gazette des mines, des usines et de l'industrie, année 1865.

- Bergwerks-und Hütten Karte...* Carte des mines et des usines de la Westphalie, à l'échelle de 1 à 120.000.
- Erfahrungen im Berg und...* Expériences sur les machines employées dans les mines et usines.
- Uebersichts-Karte der dem erzgebirgischen...* Carte contenant une partie du bassin houiller de la Saxe et du Riesengebirge, à l'échelle de 1 à 24.000.
- KLUN (F.) et LANGE (H.). *Atlas zur Industrie und Handelsgeographie...* Atlas de géographie industrielle, commerciale et agricole. 1^{re} livraison, 3 planches et texte de 155 pages. (L'ouvrage complet sera formé de 3 livraisons.)
- REHZA (F.). *Die new Tunnel-Bau Methode...* Nouvelle méthode pour l'exécution des tunnels, fondée sur l'emploi du fer. Brochure in-4 avec figures dans le texte.

OUVRAGES ITALIENS.

- Archivi R. R. Toscani...* Rapport pour la Toscane sur la section III, classe XXIX, de l'Exposition internationale de Londres.
- CORNALDI (Augusto). *Venezia alla prima esposizione italiana...* Venise à la première exposition italienne.
- VALERIO. *Esposizione delle produzioni...* Exposition des produits de la province de Come en 1861.
- SOMMEILLER. *Traforo delle Alpi fra Bardonecchia e Modane. Relazione della direzione tecnica...* Percement des Alpes. Rapport de la section technique à la direction générale, des chemins de fer de l'État. In-4 avec 10 grandes planches lithographiées.

OUVRAGE ESPAGNOL.

OROSI (Giuseppe). *Dizionario pratico...* Dictionnaire pratique de science et d'industrie.

— 1877 —

BIBLIOGRAPHIE.

PREMIER SEMESTRE DE 1864.

OUVRAGES FRANÇAIS.

1° *Mathématiques pures.*

Annales du génie civil, recueil de mémoires sur les mathématiques pures et appliquées, les ponts et chaussées, les routes et chemins de fer, les constructions et la navigation maritime et fluviale, l'architecture, les mines, la métallurgie, la chimie, la physique, les arts mécaniques, l'économie industrielle.

AOUST. Recherches sur les surfaces du second ordre. 1^{re} partie. In-8, 60 p. — (996)

BÉLANGER. Traité de la dynamique d'un point matériel. In 8, xv-148 p. — (5128)

BÉLANGER. Traité de cinématique. In-8, xxiv-288 p. et 12 pl. — (4412)

BERTRAND. Traité de calcul différentiel et de calcul intégral. Calcul différentiel. In-4, xliv-784 p. — (2778)

BRIOT. Essais sur la théorie mathématique de la lumière. In-8, xxii-152 p. — (45)

BRIOT et BOUQUET. Leçons de trigonométrie conformes aux programmes de l'enseignement scientifique des lycées. Quatrième édition, revue et corrigée. In-8, 286 p. et fig. dans le texte.

CARÈME. Cours d'algèbre élémentaire. In-4°, 55 p. — (2799)

GADNIN (Jules). Tables trigonométriques pour le tracé des chemins de fer, exprimant les longueurs naturelles des sinus, sinus verse,

- cosinus, cosinus verse, tangentes, cotangentes, sécantes et cosécantes. In-8, tome XXXII, 181 p.
- LACROIX. Traité élémentaire du calcul des probabilités. 4^e édition. In-8, xi-308 p. et pl. — (125)
- LAFON. Recherches sur le mouvement relatif d'un corps solide. In-8^o, 46 p. et pl. — (854)
- LALANDE (DE). Tables de logarithmes. Nouvelle édition. In-18, XLIV-236 p. — (3847)
- LE BESGUE. Théorème sur les ellipsoïdes associés, analogue à celui de Fagnano sur les arcs d'ellipse. In-8, 8 p. et fig. — (860)
- LUCAS. Études analytiques sur la théorie générale des courbes planes. In-8^o, XIX-239 p. et 2 pl. — (1766)
- Mémoires de l'académie des sciences de l'Institut impérial de France. T. 32. In-4, CII-886 p. et 7 pl. — (2446)
- SERGENT (E.). Traité pratique et complet de tous les mesurages, métrages, jaugeages de tous les corps, appliqué aux arts, aux métiers, à l'industrie, aux constructions, aux travaux hydrauliques, etc.; enfin, à la rédaction de toute espèce de travaux du ressort de l'architecture, du génie civil et militaire, terminé par une analyse et une série de prix de 916 articles, avec détails sur la nature, la qualité, la façon et la mise en œuvre des matériaux, avec atlas de 39 planches gravées en taille douce sur acier. 4^e édition, revue et augmentée. 1836. 2 vol. in-8, 1336 p. montres. In-4, 105 p. et 5 pl. — (1795)
- TARNIER. Éléments d'algèbre. 5^e édition. 1^{re} partie. In-8, VIII-452 p. — (2293)

2^o Physique, chimie.

- Annuaire scientifique, publié par P. P. Dehérain, professeur de chimie, au Collège municipal Chaptal. 3^e année. In-18 jésus, XII-444 p. — (16)
- BARRUEL. Traité de chimie technique appliquée aux arts et à l'industrie, à la pharmacie et à l'agriculture. T. 7 et dernier, traitant de la chimie appliquée aux arts agricoles. In-8, 547 p. — (25)
- BAUDRIMONT. Expériences agrolologiques. Modifications que les phosphates éprouvent dans le sol arable. In-8, 8 p. — (747)
- BAUDRIMONT. Mémoire sur la structure des corps. Relations du cube et de ses principaux dérivés. Lois de la réfraction et de la dispersion de la lumière. In-8, 46 p. — (748)
- BAUDRIMONT. Recherches sur les chlorures et les bromures de phosphore. Propositions de physique. In-4, 116 p. — (227)

- BARBIER (F.). Mémoire sur l'application des phénomènes capillaires à la construction des divers thermomètres.
- BARRUEL (G.) Traité de chimie technique appliquée aux arts et à l'industrie, à la pharmacie et à l'agriculture. T. 7 et dernier, traitant de la chimie appliquée aux arts agricoles. 547 p.
- BAUDRIMONT (E.). Recherches sur les chlorures et les bromures de phosphore. Propositions de physique. In-4, 116 p.
- BECCUEREL (E.). Photographie et épreuves photographiques à l'exposition universelle de Londres.
- BECCUEREL. Mémoire sur la décomposition électro-chimique des composés insolubles. In-4^o, 50 p. — (1877)
- BECCUEREL. Mémoire sur la température des couches terrestres au-dessous du sol jusqu'à 36 mètres de profondeur. In-4, 46 p. et 2 pl. — (1878)
- BECCUEREL (Edmond). Études sur la pyrométrie. Mesure des hautes températures. In-8, 70 p. et 1 pl. — (5127)
- BREGUET. Manuel de télégraphe électrique. Quatrième édition, revue, corrigée et augmentée, ornée de 80 gravures sur bois placées dans le texte et de 4 pl. gravées sur acier. In-18 jésus, VI-252 p.
- CASIN (Achille). Essai sur la détente et la compression des gaz. Propositions de chimie et de minéralogie. Thèses présentées à la Faculté des sciences de Paris. In-4, 103 p. et 2 pl.
- CAZIN. Extrait d'un mémoire sur l'évaluation des unités de poids des actions électro-dynamiques. In-8, 18 p. et pl. — (2583)
- CHEVREUL. Des couleurs et de leurs applications aux arts industriels à l'aide des cercles chromatiques; avec 27 pl. gravées sur acier et imprimées en couleur par René Digeon. In-4, 27 p. et 27 pl. — (3357)
- CORENVINDER. Recherches chimiques sur la végétation, 2^e mémoire. In-8, 24 p. et pl. — (62)
- DAGUIN (P. A.). Cours de physique élémentaire, avec les applications à la météorologie, à l'usage des lycées et des établissements d'instruction secondaire, avec 760 fig. intercalées dans le texte. In-8, VIII-736 p.
- DAVANNE ET GIRARD. Recherches théoriques et pratiques sur la formation des épreuves photographiques positives. In-8, VI-152 p. — (5180)
- DECHARME. Adhérence des corps solides contre le fond et les parois des vases contenant un liquide plus dense que ces corps, et ne les mouillant pas. In-8, 14 p. — (5628)
- DESROUSSEAUX. Sources de l'électricité, forces attractive et répulsive, gravitation des astres suivant une nouvelle théorie. Dé-

- couverte d'une nouvelle force motrice d'une puissance prodigieuse applicable à l'industrie. In-8, 20 p. — (3367)
- DU MONCEL (le comte Th.). Traité théorique et pratique de télégraphie électrique, à l'usage des employés télégraphistes, des ingénieurs, des constructeurs et des inventeurs. Illustré de 156 fig. dans le texte et de 3 pl. In-8, tome XXVI, 613 pages.
- FIÉVET. Leçons de cosmologie adressées à M. Le Verrier, en réponse à son rapport à S. Ex. le ministre d'État sur la théorie météorologique de M. Mathieu de la Drôme. In-8, 128 p. — (568)
- FILHOL. Analyse de l'eau ferrugineuse de Labarthe de Rivière. In-8, 12 p. — (3386)
- FLANDIN (G.). Principes et philosophie de la chimie moderne fondés sur la doctrine des équivalents. In-8, iv-706 p.
- GARRIGOU (F.). Étude chimique et médicale des eaux sulfurées d'Ax (Ariège); avec l'analyse des eaux sulfureuses chaudes de Merrens, ainsi que de la source sulfureuse froide de Saliens.
- GRANDEAU. Leçon sur le rubidium et le cæsium, professée devant la Société chimique. In-8, 62 p. — (4272)
- JACQUELAIN. Méthode générale d'analyse des eaux fluviales. In-8, 40 p. et pl. — (2201)
- KIRSCHLEGER. Les eaux acidules des Vosges et de la Forêt-Noire au point de vue de leur histoire scientifique. In-8, 50 p. — (566)
- KUHLMANN. Instruction pratique sur l'application des silicates alcalins solubles au durcissement des pierres, à la peinture, à l'impression et aux apprêts. In-8, 56 p. — (5659)
- LAMY. Leçon sur le thallium, professée devant la Société chimique de Paris. In-8, 28 p. — (5235)
- LEMAIRE (Jui). De l'acide phénique, de son action sur les végétaux, les animaux, les ferments, les virus, les miasmes, et de ses applications à l'industrie, à l'hygiène, aux sciences anatomiques et à la thérapeutique. In-8, 452 p.
- MALAGUTI. Leçons élémentaires de chimie, 3^e édition, corrigée et augmentée. T. IV. In-18 jésus, 444 p. — (1528)
- MASCART (E.). Recherches sur le spectre solaire ultra-violet et sur la détermination des longueurs d'onde.
- PASTEUR. Nouveau procédé industriel de fabrication du vinaigre. In-4, 7 p.
- PAYEN. Produits chimiques à l'Exposition universelle de Londres. Parafine et hydrocarbures liquides, alcool du gaz, bleu de Prusse et prussiate de potasse, dégraissage des laines par le sulfure de carbone. 5^e année.

- PÉCHOLIER ET SAINTPIERRE. Étude sur l'hygiène des ouvriers employés à la fabrication du verdet. In-8, 38 p. — (3257)
- PÉLIGOT. Études sur la composition des eaux. Recherches des matières organiques contenues dans les eaux. Institut impérial de France. In-4, 10 p. — (4568)
- PELOUZE (J.) et FREMY (E.). Traité de chimie générale, analytique, industrielle et agricole. Troisième édition, entièrement refondue, avec figures dans le texte. Tome II. Chimie inorganique. II. In-8, 1044 p.
- POURIAU. Éléments des sciences physiques appliquées à l'agriculture. II. Chimie organique. In-18 jésus, 551 p. — (182)
- RADAU. Sur la formule barométrique. Gr. in-8, 11 p. — (4143)
- RICHE. Leçons de chimie professées aux élèves de l'École Sainte-Barbe qui se préparent à l'École polytechnique. In-18 jésus 656 p. — (192)
- RIVOT. Docimasie. Traité d'analyse des substances minérales, à l'usage des ingénieurs des mines et des directeurs de mines et d'usines. T. III. Métaux proprement dits. In-8, 768 p. — (2715)
- RONNA. Fabrication et emploi des phosphates de chaux en Angleterre. In-12, 166 p. — (5768)
- ROYER. Notes de chimie. In-8, 20 p. — (949)
- ROZE. Sur la vitesse de la lumière. In-4, 7 p. — (4377)
- SCHAW. Télégraphie militaire. Traduit de l'anglais par M. Ch. Mau noir. 44 p. in-8.
- SEGUIN. Notions de chimie agricole. 86 p.
- THIBERGE. Sur la production de la soude avec les sulfures métalliques. In-8, 12 p. — (457)
- TYNDALL. La chaleur considérée comme un mode de mouvement. Ouvrage traduit de l'anglais par M. l'abbé F. M. Moigno. In-18 jésus, xxvii-465 p. — (5090)
- VILLE. Notice sur les eaux thermales de Haunnam-Melouan. In-8, 59 p. — (4179)
- WURTZ, LAMY et GRANDEAU. Leçons de chimie professées en 1865 à la Société chimique de Paris. In-8, 518 p. — (5815)
- ZURCHER. Les phénomènes de l'atmosphère. 2^e édition. In-16, 192 p. — (1647).

5^e Mécanique appliquée, exploitation et droit des mines.

- Annuaire publié par le comité des anciens élèves des écoles impériales d'arts et métiers. 15^e année, 1862. 1 vol. in-8, 540 p. et 9 pl.
- BOUDIN (M.). De l'axe hydraulique des cours d'eau contenus dans

- un lit prismatique et des dispositifs réalisant, en pratique, ses formes diverses. In-8, 159 p.
- CAZIN. Application de la théorie mécanique de la chaleur au compresseur hydraulique du tunnel des Alpes. In-8, 24 p. — (280)
- CHARBONNIER. Machines à vapeur. Déterminations du volant et du régulateur à boules ramenant la vitesse du régime. In-8, vii-152 p. et 4 pl. — (3153).
- CHAVES (L.). Élévation et distribution d'eau.
- Comité des houillères françaises. Cour de cassation, chambres réunies. Audiences des 22 et 25 juillet 1862. Présidence de M. Nicias Gaillard; M. le conseiller Meynard de Franc, rapporteur, M. de Raynal, avocat général. In-8, 99 p.
- DÉSMOUSSEAUX DE GIVRÉ. Note sur les meules d'éroulage. Formules nouvelles de résistance des corps cylindriques. In-8, 12 p. — (3605).
- DU MONCEL. Traité théorique et pratique de télégraphie électrique; illustré de 156 fig. dans le texte et de 5 pl. In-8, xxvi 615 p. — (4961)
- DUPONT (Étienne). Traité pratique de la jurisprudence des mines, minières, forges et carrières, à l'usage des exploitants, maîtres de forges, ingénieurs et des fonctionnaires ressortissant aux ministères des travaux publics, de l'intérieur et de la justice. Deuxième édition, revue et mise au courant des dernières décisions administratives et judiciaires. 3 vol. in-8, xii-1528 p.
- GIRARD (Hilarion). Guide général de l'entrepreneur, de l'ouvrier en bâtiment et du propriétaire. Ouvrage essentiellement utile aux architectes-entrepreneurs, aux vérificateurs experts, aux ouvriers terrassiers, menuisiers, etc., et généralement à toutes les personnes qui veulent elles-mêmes diriger leurs ouvriers et rédiger les mémoires, devis et marchés concernant les travaux d'art. 360 p. in-12.
- GOULLY. Calcul de la résistance des matériaux et ses applications aux constructions et aux machines. In-8, 158 p. et 5 pl. — (4985)
- GUEYMARD (Émile). Recueil de procédés de jaugeages depuis le volume d'une source jusqu'à celui de tous les cours d'eau, à l'usage de l'agriculture et de toutes les industries comme force motrice. In-8, 47 p.
- GUILLAUME. Tableaux de la résistance des fers à double T employés dans les constructions de bâtiment et autres. In-fol., 1 p. et 2 tableaux. — (4049)
- HOUZEAU. Histoire de la houille et de ses transformations indus-

- trielles. 2^e édition, augmentée de nombreux tableaux. In-8, 54 p. — (4285)
- LAMBERT. De la locomotion mécanique dans l'air et dans l'eau. In-8, 95 p. — (3663)
- LEDIEU. Traité élémentaire des appareils à vapeur de navigation, à l'usage des constructeurs, des officiers de vaisseau, etc. Ouvrage publié avec l'autorisation de S. Exc. le ministre de la marine et des colonies; rédigé, pour la partie théorique, d'après les renseignements d'un grand nombre d'ingénieurs de l'État et du commerce, et pour la pratique, d'après les notes de M. Gautrin, monteur en chef à l'usine d'Indret, et de MM. Trotabas, Cochet, Juvénal, Florentin, etc.; enrichi de 150 grav. intercalées dans le texte, avec atlas, contenant 29 belles planches sur cuivre, dessinées par M. F. Ménard, gravées par M. Dulos; et 17 grands tableaux. T. I, 2^e fascicule, et t. II, 1^{er} fascicule. In-8, 803 p. — (5241)
- LÉVY. Note sur le tirage à la poudre. In-8, 11 p. — (3456)
- MALO. Note sur les chaussées en asphalte comprimé. In-8, 15 p. (3674)
- Mines et usines des rives du Rhône, zinc, plomb, argent, etc. Résumé des études de M. Rivière, ingénieur. In-8, 28 p. — (2228)
- MOLINOS. Rapport sur le nouveau système de traction sur les plans inclinés des chemins de fer et des mines, au moyen d'un moufle différentiel à double effet ou locomoteur funiculaire, par M. Thomas Agudio. In-8, 15 p. — (1127)
- MORIN. Aide-mémoire de mécanique pratique. 5^e édition. In-8, 602 p. — (2251)
- NAVIER. Résumé des leçons données à l'École des ponts et chaussées sur l'application de la mécanique à l'établissement des constructions et des machines. 1^{re} partie. 1^{re} section. De la résistance des corps solides. 3^e édition, avec des notes et des appendices, par M. Barré de Saint-Venant, ingénieur en chef des ponts et chaussées. T. I. In-8, cccxi-851 p. et 1 pl. — (5892)
- POTHIER. De l'exploitation et de la législation des mines en Algérie et en Espagne. In-8, iv-87 p. — (2054)
- Rapport des délégués chaudronniers. Exposition universelle de Londres en 1862. In-18, 34 p. — (3483)
- Situation de l'industrie houillère en 1865. Comité des houillères françaises. In-8, 172 p. — (3508)
- TRESCA. Expériences comparatives faites sur les machines des bateaux l'Éclair et l'Orne. In-8, 53 p. — (4651)

4° Géologie, minéralogie, métallurgie.

- ARCHIAC (d'). Cours de paléontologie stratigraphique, professé au Muséum d'histoire naturelle, 1^{re} année. 2^e partie, avec figures dans le texte et 3 cartes, in-8, III-620 p. — (3351)
- ARNAUD. Note sur la craie de la Dordogne. In-8, 36 p. et pl. 1056 p.
- BERTRAND. Lettres sur les révolutions du globe; suivies de notes par MM. Arago, Élie de Beaumont, Ad. Brongniart, etc., 8^e édition. In-18 jésus, XVI-503 p. — (3134)
- Atlas de la société de l'industrie minérale. 8^e année, 5^e livraison.
- BRÜLL. Étude sur la fonte malléable; historique, fabrication, propriétés, emploi. In-8, 27 p. — (770)
- Bulletin de la société de l'industrie minérale. Tome VII, 1^{re}, 2^e et 3^e livraison. 3 vol. in-8, ensemble 564 p. et atlas de 25 pl. in-folio.
- BURAT. Minéralogie appliquée, description des minéraux employés dans les industries métallurgiques et manufacturières, dans les constructions et dans l'ornement; avec figures intercalées dans le texte. In-8, 482 p. — (5582)
- CARAVEN. Géologie. Théorie nouvelle sur la superposition des roches tertiaires du pays castrais. In-16, 15 p. — (4926)
- COMMINES DE MARSILLY (DE). Note sur les chances de succès que présente le forage des puits artésiens à Amiens et dans le département de la Somme. In-8, 16 p.
- COQUAND. Description géologique du massif de la Sainte-Baume (Provence). In-8, 114 p. et fig. — (5616)
- COURTILLER (A.). Éponges fossiles des sables du terrain crétacé supérieur des environs de Saumur. Étage sénonien de d'Orbigny. In-8 avec 40 planches.
- DALLOZ (Édouard). Discussion de l'art. 11 de la loi des mines du 21 avril 1810. In-8, 24 p.
- DELESSE. Carte géologique souterraine de la ville de Paris, exécutée d'après les ordres de M. le baron Haussmann, sénateur, préfet de la Seine. 2 feuilles grand-monde, imprimées en lithochromie.
- Carte hydrologique de la ville de Paris, exécutée d'après les ordres de M. le baron Haussmann, sénateur, préfet de la Seine. 2 feuilles grand-monde, imprimées en lithochromie.
- Recherches sur les pseudomorphoses. In-8.
- De l'azote et des matières organiques dans l'écorce terrestre. 1861.

- Recherches sur le porphyre rouge antique et sur la syénite rose d'Égypte.
- DELESSE et LAUGEL. Revue de géologie. I^{er} et II^e volumes. In-8. Cet ouvrage, dont le III^e volume est sous presse en ce moment, présente un compte rendu succinct des travaux de géologie qui ont été publiés en France et surtout à l'étranger.
- DESLONGCHAMPS. Notes paléontologiques. Premier article, contenant: 1^o sur l'Archæopterix lithographica ou oiseau fossile de Solenhofen; 2^o sur la nature des Aptychus; 3^o sur une nouvelle espèce de Peltarion; 4^o sur une nouvelle espèce d'Oscabrion du Lias; 5^o sur des Patellidées et Bullidées nouvelles des terrains jurassiques. In-8, 33 p. et pl. — (76)
- DESLONGCHAMPS. Notes pour servir à la géologie du Calvados. In-8. 40 p. et pl. — (307)
- DESLONGCHAMPS. Documents sur la géologie de la Nouvelle-Calédonie, suivis du catalogue des roches recueillies dans cette île par MM. Jouan et Émile Deplanche, et de la description des fossiles triasiques de l'île Hugon, dépendance de cette colonie; avec une carte et une planche de fossiles. In-8, 49 p. et pl. — (5366)
- DOLLFUS-AUSSET. Matériaux pour l'étude des glaciers. 7 vol. in-8 de 700 pages avec un bel atlas in-folio de 100 planches.
- DUCROTAY DE BLAINVILLE (H. M.). Ostéographie ou Description iconographique comparée du squelette et du système dentaire des mammifères récents et fossiles pour servir de base à la zoologie et à la géologie. 26^e livr. In-4.
- DEMONTIER. Études paléontologiques sur les dépôts jurassiques du bassin du Rhône; 1^{re} partie. *Infra-Lias*. In-8, 294 p. et 50 pl. — (5422)
- FERREY (A.). Annuaire-guide de la métallurgie. 1^{re} année, 1864. pl. 9 à 14.
- FIGUIER (Louis). La terre avant le déluge. Nouvelle édition entièrement revue, corrigée et augmentée.
- GOSSELET. Observations sur le gisement de la houille dans le département du Nord. In-8, 15 p. et pl. — (1745)
- HOGARD (H.). Recherches sur les glaciers et les formations erratiques des Alpes de la Suisse. 1 vol. grand in-8 et atlas in-folio de 51 pl.
- HOUZEAU (Auguste). Histoire de la houille et de ses dérivés. Discours prononcé à la séance solennelle de rentrée des établissements de l'instruction supérieure de Rouen. In-8, 52 p.
- Histoire de la houille et de ses transformations industrielles. Discours prononcé à la séance solennelle de rentrée des établis-

- sements de l'instruction supérieure de Rouen. 2^e édition, augmentée de nombreux tableaux. In-8, 54 p.
- LECOQ. Les eaux minérales considérées dans leurs rapports avec la chimie et la géologie.
- LYELL. Manuel de géologie élémentaire, ou changements anciens de la terre et de ses habitants tels qu'ils sont représentés par les monuments géologiques : traduit de l'anglais sur la 5^e édition, par M. Hugard. 6^e édition, illustrée de 750 grav. sur bois. 2 vol. In-8, 1059 p. — (5492)
- MEUNIER (E.). Traité des causes des sinistres dans les usines, guide pratique du manufacturier pour l'emploi des moyens préservatifs des incendies dans les établissements industriels. Ouvrage utile aux usiniers, aux inspecteurs et agents d'assurances, aux constructeurs d'usines. In-8, VIII-294 p. et 8 pl.
- Mines et usines des rives du Rhône. Zinc, plomb, argent, etc. Résumé des études de M. Rivière. 28 p.
- MORIÈRE. Notes sur les crustacés fossiles des terrains jurassiques du département du Calvados; découverte de l'Eryon Edwardsii dans le lias supérieur, et du Pithonoton Meyeri dans la grande oolithe; et sur une agglomération considérable de Mytilus gryphoides trouvée à la Caine (Calvados) dans le lias supérieur. In-8, 17 p. et pl. — (2928)
- NOGUÈS (A. F.). Dépôts jurassiques du Languedoc pyrénéo-méditerranéen comparés à ceux des bassins de Rhône et de Paris. In-8, 59 p.
- PÉTI. Projet de géologie départementale. In-8, 45 p. et 2 pl. — (5287)
- PLANCHON. Étude des tufs de Montpellier au point de vue géologique et paléontologique. In-4, 85 p. et pl. — (5756)
- PLESSIER (V.). Mode de formation simultanée du plateau et de la vallée de la Brie. In-8 de 32 pages.
- POTHIER (A. F.). De l'exploitation et de la législation des mines en Algérie et en Espagne. IV-87 p.
- POULETT-SCROPE (G.). Les volcans, leurs caractères et leurs phénomènes, avec un catalogue descriptif de toutes les formations volcaniques aujourd'hui connues. Ouvrage traduit de l'anglais par Endymion Pierraggi. In-8, VIII-504 p.
- ROUVILLE (DE). Esquisse d'une histoire de la géologie. In-8, 51 p. — (1390)
- SOEMANN. Note sur une piste découverte dans les calcaires lithographiques de Solenhofen. In-8, 7 p. et pl. — (3509)
- STOPPANI (A.). Paléontologie lombarde, ou Description des fossiles

de Lombardie, publiée à l'aide de plusieurs savants. Milan, 1863-1864.

5^e Construction, chemins de fer.

- BRETON. Construction des grands tunnels, par M. Toni Fontenay, ingénieur civil; analyse. In-8, 16 p. — (1456)
- BOUCHARD (Louis). Traité des constructions rurales et de leur disposition. 2 vol. en trois parties grand in-8, avec nombreuses fig. dans le texte et 150 planches.
- BULLETIN de la Société des architectes de la Haute-Saône. 1^{re} année. 1863, n^o 1. 28 p. in-8.
- CARTIER (Émile). Album et calculs de résistance de fers marchands et spéciaux. In-folio, 45 p.
- Chemin de fer direct de Lyon à Bordeaux, recueil des vœux émis par les villes principales intéressées à l'exécution de cette ligne. Extrait des délibérations des chambres de commerce et des conseils municipaux. In-4, 40 p. — (57)
- COLLIGNON. Les chemins de fer russes de 1857 à 1862. Études sur la Russie. Chemins de fer, travaux publics, climat, agriculture, servage, finances, etc. In-8, 259 p. — (2594)
- CONNEAU. Notes sur le chemin de fer corse. In-8, 16 p. — (4450)
- DESRIÈRE. Note sur un système de bagues en fonte appliqué à la voie Vignole. In-8, 18 p. — (3605)
- DUCPETIAUX (Ed.), DEMANET et M. A. VISSCHERS. Architecture des prisons cellulaires; étude d'un programme pour la construction des prisons cellulaires, accompagnées d'un plan, par Ed. Ducpetiaux; notes sur un système de sièges d'aisances fixes et de ventilation à appliquer aux prisons cellulaires, avec plan par Demanet; rapport du conseil supérieur d'hygiène publique, par Visschers. 96 p. in-8.
- FLACHAT. Étude sur l'usure et le renouvellement des rails. In-8, 26 p. — (3057)
- GAUNIN. Tables trigonométriques pour le tracé des chemins de fer, exprimant les longueurs naturelles des sinus, sinus verse, cosinus, cosinus verse, tangentes, cotangentes, sécantes et cosécantes, etc. In-8, XXXII-181 p. — (4981)
- GAUCHER (Charles). Nouveau tarif des prix de tous les matériaux et de tous les ouvrages de la construction des bâtiments. 5^e édition, corrigée et entièrement refondue par un architecte, suivi de Tables de conversion des mesures agraires du département d'Indre-et-Loire. 201 p. in-8.

- GIRARD. Hydraulique appliquée. Chemin de fer glissant, nouveau système de locomotion à propulsion hydraulique; avec 6 pl. In-4, VIII-78 p. — (5679)
- KULHMANN. Recherches nouvelles sur la fabrication et la conservation des matériaux de construction et d'ornementation. In-8, 29 p. — (1509)
- LALLOUR. Observations pratiques sur la stabilité et la consolidation des terrassements. In-4, 16 p. et 4 pl. coloriées. — (857)
- LEFOUR. Constructions rurales et mécanique agricole, matériaux, travaux et tarifs de maçonnerie, charpente, menuiserie, etc. 2^e édition. 216 p.
- MARGUIER D'AUBONNE. Chauffage de tous les wagons d'un train de voyageurs par l'air chaud et au moyen de bouches de chaleur. In-8, 11 p. — (145)
- MARQFOY. La réforme des tarifs de chemins de fer et les compagnies. In-8, 52 p. — (2909)
- MAZILLIER. Note sur un nouveau système de voie complètement en fer, dite voie à éclisses-tables. In-8, 16 p. et pl. — (1355)
- NOZO et GEOFFROY. Matériel des chemins de fer. Expériences sur les conditions d'établissement des cheminées de locomotives faites au chemin de fer du Nord, sous la direction de J. Petiet. In-8, 24 p. — (2955)
- PALAA. Dictionnaire législatif et réglementaire des chemins de fer. Gr. in-8, XIV-756 p. — (1785)
- PERDONNET. Chemins de fer. In-8 à 2 colonnes, 14 p.
- PIETRA SANTA (DE). Influence des chemins de fer sur la santé publique. In-8, 16 p. — (2260)
- ROFFIAEN (E.). Traité descriptif et raisonné des constructions hydrauliques à la mer et dans les eaux courantes avec applications aux travaux militaires. 3^e partie. Constructions en eaux courantes. In-8, 288 p. et 5 pl.
- SALOMON. Notes explicatives de l'itinéraire kilométrique du réseau des chemins de fer français. 2^e édition. In-8, 44 p. — (1824)
- SIEBER. Note sur le procédé de durcissement des rails par la compression finale à basse température. In-8, 50 p. — (2065)
- SOULÉ. Réflexions pratiques sur les maladies qu'on observe chez les employés de chemins de fer. In-8, 75 p. — (4390)
- TONNEAU (Émile). De l'exploitation de la houille en Belgique. Description et comparaison, au point de vue économique, des divers modes d'exploitation proprement dite, employés dans les différents centres houillers de la Belgique. Orné de planches. In-8, 87 p. et 7 pl.

- TRANÉ. Méthode pratique pour le calcul des mouvements de terre, applicable à l'établissement des routes, canaux, chemins de fer. In-8, 16 p. et tableau. — (4629)

6^e Sujets divers.

- Almanach du chaulage et de l'engrais humain naturel dit chaux animalisée. 3^e année, 1864. 102 p.
- Annuaire de la Société impériale et centrale d'agriculture de France. Année 1864. 211 p.
- Annuaire du ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, pour l'année 1864. In-8, 398 p. — (5556)
- ARBOIS DE JUBAINVILLE (D'). Utilité des assolements forestiers. In-8, 264 p. — (3111)
- AUGOYAT. Aperçu historique sur les fortifications, les ingénieurs et sur les corps du génie en France. Tome III. In-8, 628 p.
- BAUCARNE-LEROUX. Le laboureur de la Flandre française. Mémoire présenté au concours régional de Lille en 1863. In-8, 47 p. — (512)
- BAUDEMONT (Émile). Observations sur la valeur comparée de plusieurs races bovines et ovines au point de vue de la production de la viande, de la structure et du rendement. 72 p.
- BAUDRIMONT (A.). Expériences agrologiques. Modifications que les phosphates éprouvent dans le sol arable. 8 p.
- BERTHIER (H.). Chimie agricole. Analyses comparatives des cendres d'un grand nombre de végétaux, suivies de l'analyse des différentes terres végétales. In-8.
- BERTRAND. Notice sur la vie et les travaux de Képler; lue dans la séance publique du 28 décembre 1863. Institut impérial de France. In-4, 40 p. — (256)
- BERTRAND. Copernic et ses travaux. In-4^e, 28 p. — (3135)
- BERTRAND. Des progrès de la mécanique. M. Léon Foucault. In-8, 20 p. — (4415)
- BORIE (Victor). Cours élémentaire d'agriculture; 1^{re} année. Définition des sols. Engrais. Amendements. Drainage. Irrigations. Labours. Gr. in-8, 126 p.
- BOUSSINGAULT. Agronomie, chimie agricole et physiologie. 2^e édition. T. 3. In-8, 413 p. et 1 pl. — (4425)
- BRISSE. Album de l'exposition universelle de Londres en 1862. 1^{re} partie. In-4, 392 p. — (768)
- CARNET de l'ingénieur. Recueil de tables, de formules et de renseignements usuels et pratiques sur les sciences appliquées à l'industrie, chimie, physique, mécanique, etc., à l'usage des

- ingénieurs-constructeurs, des architectes, etc., publié par les rédacteurs des Annales du génie civil, avec la collaboration d'ingénieurs et de savants français et étrangers. 12^e édition, corrigée et augmentée. Année 1864. Tome VIII, in-12, 290 p.
- CHARLOT. Petit annuaire d'adresses du ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics. 1864. In-12, 112 p. — (55)
- Compagnie universelle du canal de Suez. Documents sur les questions pendantes. 25 décembre 1865. In-8, 84 p. — (291)
- DAVID. Solution du problème de la navigation dans l'air. In-18, 85 p. et 5 pl. — (5801)
- DEMILLY. Conduite et gestion du cheval, du bœuf et du mouton en Champagne, ou Règles à suivre pour produire, loger, nourrir et gouverner nos trois grandes espèces d'animaux domestiques dans l'intérêt de l'hygiène et de l'agriculture par des économies bien entendues, et l'amélioration raisonnée de nos races. 360 p.
- DEZAUCHE (fils). Carte botanique de France, dressée pour la Flore française de MM. Lamarck et de Candolle, offrant l'indication et la hauteur des plaines et des montagnes au-dessus du niveau de la mer, pour toutes les provinces du royaume, sur une feuille entière grand colombier, coloriée et lavée en plein, par régions botaniques, d'après les différents climats.
- Description des machines et procédés pour lesquels des brevets ont été pris. T. XLVI. In-4 à 2 col., 360 p. et 60 pl. (552)
- Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris. T. XLVII. In-4 à 2 col., 350 p. et 64 pl. — (4021)
- DOMBASLE (C. J. A. Mathieu de). Traité d'agriculture, publié sur le manuscrit de l'auteur. 4 vol. in-8.
- DU BURGUET. Essai sur l'aérage du tunnel des Alpes au moyen de la pulvérisation de l'eau et de l'eau courante. In-8, 16 p. — (5195)
- DUCHESNE. Exposé des divers systèmes de navigation, et réfutation de l'hélicoptère Nadar, Ponton d'Amécourt et de la Landelle. In-18, 72 p. — (1270)
- DUPONCHEL. Avant-projet pour la création d'un sol fertile à la surface des landes de Gascogne. In-8, 107 p. et pl. — (4252)
- DUVAL (Céleste). Question cotonnière. La France peut s'emparer du monopole du coton par l'Afrique; elle peut rendre l'Angleterre, l'Europe ses tributaires. L'Afrique est le vrai pays du coton. 67 p.
- Enquête sur la marine marchande. Conseil supérieur de l'agriculture, du commerce et de l'industrie. T. I. VIII-713 p.
- État de la question du canal de Suez. In-8, 11 p. — (5184)

- ESPRIT. Découverte des plus précieuses en sériciculture. Moyens d'obtenir la graine de vers à soie acclimatée, régénérée et exempte de tout embryon malade. 32 p.
- FIGUIER. L'Année scientifique et industrielle. 4^e année. In-18 Jésus, 521 p. et 1 grav. — (92)
- FIGUIER. L'Année scientifique et industrielle. 5^e année. In-18 Jésus, 529 p. et grav. — (569)
- FIGUIER. L'Année scientifique et industrielle. 8^e année. In-18 Jésus, 561 p. et 1 grav. — (1056)
- FIGUIER. L'Année scientifique et industrielle. 7^e année. In-18 Jésus, 552 p. et 2 pl. — (5628)
- FRAICHE (Félix). Traité des procédés de multiplication naturelle et artificielle des poissons ou pisciculture pratique mise à la portée de tout le monde. 164 p.
- FRESNES (DE). Navigation aérienne. Aéroscaphe. Gr. in-18, 33 p. et pl. — (571)
- FOUCHER DE CAREIL (le comte). La Liberté des haras et la crise chevaline en 1864. 95 p.
- GASPARIN (le comte Auguste de). Cours d'agriculture. Suivi de considérations sur les machines et du plan incliné comme grande machine agricole. T. 6 et dernier. 622 p.
- GASPARIN (DE). Cours d'agriculture. 4^e édition. T. III. In-8, 811 p. — (1737)
- GAUCHER. Nouveau tarif des prix de tous les matériaux et de tous les ouvrages de la construction des bâtiments. 5^e édition. In-8, 201 p. — (5657)
- GAUDRY (Jules). Analyse du mémoire de M. Scott-Russel sur les flottes en fer. In-8, 12 p.
- GAYOT. L'Agriculture en 1865, expositions et concours à travers champs. In-18 Jésus, 324 p. — (542)
- GILLET DE GRANDMONT (Anatole). Rapport sur des études relatives à la pratique des fécondations artificielles des poissons de mer. 15 p.
- GOBIN (A.). Prairies artificielles. Moyens de remédier à la décroissance de leurs produits. In-8.
- GOURCY (le comte Conrad de). Voyage agricole en Normandie, Mayenne, Bretagne, Anjou, Touraine, Berry, Sologne et Beauvoisis. In-8.
- GRESLOU. Recherches sur la céramique, suivies de marques et de monogrammes des différentes fabriques. In-8, XVI-279 p. — (110)

- HERVÉ-MANGON. Instructions pratiques sur le drainage. 5^e édition in-12, avec 116 fig. dans le texte.
- HOOIBREK (Daniel). Fécondation artificielle des céréales, ou moyen de faire rendre aux céréales moitié en sus de la récolte ordinaire. 24 p.
- Instruction sur les travaux à exécuter pendant les douze mois de l'année, publiée par la Société impériale et centrale d'horticulture. In-8.
- JACQUEMART (Frédéric). Rapport sur trente éducations du ver du chêne du Japon ou Bombyx Ya-ma-maï, faites en 1863, lu à la Société impériale d'acclimatation dans les séances des 19 février et 18 mars 1864. 44 p.
- JOHNSTON (James F. G.). Éléments de chimie agricole et de géologie, traduits de l'anglais par Exschaw. 2^e édition, augmentée de tout ce que contient la nouvelle édition publiée à Londres par M. Laverrière. Un beau vol. in-12, fig.
- LAGRUE. Agriculture élémentaire, théorique et pratique, à l'usage des écoles primaires. 6^e édition in-12, fig.
- LA LANDELLE (DE). Aviation ou navigation aérienne sans ballon. 2^e édition. In-18 jésus, 367 p. — (1551)
- LANDRIN (Eugène), et Henri-Landrïn, Manuels-Roret. Nouveau Manuel complet de la fabrication et de l'application des engrais animaux, végétaux et minéraux, ou Traité théorique et pratique de la nutrition des plantes. Ouvrage orné de figures. VIII-508 p. et fig.
- LESSEPS (DE). Entretiens sur le canal de Suez. In-8, 95 p. — (2456)
- LEVACHER-DURCLÉ. Chemins de fer agricoles, ou populaires. Solution du problème du monopole des transports au profit de l'État, conçu par Napoléon I^{er}. In-8, 18 p., 2 tableaux et 1 pl. — (3854)
- LIEBIG. Lettres sur l'agriculture moderne, traduites par le docteur Swarts. in-12, 260 p.
- LIGNIÈRES. Revue agricole de l'année 1863. In-8, 15 p. — (1524)
- L'Opinion séricicole, organe des intérêts agricoles et séricicoles de la France et de l'étranger, paraissant les mardis. 1^{re} année. N^o 1. 13 octobre 1863.
- Maladie de la vigne. Notice sur la poudre anti-oïdique de A. Baudrimont et H. Le Mat. 4^e édition. 48 p.
- MALAGUTI (F.). Chimie appliquée à l'agriculture, précis des leçons professées, depuis 1852 jusqu'à 1862, sur différents sujets d'agriculture. Nouvelle édition. Tomes I et II. In-18 jésus, 910 p.

- MANGON (Hervé). Expériences sur les limons charriés par les cours d'eau. In-8, 32 p. — (1966)
- MARTIN (E.). Traité théorique et pratique des amendements et des engrais, précédé de notions raisonnées sur la connaissance des terres, l'analyse des sols et l'étude de la végétation. In-8.
- MATHIEU. Flore forestière; description des végétaux ligneux qui croissent spontanément en France. 2^e édition, 1 vol. in-8.
- MATHIEU DE DOMBASLE. Traité d'agriculture. 4^e partie. Comptabilité. In-8, 658 p. et 11 tableaux. — (149)
- MEUNIER. Traité des causes des sinistres dans les usines, guide pratique du manufacturier pour l'emploi des moyens préservatifs des incendies dans les établissements industriels. In-8, VIII-294 p. — (1575)
- MOLL. L'assainissement des villes par la fertilisation des campagnes. In-8, 40 p. (2922)
- MOLL et GAYOT. Encyclopédie pratique de l'agriculture. T. IX. In-8, 474 p. et fig. dans le texte. — (2681)
- MOREL. De la formation du type dans les variétés dégénérées ou Nouveaux éléments d'anthropologie morbide pour faire suite à la Théorie des dégénérescences dans l'espèce humaine, précédé d'une lettre à M. le professeur Flourens. 1^{re} fasc. In-4, 44 p. et pl.
- Nivellement général de la France. Résultats des opérations exécutées pour l'établissement du réseau des lignes de base. 3 vol. in-8, XLV-2042 p. — (5275)
- NORMAND. Mémoire sur l'application de l'algèbre au calcul des bâtiments de mer. In-8, 32 p. et 5 pl. — (3453)
- PARVILLE. Causeries scientifiques, découvertes et inventions, progrès de la science et de l'industrie. 3^e année, 1863. In-18 jésus, 468 p. — (414)
- PATÉ. De l'agriculture en Lorraine. In-8, 15 p. — (650)
- PÉPIN. Rapport sur le concours agricole et horticole de Lyons-la-Forêt. In-8, 11 p. — (922)
- PERRAULT (E.). Haras. La race chevaline devant l'administration des haras et l'industrie privée.
- PIERRE. Recherches agronomiques. In-8, 272 p. (5071)
- POUCHET (F. A.). Nouvelles expériences sur la génération spontanée et la résistance vitale. In-8, XVI-256 p.
- PRIVAT-DESCHANEL et FOCILLON. Dictionnaire général des sciences théoriques et appliquées, avec des figures intercalées dans le texte. 1^{re} partie. A-C. Gr. in-8 à 2 col., VIII-652 p. — (2965)

- Programme des conditions d'admission aux écoles des mines. In-12, 12 p. — (4845)
- PRUNIER. Des eaux naturelles prises aux couches inférieures, et perfectionnement apporté à la distribution des eaux sous le rapport de leur qualité et de leur quantité. In-8, 25 p. — (4589)
- Rapports des délégués pour les instruments d'optique et de précision. Exposition universelle de Londres en 1862. Grand in-18, 36 p. — (429)
- Rapports sur la céramique des délégués peintres et décorateurs sur porcelaine, et des délégués pour les pâtes, faïence, porcelaine opaque, gros grès, etc. Exposition universelle de Londres en 1862. Gr. in-18, 36 p. — (450)
- RIEFFEL (Jules). Manuel du propriétaire de métairies, principalement dans l'ouest de la France. Grand in-8.
- RUFZ DE LAVISON. Rapport sur le jardin d'acclimatation pendant l'année 1863. 14 p.
- SAIGNES (le comte de). Observations sur les modifications à introduire dans l'administration des haras en 1864. 11 p.
- SALLES. Canal d'irrigation et de colmatage de Saint-Martory. Utile emploi des eaux d'hiver pour colmater et marnier économiquement. In-8, 16 p. — (1395)
- SCHMIDT (J. F. Jul.). Publications de l'observatoire d'Athènes. 1^{re} série, tome I. In-4, 145 p.
- STEPHENS. Catéchisme d'agriculture pratique, traduit de l'anglais par Fennebresque. In-8 avec fig. dans le texte.
- TIREAU. Notice sur les fertilisateurs électriques, inventés par M. E. Bazin, d'Angers. In-8, 14 p. — (964)
- TROCHU. Création de la ferme et des bois de Bruté sur un terrain de landes, à Belle-Isle-en-Mer (Morbihan); récapitulation de travaux de défrichements, plantations et culture, ainsi que sur diverses études d'économie rurale pendant trente-huit années. 1 vol. in-8 avec atlas in-4.
- TURGAN. Les grandes usines de France. Deuxième série. 1 vol. gr. in-8 renfermant 60 gravures.
- VIGNOTTI. Des irrigations du Piémont et de la Lombardie. In-18, 94 p. — (1208)
- VUILLEMIN. Statistique agricole, industrielle et commerciale de l'arrondissement de Douai. In-8, 16 p. (3534)

OUVRAGES ANGLAIS.

- ADCOCK. *Adcock's Engineer's pocket-book...* Manuel des ingénieurs pour l'année 1864.
- ALLEN. *Young mechanic's Instructor...* L'instructeur du jeune mécanicien, ou Guide du mécanicien dans les arts et professions qui se rapportent aux constructions.
- BRODIE (Jain.). *Remarks on the antiquity...* Remarques sur l'antiquité et la nature de l'homme; réponse au récent ouvrage de sir Charles Lyell.
- BUCKMASTER (J.-C.). *The Elements...* Éléments de physique mécanique.
- COLBURN. *Locomotive Engineering...* Construction des locomotives et mécanique des chemins de fer.
- CULLEY. *Handbook of practical...* Manuel de télégraphie pratique.
- EWBANK. *Descriptive and historical...* Récit descriptif et historique sur l'hydraulique et les machines anciennes et modernes servant à élever les eaux.
- Geological Survey...* Commission géologique du Canada; Rapport sur les progrès faits depuis son origine jusqu'à l'année 1865.
- HUMBERT. *Record of the progress...* Mémoire sur les progrès de l'art moderne de l'ingénieur.
- ISHERWOOD. *Experimental Researches...* Recherches expérimentales sur les machines à vapeur.
- Magazine, the mining and smelting...* Revue mensuelle des mines et carrières, de la métallurgie, ainsi que des arts et des sciences qui s'y rattachent.
- MELTON (J.-L.). *The stream of life...* Le courant de la vie sur notre globe: ses archives, ses traditions et ses lois révélées par les découvertes modernes qui ont été faites en géologie et en paléontologie.
- PERCY. *Metallurgy...* L'art d'extraire les métaux et leur application aux procédés variés de manufacture.
- RAMSAY (C.). *Geological Map...* Carte géologique d'Angleterre et du pays de Galles. 1 feuille grand-aigle imprimée en couleur avec soin.
- RANKINE. *Manual of applied mechanics...* Manuel de mécanique appliquée.
- RICHARDSON et WATTS. *Chemical Technology...* Chimie technologique ou Chimie appliquée aux arts et manufactures.

- RUPERT JONES et WOODWARD. *The geological Magazine...* Magasin géologique ou Journal de géologie se publiant mensuellement, depuis le 1^{er} juillet 1864, par cahiers de 48 pages.
- TAYLOR (J.) *Geological Essays...* Essais et esquisses sur la géologie de Manchester et de ses environs.
- TOMLINSON. *Rudimentary treatise...* Traité élémentaire sur la chaleur et la ventilation.
- STEVENSON. *Design and construction...* Dessin et construction des ports.
- WOODWARD (J.-P.). *A Manual of the Mollusca...* Manuel des mollusques, ou Traité rudimentaire sur les coquilles fossiles et récentes.

OUVRAGES ALLEMANDS.

- ALBERTI (F. v.). *Ueberblick über die Trias...* Coup d'œil sur le trias et aperçus sur son origine.
- Forschritte, die, der Physik...* Progrès de la physique en 1862; publié par la Société de physique de Berlin.
- MARTUNG (G.). *Geolog. Beschreibung der Inseln Madeira und Porto-Santo...* Description géologique des îles Madeire et Porto-Santo, avec une étude des fossiles de ces îles et des Açores; par M. Mayer.

OUVRAGES ITALIENS.

- SEGUENZA (G.). *Paleontologia...* Paléontologie et malacologie du terrain tertiaire du district de Messine.
- *Sulla formazione miocenica...* Recherches et considérations sur la formation miocène de la Sicile.
- *Prime ricerche...* Premières recherches sur les rhizopodes fossiles de l'argile pleistocène des environs de Catane.
- *Costituzione geologica...* Constitution géologique du bassin tertiaire du district de Messine, et des foraminifères monothalamés de la marne miocène de ce district.

BIBLIOGRAPHIE.

DEUXIÈME SEMESTRE DE 1864.

OUVRAGES FRANÇAIS.

1^o *Mathématiques pures.*

- BERGER. Étude sur la théorie des quantités imaginaires et les principales méthodes indiquées par Cauchy pour le calcul des perturbations des mouvements planétaires In-4, 39 p. — (8571)
- BOBILLIER. Cours de géométrie 13^e édit. In-8, 411 p. — (9029)
- BOBILLIER. Principes d'algèbre. 6^e édit. In-8, 292 p. — (11615)
- BRIOT. Leçons d'algèbre. 2^e partie. 5^e édit. In-8, 370 p. — (11861)
- BOUCHOTTE. Sur la distance de la terre au soleil. In-8, 11 p. — (10692)
- CATALAN. Traité élémentaire de géométrie descriptive. 5^e édition. In-8, 252 p. et 30 pl. — (11372)
- DAVID. Théorie des courbes et surfaces normales entre elles. In-8, 40 p. — (9578)
- DUHAMEL. Mémoire sur la méthode des maxima et minima, de Fermat, et sur les méthodes des tangentes de Fermat et Descartes. In-4, 55 p. — (6832)
- DUPUIS. Table de logarithmes et d'anti-logarithmes à l'usage des physiciens. In-8, 8 p. — (10947)
- FLEURY. Théorie élémentaire des convergents des fonctions d'une seule variable, avec ses applications à la détermination : 1^o des lignes asymptotiques aux courbes représentées par ces fonctions;

- 2° de la vraie valeur des fonctions qui se présentent sous une forme indéterminée. In-8, 70 p. — (10322)
- GAUSS. Théorie du mouvement des corps célestes parcourant des sections coniques autour du soleil. In-8, xx-380 p. et 3 pl. — (6135)
- GIRAULT. Recherche d'une orbite au moyen d'observations géocentriques, d'après le *Theoria motus corporum caelestium*, de Gauss. In-8, 78 p. — (10966)
- GOBIN. Note sur le pyrographe ou gabarit à courbes concentriques pour le tracé des arcs de cercle à grands rayons, inventé par M. Nicolas, conducteur des ponts et chaussées à Lyon. In-8, 6 p. et pl. — (7921)
- LACROIX. Introduction à la connaissance de la sphère. 2° édition. In-18, VIII-59 p. et 2 pl. — (8426)
- LA GOURNERIE (DE). Traité de géométrie descriptive. 3° partie. In-4, xx-216 p. et 46 pl. — (10524)
- LAURENT. Théorie des parallèles. In-8, 32 p. et 1 pl. — (10790)
- LEBESGUE. Tables diverses pour la décomposition des nombres en leurs facteurs premiers. In-8, 39 p. — (8455)
- LUCAS. Considérations géométriques sur les trajectoires lumineuses. In-8, 15 p. — (7318)
- MARTIN. Théorie pratique des calculs d'approximation numérique. In-12, 44 p. — (7151)
- PONCELET. Applications d'analyse et de géométrie, qui ont servi de principal fondement au traité des propriétés projectives des figures. Tome II et dernier. In-8, VII-602 p. — (6222)
- ROCHE. Remarque sur une généralisation de la formule de Taylor. In-4, 14 p. — (6976)
- STURM. Cours d'analyse de l'École polytechnique. 2° édit., revue par M. Prouhet. Tome II. In-8, XI-456 p. — (8021)

2° Physique, chimie.

- BARRESWILL et GIRARD. Dictionnaire de chimie industrielle. T. III, 3° fascicule. In-8, 417-663 p. — (6054)
- BEAUME. Essai de classification et de nomenclature des matières organiques. In-18, 96 p. — (11845)
- BECURREL. De la conservation du fer et de la fonte dans l'eau douce. In-4, 4 p. — (10677)
- BERTHELOT. Leçons sur les méthodes générales de synthèse en chi-

- mie organique, professées en 1864 au collège de France. In-8, XXI-526 p. — (9023)
- BLONDLOT. Purification de l'acide sulfurique. In-8, 11 p. — (10273)
- Sur le dosage de l'antimoine dans les recherches toxicologiques. In-8, 8 p. — (10274)
- BOBIERRE. Recherches sur les eaux pluviales recueillies à Nantes en 1863. In-4, 39 p. et 3 tableaux. — (7029)
- BOUDEVILLE. Précis de chimie agricole appliquée à l'analyse des terres arables. In-18, 102 p. — (6070)
- CHAUTARD. Résumé des observations météorologiques faites à Nancy en 1863. In-8, 9 p. et tableau. — (7862)
- CUZENT. Eau thermo-minérale de la Ravine-Chaude du Lamentin (Guadeloupe). In-8, 37 p. — (10931)
- DAGUIN. Sur la théorie du porte-voix et du cornet acoustique. In-8, 11 p. — (9061)
- DAMOURETTE. Études sur l'eau minérale bicarbonatée calcaire, ferrugineuse et sulfatée magnésique de Sermaise (Marne). In-8, 103 p. — (6815)
- DESAINS. Leçons de physique près la Faculté des sciences de Paris. T. II, 11° section. In-18 jésus, 329-897 p. — (9582)
- DECHARME. Revue des sciences physiques en 1863. In-8, 93 p. — (5861)
- DESROUSSEAUX. Sources de l'électricité, etc., suivant une nouvelle théorie. 2° édit. In-8, 36 p. — (6108)
- DOVE. La loi des tempêtes, considérée dans ses rapports avec les mouvements de l'atmosphère. In-8, XIV-311 p. — (11417)
- FAYRE. Aide-mémoire de chimie. In-8, 605 p. et 14 pl. — (9598)
- GERHARDT et CHANCEL. Précis d'analyse chimique quantitative. 2° édition. In-18 jésus, 700 p. — (7107)
- GLÉNARD. Procédé pour chercher et doser l'arsenic dans le sous-nitrate de bismuth. In-8, 7 p. — (8877)
- GUITTEAU. De l'emploi des verts minéraux à base d'arsénite de cuivre dans la peinture sur étoffe et sur papier. In-8, 8 p. — (7930)
- HOBITZ. Notice sur l'emploi du sel en agriculture. In-8, 16 p. — (6867)
- LACROIX. Essai sur l'induction électrique. In-8, 45 p. — (8903)
- LEFORT. Analyse chimique de l'eau minérale de la source Gattier, à Cransac (Aveyron). In-8, 23 p. — (7138)
- MASCART. Recherches sur le spectre solaire ultra-violet et sur la détermination des longueurs d'onde. In-8, 79 p. et 1 pl. — (6916)

- MOITESSIER. Recherches sur la dilatation du soufre. In-4, 31 p. — (6929)
 — Recherches sur la salicine et les composés saliciques. In-4, 76 p. (6930)
 PELOUZE. Mémoire sur la poudre-coton (pyroxyle). In-8, 47 p. — (11992)
 PELOUZE et FREMY. Traité de chimie générale, analytique, industrielle et agricole. 3^e édition. T. III, 1^{er} fascicule. — Chimie inorganique. III. In-8, 544 p. — (8951)
 PIERRE. Quelques réflexions sur les phosphates et sur les matières azotées qui peuvent être soustraites à la circulation générale par le respect des sépultures. In-8, 8 p. — (7182)
 POEY. Sur l'action chimique de la lumière diffuse observée à la Havane, à l'aide d'un nouvel actinographe chimique. In-8, 5 p. — (7515)
 — Sur l'existence des arcs surnuméraires à la Havane et sur les arcs-en-ciel observés en 1862. In-8, 6 p. — (7516)
 PRAT. Recherches analytiques sur un minéral contenant des corps particuliers. In-8, 24 p. — (7344)
 RAULIN. Observations pluviométriques faites dans le sud-ouest de la France (Aquitaine et Pyrénées). In-8, 521 p. — (11514)
 RITTER. De quelques faits relatifs à l'histoire du sous-nitrate de bismuth. In-8, 28 p. — (8002)

3^e Mécanique appliquée, exploitation et droit des mines.

- CHAIRGRASSE et VINOT. Niveaux Chairgrasse. In-12, 54 p. et 5 pl. — (6562)
 CHAVERONDIER. Nouvelle théorie sur les machines à vapeur. In-8, VIII-108 p. — (6798)
 CHENOT. Note sur les machines à laminier les bandages. In-8, 13 p. — (7618)
 DESBRIÈRE. De la fabrication des rails et de l'emploi dans cette fabrication des fers provenant de minerais phosphoreux. In-8, 28 p. — (7635)
 DESGRANGES. Note sur l'exploitation du Scemmering de 1860 à 1863. In-8, 15 p. et 1 pl. — (6825)
 FLACHAT. Note sur le lavoir à charbon de MM. Forey. In-8, 8 p. et 1 pl. — (10118)
 FLAMM. Trois sources d'économie de combustibles. Guide pratique du constructeur d'appareils économiques de chauffage pour les

- combustibles solides et gazeux. In-18 Jésus, 157 p. et 4 pl. — (8660)
 FURNO. Les garnitures métalliques. Essai comparatif. In-8, 31 p. — (7673)
 HATON DE LA GOUPILLIÈRE. Traité des mécanismes, renfermant la théorie géométrique des organes et celle des résistances passives. In-8, XXXII-483 p. et 16 pl. — (7302)
 LIMAN (DE). Traité du rhabillage et de la fabrication de l'horlogerie actuelle. In-12, 456 p. — (11001)
 MARIN. Note sur le système de chauffage de M. Siemens et son application à la métallurgie du fer. In-8, 32 p. et 1 pl. — (6912)
 SCHEFFLER. Étude sur une forme rationnelle des essieux de wagons et avantages techniques des essieux en acier fondu. In-8, 55 p. et 1 pl. — (9727)

4^e Géologie, minéralogie, métallurgie.

- BELGRAND. Note sur le puits de Passy. In-8, 6 p. — (7587)
 BINKHORST VAN DEN BINKHORST. — Monographie des gastéropodes et des céphalopodes.
 BINKHORST VAN DEN BINKHORST. — Monographie des bivalves de la craie supérieure du Luxembourg.
 CALLAND. Nouvelle étude sur les animaux antédiluviens de Jouy (canton de Vailly). In-8, 16 p. — (7271)
 GAUMONT (DE). Coup-d'œil sur la constitution tellurique de l'arrondissement de Falaise. In-8, 21 p. et fig. — (7408)
 COTTEAU. Rapport sur les progrès de la géologie et de la paléontologie en France, pendant l'année 1863. In-8, 48 p. — (10927)
 COTTEAU (G). Note sur la provenance géologique des pierres qui ont servi à la construction primitive de l'église de la Madelaine à Vezelay. Auxerre, 1864. In-8 de 7 p.
 — Une visite au musée de Troyes. Troyes, 1864. In-8 de 8 p.
 — Rapport sur un gisement de bois de cerfs, signalé par M. Ravin aux environs de Guerchy (Yonne). Auxerre, 1864. In-8 de 4 p.
 — Compte rendu des réunions des Sociétés savantes tenues à la Sorbonne les 30, 31 mars, 1^{er} et 2 avril 1864. Auxerre, 1864. In-8, 5 p.
 DELESSE. Recherches sur le porphyre rouge antique et sur la syénite rose d'Égypte.
 DELESSE et LAUGEL. Revue de géologie. En vente; tomes I et II. Cet ouvrage donne un résumé des travaux les plus importants qui ont été publiés sur la géologie dans ces dernières années.

- DES MOULINS. Le bassin hydrographique du Couzeau dans ses rapports avec la vallée de la Dordogne. In-8, 180 p. et planche. — (11409)
- DOLLFUS-AUSSET. Matériaux pour l'étude des glaciers. Tome I, 1^{re} partie, Auteurs. Tome IV, Ascensions. Tome V, 1^{re} partie, Glaciers en activité dans les Alpes. Gr. in-8, 1895 p. — (9829)
- ÉBRAY et DEZAUTIERE. Description géologique du bassin houiller de Decize au point de vue de recherches à faire dans le but de créer de nouvelles exploitations. In-8, 28 p. et planche. — (7895)
- ESCALLE. Notes pratiques concernant l'emploi des scories dans les fourneaux de la Loire et l'influence du mode de chargement dans la fabrication de la fonte. In-8, 16 p. — (7090)
- EDES DESLONGCHAMPS. Études sur les étages jurassiques inférieurs de la Normandie. In-4, 300 p. — (8860)
- GAUDRY. Animaux fossiles et géologie de l'Attique, d'après les recherches faites en 1855-1856 et en 1860 sous les auspices de l'Académie des sciences.
— Excursions géologiques aux environs du Havre. In-8, 54 p. et fig. — (9095)
- GODRON. Une visite géologique et botanique au lac de Fondromé (Vosges). In-8, 10 p. — (10332)
- GRANDEAU. Notice sur la grotte thermale de Monsummano (Toscane). In-8, 53 p. — (8672)
- HÉBERT. Théorie chimique de la formation des silex et des meulrières. In-8, 16 p. — (6383)
- LANGRIN. Traité de la fonte et du fer, théorie pratique de la fabrication du fer. In-8, VIII-303 p. — (7314)
- LAROQUE et BIANCHI. Note sur l'aérolithe charbonneuse du 14 mai 1864. In-8, 6 p. — (9150)
- LECOQ. Les eaux minérales du massif central de la France considérées dans leurs rapports avec la chimie et la géologie. In-8, IV-260 p. — (7472)
- LECOQ. Les eaux minérales considérées dans leurs rapports avec la chimie et la géologie. In-8, IV-467 p. — (7473)
- LORY. Description géologique du Dauphiné. 2^e et 3^e parties. In-8, 241-748 p. — (6901)
- LUYTON. Note sur les houillères anglaises en 1862. In-8, 182 p. et 9 pl. — (11476)
- MONGRUEL. Traité pratique, industriel et commercial des huiles minérales. In-12, X-121 p. — (8461)
- MORIÈRE. Note sur deux espèces nouvelles de mytilidées fossiles trouvées dans le Calvados. In-4, 3 p. et pl. — (9425)

- NORMAN-TATE. Du pétrole et de ses dérivés. In-8, 140 p. et 1 pl. — (9682)
- PASCAL. Étude géologique du Velay. Avec une carte. In-18 Jésus, XX-424 p. — (11268)
- PERCY. Traité complet de métallurgie. Tome I. In-8, CCLIV-556. — (8216)
- PERREY. Documents sur les tremblements de terre et les phénomènes volcaniques dans l'archipel des Kouriles et au Kamtschatka. In-8, 166 p. — (8739)
- PIETET (F. J.). Matériaux pour la paléontologie suisse.
- RÉSAL. Statistique géologique, minéralogique et métallurgique des départements du Doubs et du Jura. In-8, IV-377 p. et planche. — (6485)
- REYNÈS. De l'étage dans la formation crétacée. In-8, 16 p. — (10206)
- ROYER et BAROTTE. — Carte géologique du département de la Haute-Marne.
- TASTES (DE). Notice sur les pétroles d'Amérique. In-8, 23 p. — (9240)

5^e Construction, chemins de fer.

- BRETON. Traité du lever des plans et de l'arpentage. In-8, XXXII-596 p. et 9 pl. — (10448)
- BRULL. Locomotives à marchandises de grande puissance. In-8, 39 p. et 5 pl. — (5842)
- COTELLE. Législation française des chemins de fer. In-8, CXV-516 p. — (6097)
- Discussion sur l'usure et le renouvellement des rails. In-8, 31 p. — (9585)
- FLACHAT. Note sur l'emploi des rails en acier fondu sur les voies courantes. In-8, 6 p. — (7297)
- JACQUIN. Nouvel album des chemins de fer. 2^e tirage. In-8, 42 p. et 51 pl. — (10977)
- PROU. Ponts à treillis métalliques sous les chemins de fer. In-8, 40 p. — (12007)
- RAILLARD. Les principaux ponts du moyen âge à Metz. In-8, 104 p., tableau et planche. — (10831)
- RICHOUX. Étude sur les changements de voies. In-8, IV-59 p. et 3 pl. — (10837)
- SCHAEFFLER. Traité de la stabilité des constructions. Ouvrage tra-

duit de l'allemand et annoté par M. V. Fournié, ingénieur des ponts et chaussées. 1^{re} partie. Théorie des voûtes et des murs de soutènement. In-8, xi-575 p. et atlas. — (6992)

6° *Sujets divers.*

- Annuaire officiel des chemins de fer. In-12, 927 p. et 1 carte. — (6281)
- Annuaire des lignes télégraphiques. In-8, 415 p. — (7811)
- BARRAL. Mémoire sur les engrais en général et sur le phosphoguanos en particulier. In-8, 32 p. — (8568)
- Impressions aériennes d'un compagnon de Nadar, suivies de la note lue à l'Observatoire impérial sur la troisième ascension du Géant, avec une carte du voyage. In-8, 20 p. — (10428)
- BAUSSET-ROQUEFORT (DE). Notice historique sur l'invention de la navigation par la vapeur. In-8, 39 p. — (7826)
- BONDIVENNE. De la culture flamande. In-8, 15 p. — (9286)
- CAP. Études biographiques pour servir à l'histoire des sciences. In-18 jésus, VIII-419. — (6318)
- Carnet de l'ingénieur, recueil de tables, de formules et de renseignements usuels et pratiques sur les sciences appliquées à l'industrie. 12^e édition. In-12, VIII-290 p. — (8594)
- CHAMPION. Les inondations en France depuis le vi^e siècle jusqu'à nos jours. Recherches et documents contenant les relations contemporaines, les actes administratifs, etc., suivis de tableaux synoptiques par bassin, d'un index bibliographique des ouvrages anciens et modernes traitant de la matière. T. VI. In-8, 289 p. — (7616)
- Les inondations en France, depuis le vi^e siècle jusqu'à nos jours. T. IV, V et VI. In-8, DCCXI-1772 p. — (10070)
- CHAPALAY. L'Australie. In-12, VIII-88 p. — (6561)
- CHOUMARA. Solution générale des problèmes de la navigation aérienne. In-8, 16 p. — (8345)
- CHRISTOPHE. Voyage au grand Saint-Bernard. In-8, 24 p. — (6568)
- CORBIN-MANGOUX. Inauguration des eaux du Nil à Suez. In-8, 15 p. — (9812)
- DAURIAU. La télégraphie électrique, son histoire et ses applications en France et à l'étranger. In-18 jésus, VIII-120 p. — (8626)
- Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris. T. XLVIII. In-4 à 2 col., 350 p. et 62 pl. — (8360)

- DU MESNIL. Étude sur l'hygiène des ouvriers employés à la fabrication du verre mousseline. In-4, 36 p. — (8112)
- Annuaire de 1864 de la Société des conducteurs des ponts et chaussées et des garde-mines. 9^e année. In-8, 147 p. — (8303)
- FABIANI. Les chemins de fer de la Corse envisagés au point de vue des intérêts commerciaux et politiques de la France dans la Méditerranée. In-8, 165 p. — (8652)
- FIGUIER. La terre et les mers. 2^e édition. Gr. in-8, VIII-562 p. — (6611)
- L'année scientifique et industrielle. 3^e année. In-18 jésus, 529 p. et 2 pl. — (10495)
- FORTHOMME. Histoire de l'analyse spectrale. In-8, 23 p. — (7298)
- FRESQUET (DE) et BOUINAI. Des travaux publics, de l'agriculture et du commerce en France. 2^e partie : Agriculture, législation. 3^e livraison. In-8, 94 p. — (11679)
- Fumivore Palazot employé à la Monnaie de Paris, à l'administration des tabacs, aux eaux de la ville de Paris. 1865.
- GASPARIN (DE). Cours d'agriculture. 4^e édition. T. II. In-8, 578 p. — (11459)
- GAUCHERON. Cours d'agriculture pratique. T. III. Engrais. In-12, 216 p. — (7454)
- GOUMAIN-CORNILLE. La Savoie, le mont Cenis et l'Italie septentrionale. In-18 jésus, 355 p. — (6378)
- GOURCY (DE). Voyages agricoles en France et en Angleterre, pendant les années 1860, 1861 et 1862. In-8, 417 p. — (11694)
- GUYOT. Notice sur les assolements alternes et la culture triennale comparés. In-8, 15 p. — (10973)
- HERPIN. Instruction sur les premiers soins à donner aux personnes asphyxiées par le gaz acide carbonique. 2^e édition. In-12, 8 p. — (6385)
- HEUZÉ. L'agriculture de l'Italie septentrionale. Rapport au ministre de l'agriculture. In-8, xxx-420 p. — (7694)
- HIRN. Esquisse élémentaire de la théorie mécanique de la chaleur et de ses conséquences philosophiques. In-8, 126 p. — (7121)
- HUMBOLDT (DE). Volcan des Cordillères, de Quito et du Mexique. Nouvelle édition. In-4 oblong, 16 p. et 12 pl. — (5913)
- LANDUR. Mémoire sur la navigation aérienne sans ballons. In-4, 17 p. — (6168)
- PIERRE. Fragments d'études sur l'ancienne agriculture romaine. Gr. in-18, 180 p. — (6220)
- LÉTELIÉ. Nouvelle étude sur la saline de Marennes. In-8, 32 p. — (8440)
- LUNEL. Encyclopédie illustrée des inventions et découvertes. T. I. 1^{re} livraison. Gr. in-8 à 2 col., 48 p. — (6904)

- MADDEN. Notes et notices sur l'expédition scientifique des Anglais au pic de Ténériffe en 1856. In-8, 37 p. — (6905)
- MANÈS. Rapport présenté à la Société philomatique de Bordeaux sur les divers moyens employés ou proposés jusqu'ici pour la mise en valeur des landes de Gascogne. In-8, 29 p. — (8927)
- MANZI et NIAUDET-BRÉGUET. Projet de ligne télégraphique aérienne entre la France, l'Algérie et l'Égypte. In-8, 80 p. — (7148)
- Nouveaux appareils photographiques de M. Bertsch pour l'agrandissement et le stéréoscope. In-8, 12 p. — (6936)
- PAUL. Rapport sur l'éclairage à l'huile de pétrole. In-8, 16 p. — (9183)
- PLAZANET. Aperçu sur différents moyens d'opérer la locomotion aérostatique. In-8, 7 p. — (7339)
- Programmes des conditions d'admission aux écoles des mines. In-12, 12 p. — (8966)
- Rapport à l'empereur, approuvé par Sa Majesté, du ministre de l'instruction publique, adjugeant le prix de 50 000 fr., institué en 1852, en faveur de l'auteur des applications les plus utiles de la pile de Volta, et à l'effet d'ouvrir un nouveau concours pour une 3^e période de cinq ans. In-8, 41 p. — (11795)
- RÉVIAL. Rapport descriptif sur les richesses minéralogiques, agricoles et industrielles du bassin autunois. In-8, 44 p. — (6968)
- RIZET. De l'emploi des tubes de drainage pour pratiquer l'irrigation continue. In-8, 8 p. — (9216)
- SPEKE. Les sources du Nil, journal de voyage. Gr. in-8, 583 p. — (10622)
- Sveriges geologiska Undersökning*. Carte géologique de la Suède.
- VILLE. Conférences agricoles faites au champ d'expériences de Vincennes dans la session de 1864. 1^{re} conférence. In-8, 32 p. — (6515)
- VILLE. Conférences agricoles faites au champ d'expériences de Vincennes dans la saison de 1864. 2^e conférence. In-8, 59-122 p. — (9749)
- VILLERMÉ. L'Agriculture française. Mathieu de Dombasle, sa vie, ses œuvres, son influence. In-8, 40 p. — (11077)
- VINCENT. Essai sur les irrigations. In-8, 6 p. — (6051)
- VINGHENT. Mémoires sur les lignes télégraphiques du royaume de Belgique. In-8, 40 p. — (9249)
- VOYER. Notice sur les calcaires, ou du marnage et du chaulage des terres. In-8, 32 p. — (9515)
- WESCHER. Rapport adressé à son Exc. le ministre de l'instruction publique. Mission scientifique d'Égypte. In-8, 30 p. — (7247)

OUVRAGES ALLEMANDS.

- ALBERTI (F. von). — *Ueberblick über die Trias...* Coup d'œil sur le trias des Alpes. In-8, avec 7 pl. Stuttgart, 1864.
- ANDRA (C. J.). — *Lehrbuch der gesammten Mineralogie...* Manuel de minéralogie. I Oryctognosie. In-8, avec 370 figures. Brunswick, 1864.
- BEYRICH (E.), ROSE (G.), ROTH (J.), und RUNGE (W.). — *Geologische Karte...* Carte géologique des montagnes de la basse Silésie. 1 : 100.000. 9 sections. Berlin, 1860-63.
- BÖTTGER (G.). — *Das Mittelmeer...* La Méditerranée; représentation de sa géographie physique.
- BRUNO KERL. *Handbuch der...* Manuel de métallurgie, 2^e édition, revue et augmentée. — Le 5^e volume de cet important ouvrage vient de paraître; il est entièrement consacré au fer et à l'acier. Le procédé Bessemer, le puddlage pour acier et la fusion de l'acier y sont traités avec les développements nécessaires et d'après les observations puisées aux meilleures sources que l'auteur prend le soin d'indiquer. 1 vol. de 764 pages et 5 grandes planches. — Arthur Félix, à Leipzig.
- BURGMEISTER (H.). — *Beschreibung der...* Description de la Macrauchenia Patachonica Owen. In-4, avec 3 pl. Halle, 1864.
- CLAUSIUS (R). *Abhandlung...* Traité de la théorie mécanique de la chaleur.
- CLEBSCH (A.). — *Theorie der Elasticität...* Théorie de l'élasticité des corps solides.
- CORNELIUS (C. S.). *Meteorologie*. Météorologie.
- COTTA (Bernhard von). — *Die Erzlagerstätten im Banat...* Les gisements métallifères dans le Banat et dans la Serbie. In-8, Vienne, 1864.
- CREDNER (H.). — *Geognostische Karte des Thuringer...* Carte géologique de la Thuringe. N. O. moitié et S. O. moitié. 1 : 2.000.000. 4 feuilles. Gotha, 1855.
- DECHEN (H. von). — *Geognostische Führer zu...* Guide géologique au lac de Laach. In-12, Bonn, 1864.
- DENTON (W.). — *Serbien und die Serben...* La Serbie et les Serbes, d'après diverses publications et d'après les observations propres de l'auteur.
- DOVE (H. W.). *Monats isothermen...* Courbes isothermes de chaque mois; 1864.

- DOVE (H. W.). *Temperaturtafeln...* — Table des températures avec des observations sur la propagation de la chaleur et sur leurs variations.
- *Ueber die nicht...* Sur la non périodicité de la distribution de la température sur la surface de la terre de 1729 à 1855.
- *Über die Zusammenhang...* Sur les rapports qui existent entre les variations de la chaleur de l'atmosphère et le développement des plantes.
- *Untersuchungen...* Recherches sur l'électricité d'induction.
- *Untersuchungen...* Recherches sur la météorologie.
- *Verbreitung der Waerme...* Répartition de la chaleur sur la surface de la terre.
- *Die Monats und Jahresisothermen...* Isothermes des mois et de l'année représentée en projection polaire.
- *Darstellung der Waermeerscheinungen...* Représentation de la chaleur d'après cinq observations faites par jour.
- *Die Stürme...* Les orages de la zone moyenne.
- *Das Gesetz der Stürme...* La loi des orages dans leur rapport avec le mouvement ordinaire de l'atmosphère.
- Die preussische Expedition...* Expédition prussienne dans l'Asie orientale.
- DUB (J.). — *Die Anwendung der Electromagnetismus...* Applications de l'électro-magnétisme, particulièrement à la télégraphie.
- EISENLOHR (W.). — *Lehrbuch...* Manuel de physique.
- ETTINGSHAUSEN (C. V.). — *Die Farnkraüter...* Les fougères de l'époque actuelle pour servir à l'étude des fougères fossiles contenues dans les formations des époques antérieures.
- Fortschritte (Die) der Physik...* Progrès de la physique dans l'année 1862.
- GERDING (C.). *Taschenlexicon der Chemie...* Dictionnaire de poche de chimie et des opérations qui s'y rattachent.
- GREWINGK (C.). — *Geologie von Liv und Kurland...* Géologie de la Livonie et de la Courlande. Grand in-8, avec carte et illustrée. Dorpat, 1861.
- HARTUNG (G.). — *Geologische Beschreibung des Inseln Madeira...* Description géologique des îles de Madère et de Porto Santo. Grand in-8, avec carte et 16 pl. Leipzig, 1864.
- HAUSLAB (Feld Marschall de). — *Ueber die Bodengestaltung...* Le relief du sol du Mexico ; son influence sur le commerce ainsi que sur les opérations militaires.
- HEER (O.). — *Die Urwelt der Schweiz...* La Suisse antédiluvienne. In-8. Zurich, 1864.

- HERGET (E.). — *Der Spiriferensandstein...* Grès à spirifères et ses métamorphoses. Grand in-8. Wiesbaden, 1863.
- HORNES (Moriz). — *Die Fossilen Mollusken...* Les mollusques fossiles du bassin tertiaire de Vienne.
- JAEGER (G. von). — *Ueber die Wirkungen der Arsenik...* Sur les effets exercés par l'arsenic sur les plantes.
- Journal für praktische Chemie von ERDMANN und WERTHER.* — pour la chimie pratique.
- LEO (W.). — *Die compression des Torfes...* Sur la compression de la tourbe et des lignites. Elle permet d'obtenir de la manière la plus économique, un combustible de même pouvoir calorifique que la houille et complètement débarrassé de substances nuisibles.
- LERSCH (B. M.). *Hydro-chemie...* Chimie hydrologique ou manuel de chimie des eaux naturelles.
- LIEBIG (J. V.). — *Die Chemie und ihre Anwendung...* La chimie et ses applications à l'agriculture et à la physiologie.
- LIPOLD (M. W.). — *Das Steinkohlengebiet.* Le terrain houiller dans la partie N.-O. de l'arrondissement de Prague en Bohême. Grand in-8, avec fig. et 4 pl., in-folio. Vienne, 1863.
- LUDWIG (H.). — *Die natürlichen Wasser...* Les eaux naturelles dans leurs rapports chimiques avec l'air et avec les roches.
- MARENZI (von). — *Zwölf-Fragmente über Geologie...* Douze fragments sur la géologie d'après les principes de l'astronomie et de la physique. 2^e édition. in-8, avec 4 pl. Trieste, 1864.
- PETERSEN (T.). — *Die chemische...* Analyse chimique.
- QUENSTEDT (F. A.). — *Geologische Ausflüge...* Excursions géologiques dans la Souabe. In-8, avec illustr. Tübingen, 1864.
- RAMMELSBERG (C. F.). — *Lehrbuch der...* Manuel de métallurgie chimique. 2^e édit., gr. in-8. Berlin, 1865.
- RAMMELSBERG (C. F.). — *Lehrbuch der chemischen Metallurgie...* Manuel de métallurgie chimique.
- REUSS (A. E.). — *Die fossilen Foraminiferen...* Les foraminifères fossiles ainsi que les antozoaires et les bryozoaires d'Oberburg en Styrie. In-4, avec 10 pl. Vienne, 1864.
- RICHTHOFEN (F. von). — *Die metall production Californiens...* La production métallifère de la Californie et des pays limitrophes. In-4. Gotha, 1865.
- ROSE (G.). — *Beschreibung und Entheilung der Meteoriten...* Description et classification des météorites d'après la collection de Berlin. In-4. Berlin, 1864.
- RÜTIMEYER (L.). — *Beiträge zur Kenntniss des fossilen...* Documents pour l'étude des chevaux fossiles. In-8. Bâle, 1864.

- SCHAUB (F.). — *Ueber die Deviationem des Compasses...* Sur la déviation de la boussole, occasionnée par le fer d'un navire.
- SCHIFF (H.). — *Untersuchungen uber metallhaltige...* Recherches sur les composés métalliques dérivés de l'aniline.
- SCHRAUF (A.). — *Atlas der Krystallformen...* Atlas des formes cristallines du règne minéral.
- SCHWEIGGER (A. F.). *Anatomisch physiologische...* Recherches anatomiques et physiologiques sur les coraux.
- SCHUMACHER (W.). *Die Physik in ihrer Anwendung...* La physique dans son application à l'agriculture et à la physiologie des plantes. — I. Physique des sols.
- Vierteljahresschrift von Artus (W.)...* Cahiers trimestriels pour la chimie technique.
- Zeitschrift fur analytische Chemie...* Compte rendu de chimie analytique.
- Zeitschrift fur Chemie. Archiv fur das gesammte...* Compte rendu de chimie. — Archives pour le domaine scientifique.
- ZINCKEN (C. J.). — *Die Braunkohle...* Les lignites, leur emploi et leurs diverses applications dans les arts et dans l'industrie.
- WELTZIEN (G.). — *Uebersicht der Silicate...* Coup d'œil sur les silicates. In-8. Giessen, 1864.
- WÖHLER (F.). — *Grundriss der Chemie...* Principes de chimie.
- WULLNER (A.). — *Lehrbuch...* Manuel de physique expérimentale.

 OUVRAGES LATINS.

- SCHIMPER (W. P.). — *Musci europæi novi...* Les mousses d'Europe ou bryologie européenne.

OUVRAGES ITALIENS.

- RECALCATI (G.). — *Curiosita matematica...* Curiosités mathématiques ou quadrature linéaire du cercle et d'un secteur sphérique quelconque.

 OUVRAGES ANGLAIS.

- BALL (J.). — *Guide to the Western Alps...* Guide des Alpes occidentales, avec un article sur la géologie des Alpes, comprenant le Dauphiné, la Savoie et le Piémont.
- BONNEY (T. G.). — *Outline Sketches...* Études sur les montagnes du Dauphiné.
- BRICE. — *Geology of Arrun...* Géologie de l'île d'Arrun et de Clyderdale.
- BURTON (R. F.) et M'QUEEN (J.). — *The Nile Basin...* Le bassin du Nil, 1^{re} partie montrant que le lac Tangunyika est le réservoir ouest de Ptolémée.
- COLBURN (Z.). — *An inquiry into the nature...* Enquête sur la nature de la chaleur et sur son mode d'action dans les phénomènes de la combustion, de la vaporisation, etc.
- DANA. — *Manual of geology...* Manuel de géologie.
- DANA. — *Text book of geology...* Manuel résumé de géologie.
- DE PENNING (G. A.). — *Meteorologie...* Météorologie et loi des tempêtes.
- DREW (J.). *Practical Meteorology...* Météorologie pratique.
- FARADAY. — *Lectures on the...* Leçons sur l'histoire chimique d'une chandelle.
- GRIFFIN (J. J.). — *Chemical Experiments...* Expériences de chimie.
- GROVE (W. R.). — *The correlation...* La corrélation des forces physiques.
- GALLOWAY (R.). — *Manual of qualitative...* Manuel d'analyse qualitative.
- HAUPT (Hermann). — *Military Bridges...* Sur les ponts militaires.
- HUGHES (W.). — *Treatise...* Traité de la construction des cartes.

- KEELY (J.). — *Notes upon the errors...* Notes sur les erreurs géologiques, auxquelles a donné lieu l'interprétation des faits observés en Irlande.
- JOHNSTONE. — *Dictionary of geography...* Dictionnaire de géographie, formant un répertoire général et complet.
- JONES AND WOODWARD. — *Geological magazine...* Magasin de géologie. Journal mensuel, 1864.
- ODLING (W.). — *Manual of chemistry...* Manuel descriptif et théorique de chimie.
- TODHUNTER (J.). — *Examples of analytic...* Exemples sur la géométrie analytique des trois dimensions.
— *Treatise...* Traité de calcul différentiel.
- RAMSAY. — *The physical geology...* Géologie et géographie physique de la Grande-Bretagne, 1865.
- ROSSER (W. H.). — *The atlantic Directory...* Le guide pour l'océan atlantique, ou géographie physique et météorologie du nord et du sud et de l'Atlantique.
- SIR CHARLES LYELL. — *Principes of geology...* Principes de géologie. Nouvelle édition, 1864.
- SUMMERS (Rev. Jus.). — *The Chinese and Japanese...* La Chine et le Japon. Sur les faits concernant la science, l'histoire et les arts dans l'Asie orientale.
- VAMBERG. — *Travels in central Asia...* Voyages dans l'Asie centrale; récit d'un voyage de Téhéran à travers le désert turkoman, sur la côte orientale de la mer Caspienne, à Khiva, à Bokhara et à Samarcand, pendant l'année 1865.

ANNALES DES MINES.

RAPPORT

A SON EXC. M. LE MINISTRE DE L'AGRICULTURE, DU COMMERCE
ET DES TRAVAUX PUBLICS,
SUR L'ASSAINISSEMENT DES FABRIQUES OU DES PROCÉDÉS
D'INDUSTRIES INSALUBRES EN ANGLETERRE.

Par M. CH. DE FREYCINET, ingénieur des mines.

Le présent rapport a été rédigé en exécution des décisions ministérielles du 1^{er} décembre 1862 et du 9 avril 1863, prises sur l'avis du Comité consultatif des Arts et Manufactures.

L'ordre et les divisions adoptées sont conformes au programme développé dans la dépêche du 9 avril. On a fait rentrer dans ces divisions quelques sujets non dénommés audit programme, mais dont l'étude avait été laissée à l'initiative du rapporteur. On a réuni dans des notes séparées (Notes à l'appui), les détails qui auraient trop chargé la rédaction ou qui ne rentreraient pas directement dans le cadre tracé. De ces derniers sont quelques considérations sur la législation anglaise, qu'il a paru difficile de passer complètement sous silence, parce qu'elle se lie aux progrès de l'assainissement.

Les travaux industriels, envisagés dans leur plus grande généralité, comprennent non-seulement ceux des fabriques ou des industries proprement dites, mais encore certaines opérations qui se rattachent à la vie des cités, comme l'évacuation des résidus, l'éclairage au gaz, les sépultures, etc. Les uns et les autres peuvent agir de plusieurs manières sur la santé publique, tantôt en affectant directement les ouvriers qui les accomplissent, tantôt en corrompant l'air, les eaux ou le sol. De là divers points de vue sous lesquels nous avons à examiner les moyens d'assainissement pratiqués en Angleterre :

- 1° Opérations insalubres pour les ouvriers ;
- 2° Infection de l'atmosphère générale ;
- 3° Infection des atmosphères limitées ;
- 4° Infection des eaux ;
- 5° Infection des sols.

I. OPÉRATIONS INSALUBRES POUR LES OUVRIERS.

Les procédés employés pour garantir la santé des ouvriers sont peu nombreux. On en trouverait peut-être la raison dans l'état de la législation, qui n'est guère intervenue que pour limiter les heures de travail et pour fixer les conditions d'âge des enfants admis aux mines ou dans les manufactures. Comme d'ailleurs les maîtres de fabriques n'ont pas à redouter, à l'ordinaire, les actions civiles de leurs ouvriers, on ne peut s'attendre à les voir tourner une grande attention de ce côté (*). Aussi, d'une manière générale, la préparation du cuivre et du plomb, des sels de

(*) Ce n'est pas que le manufacturier anglais répugne aux sacrifices pécuniaires pour améliorer le sort de ses ouvriers. Mais les nécessités de la concurrence sont là ; et c'est ce que nous disait récemment un des grands producteurs de céruse de l'Angleterre : « Pour que nous fassions des dépenses, il faut que nous soyons sûrs que nos concurrents les feront aussi. Rien de sérieux ne sera tenté tant que le Parlement ne nous y obligera pas. »

cuivre, de l'arsenic et de ses composés, des amalgames de mercure, la manipulation des pâtes phosphorées (dans la plupart des cas), la fusion des métaux et des alliages métalliques n'ont donné lieu à aucun procédé spécial d'assainissement. Car nous ne donnons pas ce nom à la simple amélioration de l'aérage naturel des ateliers par la multiplicité des ouvertures, ni à des précautions suggérées par la plus vulgaire prudence et qui se réduisent souvent à des conseils de propreté. Ces conseils mêmes ne sont pas toujours suivis, et en maintes circonstances, l'indifférence des ouvriers paralyse la bonne volonté des patrons (*). La revue que nous allons passer sera donc assez courte.

Céruse et autres sels de plomb. — Les précautions ne sont complètes nulle part. C'est tantôt un détail de la fabrication, tantôt l'autre qui a été isolément amélioré dans une usine. Chez MM. Walkers, Parker et C^{ie}, et, avec un degré de soin de plus, chez MM. Locke, Blackett et C^{ie}, à Newcastle, le grattage des lames carbonatées est opéré à la main, par des femmes ; mais on a la précaution d'entretenir un filet continu de céruse liquide qui tombe sur les lames pendant qu'on les nettoie. Le liquide en excès et les parties solides détachées se rendent ensemble sous la

(*) En voici deux exemples entre mille. Chez MM. Roberts, Dale et C^{ie}, à Manchester, les hommes employés à la préparation du vert de Schweinfurt (où entrent, comme on sait, du cuivre et de l'arsenic) sont exposés à des maladies de peau qui se développent principalement dans les parties du corps où les ouvriers ont occasion de porter les mains pendant leur temps de travail. Eh bien ! M. Roberts fils nous racontait que non-seulement on n'avait pu obtenir d'eux qu'ils se servissent de gants de peau, mais que même ils négligeaient, avant de vaquer à leurs nécessités, de se laver les mains à la fontaine placée tout exprès auprès des cuves. Chez M. Bell, à Washington (près Newcastle), on a dû renoncer aux bains qu'on faisait prendre périodiquement aux ouvriers qui manipulent l'oxychlorure de plomb, car cette sujétion leur était si désagréable qu'elle les éloignait de l'usine.

meule, où le broyage ne développe aucune poussière. A l'usine de MM. Barker et C^{ie}, à Sheffield, le grattage s'effectue mécaniquement, entre deux laminoirs. Les ouvriers y poussent les lames, préalablement mouillées, au moyen d'un trident en fer de 75 centimètres de long, qui ne les quitte jamais pendant le travail. Défense formelle est faite de manier les lames avec les doigts, et l'on renvoie inexorablement ceux qui s'oublient à le faire. Malheureusement le mouillage est insuffisant pour empêcher la poussière, surtout pendant le broyage. Une combinaison des deux méthodes résoudrait la difficulté. Chez les uns comme chez les autres l'enlèvement des pains séchés à l'étuve et leur mise en barils pour l'expédition restent très-malsains. A la fabrique d'oxychlorure de plomb de M. Bell, à Washington, où le danger de la substance est à peu près le même, on a soigné davantage ces deux opérations. Hommes et femmes travaillent avec un linge de batiste sur la figure et on les oblige à changer de vêtements à leur sortie des ateliers. Chaque ouvrier est muni d'une fiole d'antidote qu'on lui renouvelle gratuitement tous les quinze jours. Dans la plupart des établissements on a soin de faire alterner les ouvriers occupés aux opérations les plus insalubres.

La préparation du minium chez MM. Locke, Blackett et C^{ie} est bien entendue. Le broyage a lieu dans des appareils exactement hermétiques. Quant aux fours d'oxydation, soit pour la conversion du plomb en massicot et du massicot en minium rouge, soit pour la conversion de la céruse en mine orange, ils sont parfaitement installés. La porte de chacun d'eux est surmontée d'une hotte en communication avec la cheminée, qui ne laisse pénétrer aucune vapeur dans l'atelier.

Allumettes phosphoriques. — La fabrique de MM. Black et Bell, à Stratford (près de Londres), qui livre au commerce environ 6 millions d'allumettes par jour, offre un exemple,

le seul peut-être en Angleterre, de moyen employé pour prévenir les effets des vapeurs phosphorées. A la suggestion du D^r Letheby, une des autorités sanitaires de Londres, on y a tiré partie de la propriété connue de l'essence de térébenthine d'empêcher, par sa présence à faible dose dans l'air, la combustion spontanée du phosphore, et sans doute aussi de neutraliser l'action des vapeurs déjà formées (*). Or, on sait que c'est aux acides engendrés continuellement par la combustion lente des vapeurs phosphorées et accidentellement par l'inflammation des allumettes écrasées sur le sol, que sont dues les nécroses dont sont atteints les ouvriers employés au trempage, au montage des châssis, à l'étuvage, au démontage. De ces opérations, la plus insalubre de beaucoup est le trempage; quant aux autres, une bonne disposition des ateliers en prévient en grande partie les inconvénients. Chez MM. Black et Bell, les ouvriers treppeurs sont munis d'une boîte en fer-blanc suspendue sur la poitrine et remplie d'essence de térébenthine. Ce moyen a considérablement réduit les cas de nécroses, et, d'après ce que nous a dit M. le D^r Letheby, il serait question de le rendre obligatoire dans toutes les fabriques du Royaume-Uni.

C'est au même résultat qu'on arrivera, par une autre voie, si la nouvelle machine patentée par ces industriels, sous les noms Bell et Higgins, et qu'on était en train d'installer à notre passage à Londres, est consacrée par la pratique. Cette machine, fort ingénieuse du reste, exécute elle-même la mise en cadre et le trempage qui sont aujourd'hui effectués à la main. L'ouvrier n'intervient que pour renouveler la provision d'allumettes non préparées, et il peut se

(*) Le D^r Letheby a traité en détail cette question dans ses Lectures sur la chimie des poisons au collège médical de London Hospital. Il y rappelle notamment qu'une proportion de moins de 1/4.000 d'essence de térébenthine dans l'air, à la température et à la pression ordinaires, suffit pour arrêter la combustion lente du phosphore.

tenir à distance de l'appareil trempé, auquel se présentent successivement d'eux-mêmes les cadres garnis. On doit signaler aussi comme tendant indirectement à la suppression des mêmes dangers les procédés de M. Fexlong, à Glasgow, qui, sous le nom d'allumettes *électriques*, livre déjà au commerce près de deux millions d'allumettes par jour, dans lesquelles le phosphore est remplacé par une pâte à base de chlorate de potasse, et qui ne prennent feu qu'au contact de plaques de fer.

Emploi des ventilateurs mécaniques. — Dans certaines industries on a fait un heureux usage des ventilateurs mécaniques pour enlever les poussières nuisibles aux ouvriers.

Nous citerons en première ligne les fabriques de coutellerie de Sheffield. Dans les salles de repassage, les hommes sont exposés aux poussières de grès et d'acier qui se dégagent pendant le travail de la meule. Les maladies qui en résultent sont très-graves et finissent toujours par être mortelles. A une certaine époque les maîtres de fabriques, frappés de cette situation, voulurent faire porter à leurs hommes des masques magnétiques. Mais des difficultés s'étant élevées sur le mode de payement, et sans doute aussi l'appareil étant peu commode, ces masques furent abandonnés. Après quelques autres essais également malheureux, on en est arrivé au système très-simple qui depuis une douzaine d'années se généralise chaque jour davantage. Ce système, dont on peut voir une bonne application dans les grands établissements de MM. Joseph Rodgers et fils, consiste à engager la partie antérieure de la meule dans l'orifice d'un tuyau communiquant avec un ventilateur à palettes. L'ouvrier étant placé de l'autre côté de la meule et en face cet orifice, les poussières qu'il produit en repassant s'échappent tangentiellement et se dirigent vers le tuyau où elles sont vivement aspirées dans l'intérieur. Dans certains ateliers au lieu de ventilateurs, on utilise pour le

même objet le tirage de la grande cheminée des chaudières; mais le premier moyen est préférable comme étant à la fois plus énergique et plus régulier.

Les manufactures d'aiguilles des environs de Birmingham demandent des procédés analogues. L'aiguisage des aiguilles n'est en effet guère moins malsain que le repassage des outils. Quand l'ouvrier appuie à la fois sur la meule les cent aiguilles qu'il tient dans sa main, il se produit des gerbes d'étincelles et une poussière d'autant plus dangereuse qu'elle est plus fine. Aussi depuis six ou sept ans, MM. Thomas et fils, de Redditch, dont la manufacture modèle livre à la consommation plus de 200 millions d'aiguilles par an, ont-ils donné l'excellent exemple d'une disposition basée sur le principe de Sheffield (Pl. I, fig. 1 et 2). Toute la moitié antérieure de la meule est prise dans une enveloppe en fer-blanc, qui communique avec un fort ventilateur à vannes et ne laisse échapper aucune poussière. MM. Thomas s'occupent même, depuis une quinzaine de mois, de supprimer l'aiguisage à la main et de lui substituer l'aiguisage mécanique. Ils ont déjà installé trois machines allemandes du type Schleicher, dont une en pleine activité leur donne de très-bons résultats. Quant aux ventilateurs, ils commencent à se répandre dans les fabriques de Redditch.

Nous devons mentionner aussi, quoiqu'elles soient beaucoup plus anciennes et que la question d'hygiène ait été étrangère à leur introduction, les machines à ouvrir les paquets et à carder qui fonctionnent aujourd'hui dans presque toutes les manufactures de coton et de laine du Lancashire et du Yorkshire. La ventilation énergique exercée dans l'enveloppe qui contient les mécanismes met les ouvriers à l'abri des poussières de toutes sortes qui se dégagent pendant ces premières opérations. On peut recommander les dispositions des ateliers de M. Cooke, à Manchester, qui occupe 800 ouvriers pour le coton, et de

MM. Little Leach, à Leeds, qui en occupent un nombre presque égal pour la laine. Les appareils sont soignés, les salles vastes et bien aérées.

Il est regrettable que des moyens analogues n'aient pas été adoptés pour le chanvre et le lin, dont les poussières intenses continuent à affecter les ouvriers comme au premier jour. On ne voit pas pourquoi le foulage, notamment, ne pourrait pas s'effectuer dans des appareils clos munis de ventilateurs. Chez M. Holdsworth, à Leeds, qui dans ses deux établissements occupe 1.100 personnes, les ouvriers sont sujets à des asthmes fréquents. Ils se préservent imparfaitement en mettant, pendant le travail, sur leur bouche et leur nez, tantôt un mouchoir, tantôt une touffe de lin nettoyé.

Exemples divers de ventilation. — On rencontre dans quelques branches d'industrie de bons emplois de ventilation (non mécanique) pour enlever les gaz ou vapeurs nuisibles.

La fabrication du chlorure de chaux se faisant généralement dans de grandes chambres où les ouvriers doivent pénétrer pour retirer les produits, il est essentiel que le local soit bien ventilé afin que les hommes n'y rencontrent pas d'excédant de chlore. Aussi a-t-on soin de maintenir les portes ouvertes quelque temps avant l'introduction des ouvriers. Mais cette précaution ne suffit pas, à moins de la prolonger d'une manière nuisible pour le travail. M. Shanks, chez MM. Crossfield, à Sainte-Hélène, y a suppléé par une simple communication des chambres avec la cheminée de l'usine. On ouvre la porte opposée, un courant s'établit et tout le chlore en excès est aspiré très-rapidement. Cette disposition avait du reste été déjà appliquée par M. Gossage il y a une dizaine d'années. On s'étonne qu'elle n'ait pas été adoptée par tous les fabricants de chlorure.

Des moyens variés ont été mis en œuvre par MM. El-kington, de Birmingham, dans leurs ateliers d'orfèvrerie.

Dans la salle de l'argenterie, on se débarrasse de l'hydrogène, parfois très-abondant, qui provient de la décomposition de l'eau par les piles, au moyen d'un ventilateur à colonnes qui débouche au-dessus du toit de la maison. La différence de hauteur des deux colonnes, à peine de 1 mètre, produit un courant d'air suffisant. Dans les salles de nettoyage de l'argenterie et de la dorure, les dégagements acides s'effectuent sous des hottes ou dans des cages, mises en relation avec une des grandes cheminées ou avec un tuyau dans lequel brûle un fort bec de gaz.

Les salles de dépôt de la fabrique de bougies de M. Price à Battersea (près Londres), bien que n'employant aucun procédé de ventilation artificielle, méritent d'être signalées, à cause de la manière simple et économique dont a été assurée leur parfaite aération. Les bougies sont conservées dans deux grandes pièces, longues chacune de 45 mètres et larges de 16. Il était nécessaire d'y entretenir à la fois de la fraîcheur et un air pur. Après bien des essais infructueux, on s'est arrêté à une simple voûte cylindrique en tôle mince, percée le long de l'arête supérieure de quatre ou cinq ouvertures circulaires avec cheminées de 40 centimètres de haut recouvertes de disques mobiles. La tôle s'échauffant rapidement au moindre rayon de soleil, il se produit dans le haut de la salle, comme nous disait le directeur, M. Wilson, de « véritables ouragans » qui déterminent un appel d'air violent des portes vers les cheminées.

Appareils à protéger les organes respiratoires. — Les appareils pour le nez et la bouche, vulgairement nommés en Angleterre *Respirateurs*, se sont beaucoup répandus depuis quelques années. Ces respirateurs sont de deux sortes. Les uns, dont le Dr Stenhouse, de Londres, réclame la priorité, sont formés d'une couche mince de charbon de bois enfermé entre deux toiles métalliques à larges mailles

et servent à protéger des gaz et des vapeurs (*). Les autres, beaucoup plus usuels, sont simplement composés de toiles métalliques à mailles très-serrées, et garantissent contre les poussières de toute nature. Les premiers sont recommandés pour les égouts, les hôpitaux et autres établissements analogues. On s'en est servi dans les égouts de la Cité de Londres, dans ceux de Glasgow, mais ils y sont devenus moins utiles depuis les améliorations données à ces voies souterraines. On les emploie au Guy's Hospital pour soigner certaines maladies contagieuses ou à odeurs repoussantes. Les respirateurs métalliques sont usités dans plusieurs usines, notamment dans des mouleries. Dans la grande fabrique de verre de MM. Chance à Spon-Lane (près Birmingham), les ouvriers occupés au broyage des matières premières, à la pulvérisation de l'émeri, et surtout à la composition des mélanges (chaux, sulfate de soude, arsenic, manganèse, etc.), s'en servent régulièrement (**). Du reste, à Birmingham on est si partisan de ces appareils que de simples particuliers en portent par les temps de forte fumée. Il est à souhaiter que l'usage s'en répande dans plusieurs industries où l'on ne les connaît pas encore. Ils rendraient, par exemple, de signalés services dans les fabriques d'arsenic comme celle de MM. Jennings à Swansea, la plus grande de l'Angleterre, où les ouvriers se bornent à mordre leur mouchoir pour se mettre à l'abri des impalpables poussières de l'acide arsénieux sublimé.

Moulage du bronze. — On s'est préoccupé justement en France du danger résultant pour les ouvriers de l'absorp-

(*) Le Dr Stenhouse recommande comme supérieur le charbon de bois *platinisé* ou préparé avec du bichlorure de platine. Il paraît que des essais importants ont été faits dans les hôpitaux de l'armée anglaise pendant la guerre de Crimée.

(**) L'un d'eux nous disait que ces respirateurs « valaient leur poids d'or, » c'étaient ses expressions; et un autre, que « sans eux il n'aurait pu rester deux mois chez M. Chance. »

tion continue des particules de silice mêlées au poussier de charbon dont ils saupoudrent les moules, et l'on a proposé de lui substituer la fécule de pommes de terre, exempte des mêmes dangers. En Angleterre, on ne paraît pas avoir été frappé de ces craintes, ou du moins on ne s'est arrêté à aucun remède. Nulle part, à Glasgow, à Leeds, à Birmingham, à Sheffield, nous n'avons pu trouver d'application de la fécule, ni même trace d'aucun essai en grand. Le seul établissement où il en ait été question est celui de MM. Elkington, et encore les ouvriers étaient-ils français. Ils ont renoncé à ce procédé, qui, disent-ils, nuisait à la beauté de leurs produits.

II. INFECTION DE L'ATMOSPHÈRE GÉNÉRALE.

Si les industriels anglais se sont peu occupés de la question de salubrité en ce qui touche la santé des ouvriers, il n'en est pas de même au point de vue de l'infection de l'atmosphère. Ici, au contraire, de grands efforts ont été tentés depuis quelques années pour atténuer les effets des dégagements nuisibles. A la vérité, la situation légale du maître de fabriques est bien différente. D'une part, il est exposé au recours des voisins, qui se traduit souvent pour lui en de lourdes indemnités; d'autre part, la loi confère en certains cas aux autorités locales le pouvoir de le faire condamner à des amendes grossissantes qui finissent par entraîner son éloignement. On comprend qu'il ait été stimulé par ce double danger. Toutefois les résultats atteints offrent une très-grande diversité, tant sous le rapport des industries que sous celui des localités. L'Angleterre présente à cet égard des contrastes qui sembleraient inexplicables si les conditions mêmes de la législation ne donnaient le mot de ces anomalies (Note a). C'est ainsi que les dégagements

acides, malgré leur importance, ont généralement échappé à l'action des lois pénales. La seule mesure vraiment répressive est le recours civil des voisins; mais la difficulté de l'exercer le rend souvent illusoire (*). Aussi les ravages sur la végétation produits par les gaz acides, notamment chlorhydrique et sulfureux, ont-ils atteint dans ces dernières années des proportions incroyables; au point que dans l'enquête parlementaire de 1862 sur les *Vapeurs nuisibles*, un témoin a pu dire, sans crainte d'être taxé d'exagération: « Les environs de Sainte-Hélène sont une scène de désolation. On n'y peut voir, à un mille à la ronde, un seul arbre avec son feuillage. » Et ce qui se disait de Sainte-Hélène pouvait être dit aussi bien de Newton, de Swansea, du pays compris entre Dudley et Wolverhampton, etc. L'opinion publique s'est fortement émue de cet état de choses, et une enquête a été ouverte l'année dernière sous la direction de lord Derby. Les commissaires ont conclu à ce que les fabriques d'acide sulfurique, d'alun et de soude fussent empêchées de dégager aucun acide, et à ce que la décision fût réservée pour les autres industries. Le projet de loi à l'étude au mois de mai dernier, et qui devait être présenté incessamment à l'approbation des chambres, laisse de côté, sans doute comme moins nuisibles, les deux premières fabrications, et réglemente seulement la production de l'acide chlorhydrique. Il en exige la condensation à concurrence d'au moins 95 p. 100 de la quantité dégagée des fours, et, ce qui est plus important au point de vue des principes, parce que c'est un grand pas dans la voie de l'intervention admi-

(*) Sans parler des avances de fonds considérables pour suivre ces sortes d'actions, il existe un obstacle tout spécial quand plusieurs usines fonctionnent à côté les unes des autres. La difficulté de déterminer exactement à qui incombe la responsabilité du dommage est souvent tout à fait insurmontable, ce qui met l'action à néant: en sorte que les fabriques se défendent mutuellement en cumulant leurs ravages.

nistrative, il institue des inspecteurs spéciaux relevant du Gouvernement, et ayant le pouvoir, exorbitant aux yeux de plus d'un Anglais, d'entrer à toute heure de jour et de nuit dans les fabriques *sans formalités préalables* (Note b).

Au milieu de ce mouvement des esprits, plusieurs industriels ont pris les devants et ont adopté spontanément des procédés efficaces. En outre, dans certaines villes où les règlements locaux sont plus étroits, les établissements qui ont voulu se maintenir ont dû améliorer leurs opérations; de sorte que bien qu'aucune industrie n'ait été universellement assainie, il est facile de trouver, tantôt sur un point tantôt sur un autre, des spécimens significatifs et de nature à être généralisés.

La plupart de ces procédés doivent être connus en France. Cela ne nous dispense pas cependant d'indiquer les dispositions dont nos industriels ne font pas usage, quoique l'efficacité pratique en soit démontrée par une application soutenue en Angleterre.

Emploi des grandes cheminées. — L'emploi des grandes cheminées est de tous les pays, et est souvent commandé par des opérations exigeant un puissant tirage. Mais, en Angleterre, ce moyen élémentaire d'assainissement a pris une véritable originalité par l'extension qu'on lui a donnée et par les proportions architecturales auxquelles on est graduellement arrivé. Il n'est pas de fabrique de quelque importance qui n'ait au moins une cheminée principale, de 30 à 40 mètres, dans laquelle on évacue tous les gaz nuisibles des divers fours. Les cheminées de 60 et 80 mètres ne sont pas rares, et quelques-unes approchent du monument élevé par M. Taunzen à Glasgow, lequel, du bas des fondations au sommet, ne mesure pas moins de 142 mètres (*).

(*) Cette cheminée gigantesque, dont le propriétaire raconte avec orgueil l'histoire, a été construite pour faire taire les réclamations du quartier populeux où la fabrique d'engrais est située.

Cette pratique a incontestablement pour résultat de faire supporter aux lieux éloignés une partie des maux dont est préservé le voisinage, et le principe des hautes cheminées a même été, à diverses époques, condamné par des hommes distingués. Mais aujourd'hui on paraît d'accord pour admettre que, somme toute, les inconvénients sont beaucoup moindres, et que même, si la proportion de vapeurs nuisibles dégagées dans un temps donné ne dépasse pas certaines limites, la diffusion dans l'atmosphère détermine un assainissement tout à fait satisfaisant.

Passons maintenant aux moyens spéciaux.

1° Gaz minéraux.

Vapeurs nitreuses. — Leur principale source est la fabrication de l'acide sulfurique. Les procédés d'absorption sont à peu près les mêmes qu'en France, et la colonne de Gay-Lussac est, quoi qu'on en ait dit, assez répandue. On en peut voir de bonnes applications chez M. Bell à Newcastle, chez M. Tennant à Glasgow, chez M. Becker à Manchester, chez M. Chance à Birmingham.

Dans les usines où l'on ne veut pas concentrer d'acide sulfurique, on conserve les mêmes dispositions extérieures, mais la colonne est simplement remplie de coke humecté d'eau. L'injection de vapeur favorise la réaction des gaz ni-

Elle a 9^m,75 de diamètre à la ligne de terre, 5^m,70 à la couronne, et a coûté 200.000 francs. Commencée en mai 1857, elle a été terminée le 6 octobre 1859. Inflexie par l'orage le 9 septembre 1859, elle a été redressée au moyen de douze traits de scie à la base, emportant chacun quelques millimètres de maçonnerie dans la région opposée à la compression. A la suite de chacun d'eux la colonne retraits lentement dans son aplomb. Glasgow compte deux autres cheminées presque aussi hautes: celle de M. Tennant et celle de la fabrique de S'-Rollox.

treux et sulfureux, et l'on réalise ainsi une partie des effets de la méthode Gay-Lussac. Ce procédé facile est employé notamment par la compagnie Jarrow à Shields, et par M. Vickers à Manchester.

Quelques industries particulières donnent lieu à des dégagements nitreux qu'on absorbe par divers moyens. Citons, comme exemples, la succursale de la maison Tennant à Manchester, où les vapeurs provenant de la préparation du nitrate de cuivre sont reçues successivement dans une cuve d'eau et dans les chambres de plomb de l'acide sulfurique; et l'établissement de MM. Roberts, Dale et C^{ie} à Combrook, près Manchester, où les vapeurs rutilantes qui accompagnent la fabrication de l'acide azotique et qui échappent à la condensation dans les bonbonnes, sont dirigées au sein des charbons incandescents qui chauffent le cylindre.

Acide chlorhydrique. — Rien de plus simple, en théorie, que la condensation de l'acide chlorhydrique, et depuis longtemps les séries de bonbonnes usitées en France ont résolu le problème. Mais l'expérience a montré qu'en présence de très-grands dégagements il n'est pas aisé d'entretenir en état des batteries de bonbonnes suffisamment puissantes. Les frais qu'elles entraînent détournent les industriels qui n'ont pas l'emploi de l'acide condensé. En outre les moyens ordinaires d'absorption font défaut quand l'attaque du sel marin ou seulement la calcination du sulfate de soude ont lieu, comme dans plusieurs fabriques de Marseille, sous le contact direct des gaz de la combustion. En Angleterre, où la quantité de sel décomposé annuellement dépasse le chiffre de 250.000 tonnes (*), dont plus de la moitié pour le seul Lancashire, la question de la condensation a pris une importance toute particulière; les fabricants

(*) La statistique porte ce chiffre, pour 1861, à 254.600 tonnes.

eux-mêmes l'ont reconnu, et n'ont pas craint de proclamer que « la condensation est un devoir et non une source de profit. » On peut citer à leur honneur l'association volontaire formée à Widnes (près Manchester) et le memorandum remis par eux au comité d'enquête pour appeler la réglementation de l'industrie soudeuse (Note c).

Les principes auxquels on s'est arrêté pour prévenir l'émission de l'acide dans l'atmosphère sont les suivants :

Attaquer le sel marin dans des fours complètement à l'abri du contact des flammes ;

Condenser le gaz muriatique dans de grands appareils spéciaux où les épaisseurs liquides sont remplacées par de simples surfaces humides ;

Dégager le condenseur à l'air libre, au lieu de le faire communiquer avec la cheminée, afin de ne pas précipiter la circulation du courant absorbable.

Toutes les fabriques sont loin encore de remplir cette triple condition, mais elles y tendent, et il y en a peu qui n'aient pas au moins adopté les nouveaux condenseurs. Ces appareils dont M. Gossage, manufacturier distingué à Widnes, paraît avoir le premier démontré l'efficacité pratique, consistent invariablement en une ou plusieurs tours quadrangulaires construites en grès tendre du Yorkshire, imprégné de goudron. Le mode d'assemblage des pierres rappelle, selon la juste comparaison de M. Balard, l'architecture que les enfants donnent à leurs châteaux de cartes. L'intérieur de ces tours est rempli de coke, sur lequel tombe continuellement une pluie d'eau froide qui absorbe le gaz dans sa course ascensionnelle. La solution plus ou moins concentrée est recueillie à la partie inférieure.

Les condenseurs atteignent des proportions considérables. Les plus grands qui existent, remarquables d'ailleurs par leur installation soignée, sont ceux de M. Alhusen, à Newcastle, qui a consacré une somme de 125.000 fr. à les établir. Six tours indépendantes, reliées en un massif d'un

effet pittoresque, s'élèvent au milieu de l'usine, à une hauteur de 40 mètres et reçoivent le gaz provenant de la décomposition journalière de 50 à 60 tonnes de sel. Chaque tour a une section intérieure d'environ 4 mètres carrés ; le coke y est amoncelé aux trois quarts de la hauteur ; la partie supérieure est occupée par les réservoirs d'eau et les mécanismes de la distribution. L'eau est fournie dans chaque tour au moyen d'un de ces appareils qui se déversent d'eux-mêmes quand ils sont pleins à un certain niveau. Le liquide s'éparpille sur un fond troué en passoire et tombe sur le coke en filets minces également répartis. Le haut du massif est surmonté d'une plate-forme où débouchent à l'air libre les cheminées des six tours. Nous avons respiré les vapeurs qui s'en dégagent et nous n'y avons reconnu aucune trace d'acide chlorhydrique, ce que confirmait d'ailleurs le papier de tournesol. La liqueur obtenue est très-concentrée et trouve son emploi dans l'usine pour la fabrication du chlorure de chaux et du bicarbonate de soude.

Les condenseurs des autres usines sont beaucoup moins élevés et dépassent rarement 12 à 15 mètres. Le mode diffère en ce que le même gaz parcourt successivement deux et quelquefois trois tours juxtaposées. A cet effet, chaque tour est divisée en deux compartiments, l'un pour l'ascension du gaz, l'autre pour sa descente. Au fond, c'est le même système, puisque selon la remarque de M. Gossage, cela revient à « couper une tour en deux et à placer les deux moitiés à côté l'une de l'autre. » L'avantage des hautes tours est de donner une solution plus énergique : car, dans de certaines limites, on peut admettre que la concentration de l'acide est en raison de l'élévation du condenseur. On y supplée en reprenant le liquide et le versant de nouveau ; mais on a l'inconvénient de manier une liqueur corrosive et de compliquer les opérations. Dans quelques établissements, où les vapeurs provenant de la calcination

du sulfate sont mêlées aux flammes du foyer, on remplace le coke des tours par des briques horizontales, disposées de distance en distance de manière à rompre le courant, et sur lesquelles on fait tomber une pluie continue.

Énumérer les établissements où la condensation en grand est pratiquée serait presque dresser un état de l'industrie soudeuse. Bornons-nous à citer, comme exemples, la fabrique de M. Tennant, où l'on décompose 35.000 tonnes de sel par an, celle de M. Hutchinson, président de l'association de Widnes pour la condensation volontaire, celle de MM. Crossfield, où sous l'habile direction de M. Shanks, on est parvenu, avec des appareils moindres, à des résultats presque aussi bons que ceux de M. Alhusen.

Gaz-chlore. — La principale source de dégagement est la fabrication du chlorure de chaux et des chlorures alcalins. L'étendue beaucoup plus restreinte de ses inconvénients et la difficulté plus grande de son absorption ont fait négliger la recherche de procédés spéciaux. On se borne la plupart du temps à envoyer le gaz en excès dans l'une des hautes cheminées de l'usine.

Acide sulfureux. — Nous ne parlons pas ici de celui qui se dégage des chambres de plomb, ni de celui qu'engendre la combustion de la houille dans les foyers (évalué pour la seule ville de Manchester à plus de 50.000 mètres cubes par jour), dont la grande diffusion dans l'atmosphère rend les effets peu sensibles. Mais diverses industries en produisent à un tel état de concentration que les ravages en sont presque égaux à ceux de l'acide chlorhydrique. De ce nombre sont en première ligne les fabriques de cuivre et de plomb et les fours à coke (*).

En ce qui concerne ces derniers, on s'est borné à rem-

(*) Les fours à coke semblent rentrer plutôt dans le chapitre de la fumivorté. Mais la question s'est présentée, en Angleterre, au point de vue des ravages de leur acide sur la végétation.

placer les cheminées individuelles qui émettent les fumées presque au ras du sol, par des cheminées de 20 à 25 mètres d'élévation, recevant les gaz de tout un groupe de fours. Ce procédé a prévalu notamment dans le comté de Durham, où l'on trouve jusqu'à 1.000 fours voisins. La simple introduction des grandes cheminées a transformé la contrée.

Les ravages des usines à cuivre sont bien connus. L'acide sulfureux y jouant le principal rôle, on a essayé à diverses époques de le condenser en faisant passer les flammes dans de longs tuyaux où elles rencontraient des briques incessamment mouillées. Mais on y a renoncé, par la difficulté de maintenir un tirage régulier. La propre usine de M. Vivian, à Swansea, où avaient été faites les plus remarquables de ces expériences, a abandonné les appareils coûteux qui avaient été disposés dans ce but.

La question a été reprise à un autre point de vue dans ces dernières années. On a proposé de débarrasser les pyrites cuivreuses de la plus grande partie de leur soufre par un grillage préalable destiné à fournir de l'acide sulfurique suivant la méthode ordinaire. M. Peter Spence, de Manchester, a établi un four (Pl. I, fig. 3, 4 et 5) qui grille 12 à 15 tonnes de pyrites par jour. M. Williamson, de la compagnie Jarrow, prépare tout son acide sulfurique avec des pyrites cuivreuses, d'où l'on extrait ensuite le métal dans une autre usine. Bien que les résultats pécuniaires soient avantageux on n'y saurait voir une solution générale du problème; car la difficulté est d'avoir un emploi rémunérateur de l'acide sulfurique ainsi obtenu. Or, ce qui est possible pour ces deux fabricants de produits chimiques, ne le serait point pour tout fondeur de cuivre de Swansea.

Dans quelques industries où l'on n'a pas à se préoccuper autant du tirage des fours, et où des circonstances particulières permettent d'utiliser l'acide sulfureux, on a pu appliquer avec avantage le principe de la condensation. Chez M. Howard, à Stratford, qui fabrique en grand le calomel,

les vapeurs sulfureuses provenant de l'attaque du mercure servent à préparer du sulfate de zinc. A cet effet, on les recueille dans une cuve à eau, et, à la suite, dans un tuyau souterrain de 50 mètres de long, constamment frais et humide, où s'opère la condensation. Le liquide est versé sur le zinc, avec de l'acide nitrique qui oxyde l'acide sulfureux par une réaction analogue à celle des chambres de plomb (*).

Hydrogène sulfuré. — Cet acide se produit en grand dans le traitement des eaux du gaz de l'éclairage, ainsi que dans la préparation de l'oxychlorure de plomb, telle qu'elle est conduite dans l'usine de M. Bell à Washington.

La manière la plus simple de s'en débarrasser est de le faire passer dans un foyer où il se transforme en acide sulfureux. C'est ce qui a lieu dans beaucoup de fabriques, notamment chez M. Crow à Stratford, chez M. Percival-Smith à Bow, chez M. le docteur Hofmann à Londres (**).

Dans d'autres usines, où l'on a voulu faire mieux, on utilise la combustion du gaz pour préparer l'acide sulfurique. Cette méthode a été employée par M. Peter Spence, et l'est encore par M. Croll à Poplar. Elle paraît pourtant n'être pas exempte de difficulté : en voulant rendre la combustion complète, on risque d'introduire de l'air en excès dans les chambres.

(*) Il se dégage dans cette opération un mélange d'hydrogène et de protoxyde d'azote dont on se débarrasse très-simplement en les brûlant l'un par l'autre.

(**) On s'étonnera peut-être de voir citer un laboratoire parmi les établissements industriels. Mais le nombre d'élèves du Royal College of Chemistry est tel et le dégagement d'hydrogène sulfuré aux heures de manipulations est quelquefois si grand, que les habitants d'Oxford street se plaindrent vivement à l'origine et menacèrent le docteur Hoffmann de faire fermer son laboratoire. C'est alors qu'il a pris le parti de recueillir tous les dégagements dans un seul tuyau, qui, ouvert par une extrémité et communiquant au dehors de la salle, débouche par l'autre dans le cendrier, hermétiquement clos, du foyer qui chauffe le bain de sable.

Enfin quelques industriels, versés dans les réactions chimiques, ont recouru à des moyens plus savants. Les procédés les plus connus sont ceux de M. Peter Spence et de M. Bell. M. Spence, qui fabrique annuellement près de 5.000 tonnes d'alun ammoniacal, emploie un acide sulfurique provenant de pyrites cuivreuses très-riches en arsenic. Après s'être préoccupé à une certaine époque de purifier son acide, il a pensé que si, au contraire, la proportion d'arsenic était assez grande, on pourrait précipiter par son secours tout le soufre de l'hydrogène sulfuré. Les expériences ayant réussi, M. Spence s'est attaché à avoir désormais un acide suffisamment impur, et c'est d'après ce système, substitué à celui de la combustion dans les fours à pyrites, que son établissement fonctionne aujourd'hui. Il convient d'ajouter que la précipitation n'est pas parfaite, et qu'une partie de l'hydrogène sulfuré s'échappe des cuves. Les vapeurs sont d'ailleurs dirigées dans une cheminée centrale de 60 mètres de haut. A Washington, où l'on fabrique de l'oxychlorure de plomb en attaquant la galène par l'acide chlorhydrique, M. Bell avait imaginé une disposition très-ingénieuse pour réduire l'hydrogène sulfuré qui se dégage en grande abondance (près de 1.000 mètres cubes par jour). On le mettait en présence de l'acide sulfureux des chambres dans une cuve remplie d'eau, où un courant d'air venu de la machine soufflante d'un haut fourneau entretenait une agitation perpétuelle, favorable à la réaction des deux gaz. L'acide sulfureux n'était admis qu'après avoir traversé des flacons laveurs, afin de prévenir les explosions qu'auraient pu déterminer les parcelles de soufre en ignition. Dans la cuve il se déposait du soufre pur et divers composés oxygénés parmi lesquels prédominait l'acide pentathionique. Ces composés finissaient par donner de l'acide sulfurique, dont la trop grande dilution interdisait l'emploi. C'est même là un des motifs qui ont fait renoncer depuis peu à cette méthode; car, tout compte fait,

on retirait de la cuve moins de soufre utilisable qu'on n'en empruntait aux chambres. En outre la marche était irrégulière et nuisait au dégagement des cuves à chlorure. Pour ces diverses raisons, on a abandonné le procédé, et l'on se contente aujourd'hui de lâcher l'hydrogène sulfuré à la cheminée, d'où il infecte le château de M. Bell lui-même, à deux kilomètres.

Ainsi, jusqu'à présent du moins, la méthode la plus simple a le mieux réussi.

Acide arsénieux. — Cet acide se dégage, associé à divers produits, dans le grillage d'un grand nombre de minerais; mais nulle part il ne mérite considération comme dans les fabriques qui ont précisément pour objet de le procurer. Le seul moyen employé jusqu'ici consiste à accroître le développement des tuyaux horizontaux dans lesquels il doit se déposer. Dans l'usine de M. Jennings, à Swansea, le corridor qui réunit les fours à la cheminée n'a pas moins de 60 mètres de long. Grâce à cette disposition et à la modération du tirage, l'arsenic perdu paraît être en assez faible proportion.

Des dégagements importants se produisent dans la préparation de l'arséniate de soude par la méthode ordinaire (en faisant fondre l'acide arsénieux avec du nitrate de soude et de la soude caustique). M. Higgin, à Manchester, a assaini cette branche d'industrie en dissolvant d'abord l'acide arsénieux dans la soude caustique, et ajoutant ensuite du nitrate de soude au mélange, qu'on calcine au four à réverbère. Les gaz qui se rendent à la cheminée contiennent de l'ammoniaque et des vapeurs nitreuses, mais sont exemptes d'arsenic.

Gaz de l'éclairage. — L'assainissement comprend la purification du gaz livré à la consommation et la destruction des mauvaises odeurs qui se répandent au moment du nettoyage des appareils.

Les procédés purificateurs diffèrent peu de ceux qu'on suit en France. Dans ces derniers temps seulement on a essayé quelques réactifs nouveaux. L'un de ceux qui paraissent donner les meilleurs résultats est une solution de litharge dans la soude caustique. On en imbibe de la sciure de bois, avec laquelle on enlève les dernières traces d'hydrogène sulfuré. Cette poudre, après avoir servi, reprend en quelques heures, par l'exposition à l'air, sa couleur et ses propriétés primitives, et peut ainsi fournir une campagne de huit à dix mois. A Littleborough, petite ville près de Manchester, où cette substance est employée par M. Newall, d'après les indications du docteur Angus Smith, le gaz traverse, indépendamment des réfrigérants et du condenseur, 1° un mélange de sulfate de fer et de carbonate de soude; 2° de la chaux; 5° neuf couches successives, de 4 centimètres chacune, de sciure de bois préparée comme il vient d'être dit. L'épuration nous a paru complète quoique la dernière caisse eût déjà livré passage, depuis la révivification précédente, à près de 20.000 mètres cubes de gaz par mètre carré.

Relativement au nettoyage des appareils, le procédé le plus intéressant que nous ayons vu est celui de City gaz works Co à Londres. Cette usine dont la production journalière dépasse pendant l'hiver 100.000 mètres cubes de gaz, a dû user de beaucoup de précautions pour se faire tolérer à Blackfriars Bridge, un des quartiers les plus populeux de la Cité. Par des considérations étrangères à l'assainissement, on a été conduit à faire circuler le gaz dans des appareils à l'aide d'une pompe aspirante et foulante, mue par la vapeur. L'habile directeur, M. Man, a imaginé, depuis quelques années, de tirer parti de cette circonstance pour désinfecter les épurateurs, lesquels, dans l'espèce, consistent en deux grands cylindres (on en construit trois autres) garnis de coke arrosé d'eau, et en cinq larges caisses remplies de chaux et d'oxyde de fer. Quand on veut

retirer des caisses les matières épuisées, on commence par faire passer un courant de gaz purifié que la machine emprunte aux gazomètres et qu'elle y renvoie à travers une petite caisse spéciale pleine d'oxyde frais (*). Après cinq heures environ de ce *nettoyage* au gaz, on s'assure que le courant sort des épurateurs aussi pur qu'il y est entré, et l'on peut dès lors les décharger sans le moindre inconvénient, car toute odeur a disparu. Le procédé de désinfection des cylindres est aussi simple, quoique différent. On ouvre à la partie supérieure un orifice au centre duquel débouche un jet de vapeur venant de la chaudière. L'air extérieur afflue sous cette impulsion et parcourt le cylindre de haut en bas pour ressortir par un tuyau qui le lance dans une caisse d'oxyde de fer, d'où il se dégage dans l'atmosphère, au-dessus du niveau des toitures environnantes. Sous la double influence de l'air et de la vapeur, le coke est échauffé et débarrassé de l'ammoniaque, de l'acide sulfhydrique et des autres impuretés qui le souillaient. Grâce à ces dispositions, l'usine, bien que séparée des maisons par des rues fort étroites, n'a provoqué aucune plainte depuis plusieurs années.

Gaz des fours à ciment, à chaux, à briques, etc. — La calcination des argiles et des calcaires bitumineux, et plus particulièrement des matières employées à la fabrication des ciments, donne lieu à des dégagements plus ou moins insalubres. Entre Londres et Rochester, où l'on prépare avec de la chaux et du limon de la Tamise le produit si connu sous le nom de *ciment de Portland*, les odeurs sont très-désagréables et provoquent des plaintes fréquentes. Les

(*) Au moment de notre visite, la petite caisse d'oxyde était en réparation, et l'on renvoyait le gaz, non au gazomètre auquel on l'empruntait et qu'il aurait souillé, mais à un réservoir de gaz non purifié. On a essayé de désinfecter par un courant d'air atmosphérique; mais l'oxydation du sulfure déterminait dans les caisses une élévation de température nuisible à leur conservation.

gaz nuisibles consistent en hydrogènes carbonés, en hydrogène sulfuré et en une forte proportion d'oxyde de carbone. Diverses expériences pour atténuer les inconvénients n'ont pas eu de suite. Un seul procédé fonctionne aujourd'hui en grand, chez M. Campbell à Wouldham Valley: c'est celui du Dr Medlock (Pl. I, fig. 6 et 7). La combustion des gaz nuisibles y est utilisée pour certains détails de la fabrication, et paraît avoir déterminé une économie sensible de charbon. Les fours sont recouverts d'un chapeau à double paroi, semblable à ceux qui recueillent les gaz des hauts fourneaux. Les vapeurs s'engagent dans un tuyau horizontal qui les dirige sur un feu de coke où l'on introduit un supplément d'air. La combustion s'opère et les flammes s'écoulent dans un conduit de 30 à 40 mètres de long, qui chauffe le plancher de dessiccation des matières premières, préalablement broyées et mélangées dans l'eau. De là les gaz s'échappent par une grande cheminée. Afin de rendre l'assainissement plus complet, M. Medlock a conseillé l'emploi d'une petite chambre de 1 mètre cube de capacité, pleine de coke mouillé, dans laquelle les gaz se dépouillent, avant leur sortie définitive, d'une portion de leur acide sulfureux. Il a conseillé également d'activer le dégagement des fours à calciner au moyen d'un ventilateur à palettes.

Malgré les assurances de l'inventeur, nous doutons que la méthode soit applicable avec autant de fruit aux fours à chaux, à briques, etc. D'une part les gaz combustibles y sont moins abondants, ce qui rendrait le tirage problématique, et d'autre part on n'a pas le même intérêt à profiter de leur combustion, ce qui ferait du foyer supplémentaire une charge sans compensation.

A propos de ces industries a été posée la question (instructions ministérielles du 9 avril) de savoir si des gaz non délétères, mais simplement échauffés, tels que ceux qui se dégagent le plus souvent de pareils fours, sont nuisibles à la végétation. Cette particularité ne paraît pas avoir été

examinée en Angleterre, et l'on y regarde généralement cette action comme à peu près insensible. Là où des plaintes se sont formées, comme à Wouldham, c'est plutôt par suite des mauvaises odeurs; et, bien que dans cette dernière localité on ait invoqué aussi l'intérêt de l'agriculture, on est fondé à croire que c'est un argument pour les besoins de la cause, car les ravages allégués n'ont jamais été bien constatés.

Nos propres observations en divers lieux ont confirmé l'opinion exprimée par plusieurs chimistes anglais. Ainsi à Knottingley, où les fours abondent, dressés pour la plupart dans les excavations d'où la pierre a été extraite, et débouchant au niveau même des terrains cultivés, on voit des haies et des prairies, verdissant à quelques mètres de distance, sans paraître nullement souffrir de ce voisinage. A Ambergate, entre Sheffield et Derby, un massif de 20 fours à chaux, de très-grandes dimensions, appartenant à la Compagnie Butler, est entouré de verdure à 20 mètres de distance. On n'aperçoit aucune trace de mauvaise influence, quoique les odeurs soient sensibles à près de 2 kilomètres. A Brightside, près Sheffield, les nombreux fours à briques qui couvrent le sol sont au milieu des terres cultivées, et une belle végétation touche le pied de certains d'entre eux.

2° Vapeurs organiques.

Nous désignons ainsi les dégagements qui se produisent dans le travail des matières organiques, bien qu'il s'y rencontre souvent une certaine proportion de gaz minéraux.

Gélatine, colle forte, graisse, suif, etc. — Dans la préparation de ces matières et de plusieurs autres du même genre, il se forme des odeurs nauséabondes pendant l'ébullition (Pl. I, fig. 8 et 9). Chez M. Vickers, à Manchester, les chaudières qui contiennent les os sont exactement fermées,

sauf une ouverture latérale par laquelle les vapeurs s'échappent et se rendent dans un conduit commun où circulent les flammes des foyers. L'aspiration est assez énergique pour entraîner, non-seulement toutes les vapeurs, mais encore une certaine quantité d'air, dont l'accès est ménagé à l'origine de chaque tuyau de dégagement. La combustion s'opère dans l'intérieur du conduit, et les gaz arrivent à la cheminée presque désinfectés. Nous disons *presque*, parce que la combustion est moins complète que lorsque les vapeurs traversent un foyer de coke. C'est cette dernière disposition qu'on a adoptée à Morecambe, près Lancaster, où la gélatine commune est préparée avec des os de qualité inférieure, venus d'Australie, et des débris de poissons. Les odeurs étaient intolérables et provoquaient beaucoup de plaintes. Chaque chaudière a deux ouvertures, l'une communiquant avec le dehors, qui laisse entrer l'air, et l'autre débouchant dans le cendrier, dont on fait varier le tirage à volonté. Des dispositions analogues sont appliquées dans plusieurs établissements d'Islington. Chez M. John Atcheler, où l'on abat les vieux chevaux pour en faire bouillir la viande et en extraire la graisse, chacune des six chaudières brûle ses vapeurs sous son propre foyer. Dans l'importante fabrique de savons de MM. Convan et fils, à Barnes, les chaudières à préparer la graisse sont quadrangulaires et alignées, au nombre d'une vingtaine, le long du mur de l'atelier. Elles communiquent toutes avec un tube horizontal qui conduit les vapeurs sous un foyer spécial.

Il y a lieu de remarquer que les odeurs ne s'engendrent pas seulement pendant les opérations, mais aussi pendant le séjour des matières premières dans les ateliers. On a proposé de les conserver dans des locaux fermés, qu'un tuyau ferait communiquer avec un foyer ou avec la grande cheminée, de manière à entraîner toutes les émanations ainsi que l'air aspiré du dehors à travers les fentes des portes. Ces inconvénients sont évités lorsqu'on opère sur

des matières préparées à l'acide phénique, comme les peaux et les os que le docteur Grace Calvert livre à l'industrie. Ces dépouilles viennent de l'Amérique du Sud et de l'Australie; avant de les embarquer, on les trempe dans une eau contenant 2 à 3 millièmes d'acide phénique. Nous en avons vu chez M. Vickers, qui n'avaient pas d'odeur appréciable.

Engrais artificiels. — La plus grande partie des engrais artificiels d'Angleterre est obtenue en traitant par l'acide sulfurique un mélange d'os et de phosphates naturels, ou, plus rarement, en traitant par le même acide un mélange de débris animaux. Les produits gazeux de l'opération consistent en vapeurs organiques et en divers acides minéraux, tels que carbonique, sulfureux, nitreux et, en certains cas, chlorhydrique et fluorhydrique (*). La combustion serait naturellement insuffisante pour détruire ces divers produits; la méthode généralement suivie consiste à condenser d'abord et à brûler ensuite. Cette double opération, quand elle est bien menée, ne peut guère laisser échapper dans la cheminée que l'acide carbonique et une portion d'acide sulfureux, c'est-à-dire les deux gaz de beaucoup les moins malfaisants.

Les dispositions matérielles varient beaucoup. Les mieux entendues que nous ayons vues sont celles de M. Lawes, à Deptford. Cet habile industriel, qui a tant contribué au progrès de l'agriculture anglaise, a tenu à honneur d'avoir un établissement qui ne pût donner lieu à aucune plainte. Tous les gaz sont entraînés, par un appel énergique, du cylindre mélangeur dans une conduite en plomb où l'on in-

(*) Les acides nitreux, chlorhydrique et fluorhydrique, proviennent, le premier de l'acide sulfurique impur, qui tient en dissolution d'assez fortes proportions d'acide azotique, et les deux autres des chlorures et fluorures associés fréquemment aux phosphates naturels.

jecte de la vapeur d'eau. Une portion notable d'entre eux, et en particulier les acides nitreux, chlorhydrique et fluorhydrique, sont condensés et s'écoulent dans un bras de la Tamise qui passe au pied de l'usine. Les gaz non dissous débouchent sous la grille d'un foyer, où le coke incandescent achève l'œuvre de la vapeur d'eau. Grâce à ces moyens, les 50.000 tonnes d'engrais que M. Lawes livre annuellement au commerce se préparent au sein d'un quartier populeux sans soulever de réclamation. Chez MM. Odams et C^{ie} à Plaistow, la conduite en plomb est remplacée par une colonne de coke arrosé d'eau. Les vapeurs sont rassemblées au moyen d'une cage ou hotte qui entoure les cylindres mélangeurs. Mais le tirage et la condensation laissent à désirer, et des vapeurs rutilantes s'échappent dans les ateliers et au dehors. Chez MM. Griffin et Morris, à Wolverhampton, le condenseur se compose d'une citerne ou flacon laveur et d'un large conduit en briques de 10 à 12 mètres de long, divisé par une série de cloisons percées de manière à rompre le plus possible le courant des gaz. On recueille le liquide riche en acide sulfurique et sulfureux, et on l'utilise pour de nouvelles opérations. Il est regrettable qu'au sortir du condenseur les gaz soient envoyés directement à la cheminée.

La fabrication des autres espèces d'engrais artificiels est tout à fait insignifiante. Nous ne connaissons qu'une seule localité, celle de Hyde, près Asthon, où les matières fécales soient soumises à un traitement chimique. On les mélange avec des résidus oléagineux et du sel commun, et on distille à siccité. La partie solide est vendue aux agriculteurs, tandis que la partie liquide, suffisamment concentrée, est utilisée pour la préparation des laines brutes, du lin, etc. On fabrique aussi, sur divers points, de faibles quantités d'engrais avec les résidus des liquides d'égout. Mais c'est un sujet qui viendra plus naturellement à l'occasion de l'*Infection des eaux*.

Ici se présente cette question :

La préparation des engrais artificiels a-t-elle des effets nuisibles à la salubrité; étant distingué, bien entendu, le désagrément de l'odeur d'une action délétère (instructions ministérielles du 9 avril)?

Les avis sont partagés en Angleterre, et cela tient en grande partie à ce qu'on ne précise pas toujours si la fabrication est supposée bien ou mal conduite. Dans les usines mal installées, ce ne doit pas être impunément que les vapeurs fétides et des gaz tels que des acides nitreux et fluorhydriques sont libérés au dehors ou se répandent dans les ateliers. Plusieurs faits, relevés pendant les épidémies cholériques de 1849 et 1854, établissent que la mortalité a été considérable dans le voisinage de diverses fabriques, et l'on en a tiré la conclusion que ce genre d'émanations exerçait une très-fâcheuse influence sur la santé publique (Note d). On oppose à ces faits que dans des établissements même défectueux, les ouvriers paraissent bien portants (*), et que, sauf les cas exceptionnels où ils seraient exposés à l'action directe des acides minéraux, ils peuvent sans inconvénient respirer les vapeurs organiques. En admettant l'exactitude de ces dernières observations, difficiles à bien établir par suite de la partialité des patrons, il n'en resterait pas moins ce fait que si, à l'état normal, les vapeurs organiques n'exercent pas d'effet appréciable sur la santé publique, elles constituent du moins un milieu favorable au développement des germes épidémiques. Quant aux fabriques bien menées, comme celle de M. Lawes, par exemple, on n'y rencontre que cette faible odeur, inséparable du maniement des matières animales, même les plus proprement tenues, et l'on peut admettre qu'elles sont tout à fait

(*) M. Taunzen, à Glasgow, qui prend peu de précautions contre les odeurs, a la prétention que son industrie soit non-seulement inoffensive, mais même favorable aux ouvriers.

exemptes d'insalubrité. Réduite à ces termes, la même conclusion s'applique à une foule d'autres industries, telles que la fabrication de la gélatine, du suif, etc. D'une manière générale, ces industries paraissent être sans inconvénient sur la santé publique quand elles satisfont à la double condition : 1° que les gaz et vapeurs soient absorbés ou brûlés convenablement; 2° que les matières premières séjournant dans l'usine ne fournissent pas d'émanations putrides. Or cette double condition peut toujours être remplie.

Charbon d'os, révivification du noir animal.—Le charbon d'os se fabrique ordinairement dans des pots en métal ou en terre, ouverts par un bout et empilés les uns au-dessus des autres dans de grands fours. Une fois la calcination en train, l'opération se continue avec un peu de houille, grâce aux gaz combustibles qui s'échappent des cornues. Mais ce procédé économique a l'inconvénient de communiquer de très-mauvaises odeurs à la fumée. Plusieurs fabricants ont dû recourir à d'autres dispositions pour se faire tolérer dans les grandes villes. La plus usuelle consiste à traiter le gaz des os comme celui de l'éclairage, c'est-à-dire à le recueillir à part et à le soumettre à une épuration convenable.

La fabrique de M. Parker, à Bow près Londres, qui fournit de charbon un grand nombre de raffineries de la métropole, passe en même temps pour une de celles qui incommode le moins le voisinage. Les cornues distillatoires ressemblent à celles des usines à gaz et sont placées dans des fours pareils. Les produits volatils sont amenés dans un système de condenseurs composé de trois chaudières (dont une de rechange) de 1^m,30 de diamètre de 5 à 6 mètres de long, remplies d'eau froide et situées en plein air. Les gaz y abandonnent de l'ammoniaque, des huiles empyreumatiques et divers autres composés odorants. Au sortir de là, ils sont distribués dans l'usine où ils servent pour l'éclairage. Les becs sont perpétuellement allumés et l'excédant est brûlé

sur le mur extérieur du bâtiment. On ne sent aucune odeur dans les ateliers. Le seul point défectueux est la vidange des condenseurs. On y remédierait en abritant le robinet et les cuves de décharge sous une hotte en communication avec la cheminée.

La plus grande partie des raffineurs de Londres, Manchester, Liverpool conduisent leur révivification sans donner lieu à aucune plainte. Ils y sont parvenus à la fois par certaines dispositions de fours et par les soins apportés au lavage du noir épuisé. Plusieurs attachent une importance décisive à cette dernière opération, et M. Binyon, de Manchester, nous disait : « Quand mes fours donnent de l'odeur, c'est l'ouvrier laveur que je punis. »

Il n'y en a pas moins plusieurs variétés de fours pour brûler les odeurs. Nous en mentionnerons deux types. Le premier, un peu compliqué, consiste en deux cylindres horizontaux superposés, chauffés dans un même foyer, et dans chacun desquels tourne une vis sans fin. Le charbon à révivifier, introduit par un bout dans le cylindre supérieur, est refoulé par la vis vers l'autre bout, d'où il tombe dans le cylindre inférieur pour y subir un mouvement inverse qui le ramène au dehors et le précipite dans des étouffoirs. Chaque cylindre est en outre pourvu d'un tuyau par lequel les gaz de la calcination sont conduits au milieu des flammes. Inutile d'ajouter que la rotation de la vis est calculée de manière à ce que la carbonisation soit complète. M. Torr, de Londres, qui a patenté cet appareil et l'emploie dans sa raffinerie, paraît très-satisfait des résultats. Le second type, plus simple, est usité notamment chez M. Martineau et chez MM. Gadsden, à Whitechapel (Londres). Dans un massif d'environ 5 mètres de haut, sont ménagées, à intervalles égaux, des rainures verticales de 6 à 7 centimètres de large, perpendiculaires au front du massif et le découpant dans sa profondeur. La partie supérieure des rainures, évasée, débouche sur le plancher où le

noir subit une première dessiccation. La partie inférieure, continuée en tôle au-dessous du massif, se bifurque en deux rainures de 3 centimètres qui débouchent dans des récepteurs. Entre deux rainures consécutives est un foyer dont les flammes parcourent plusieurs carnaux horizontaux superposés qui les dirigent alternativement d'avant en arrière, et *vice versa*. Le noir se calcine graduellement dans sa descente. Les gaz qui se forment se frayent un passage dans les carnaux à travers les joints des briques et se brûlent au contact des flammes. Sur le plancher, où l'on pourrait craindre que des vapeurs ne s'échappent, on ne sent aucune odeur.

Chandelles et bougies. — La fonte des suifs bruts donne lieu à de fortes émanations; en outre, pour les bougies, la saponification entraîne les mêmes inconvénients, quoique à un degré moindre.

Les fabriques les plus importantes ont adopté des procédés de désinfection. Les meilleurs spécimens se voient dans l'établissement de M. Price, à Battersea, où l'on prépare sur une immense échelle les bougies stéariques et minérales, et toutes sortes d'huiles et d'essences.

La fonte des suifs bruts s'opère dans de grandes cuves surmontées de couvercles plats en plomb, rivés aux parois et parfaitement hermétiques (Pl. I, *fig.* 10). Au milieu du couvercle, un orifice quadrangulaire, de 80 centimètres de côté, pourvu d'une fermeture à eau, permet le service de la cuve. Sur le couvercle est implantée la plus courte branche d'un tube en U renversé, de 15 centimètres de diamètre, dont l'autre branche d'environ 4^m,50 de longueur descend sous le sol de l'atelier et débouche dans une conduite. Au bas du tube un petit tuyau en communication avec une pompe foulante lance violemment de bas en haut une pluie d'eau froide à travers une pomme d'arrosoir. Les vapeurs de la cuve, au contact de cette eau divisée, se con-

densent instantanément, et le liquide qui retombe, chargé de tous les miasmes, court se perdre à la Tamise. Il ne règne aucune odeur dans l'atelier ni au dehors; et cependant les vapeurs sont de leur nature tellement pénétrantes qu'à la moindre fuite des appareils, il faut apporter des baquets de chlorure de chaux pour rendre le séjour supportable. Le seul point défectueux est le chargement des cuves : aucune disposition n'est prise pour prévenir les dégagements. Il est vrai que c'est une opération de courte durée, qu'on a soin d'effectuer pendant la nuit. Les cuves à saponifier sont pourvues d'appareils de condensation en tout semblables aux précédents. On voit dans la même usine un agencement pour brûler l'hydrocarbure très-pénétrant qui se dégage dans la distillation des résidus de pétrole : un tuyau l'amène sous la grille d'une des chaudières à vapeur.

Vernis, émail, encre d'imprimerie, etc. — Les fabriques de vernis emploient tantôt la combustion, tantôt la condensation. Chez MM. Schneizer, Spong et C^{ie}, à Londres, l'atelier a la forme d'un vaste entonnoir divisé en deux compartiments inégaux par une cloison commençant à 1^m,40 au-dessus du sol. Dans l'un sont toutes les cuves à fondre, dans l'autre se tiennent les ouvriers protégés par la cloison comme par une hotte de cheminée. Les vapeurs s'élèvent dans l'espace qui leur est réservé et rencontrent au sommet du toit un foyer qui les brûle. Cette installation est compliquée et ne doit pas être imitée. Celle de MM. Wilkinson, Heywood et C^{ie}, qui appliquent un procédé patenté par eux, est bien préférable (Pl. II, fig. 1 et 2). Chaque cuve est surmontée d'un couvercle concave dont le centre est percé d'un orifice de 10 centimètres, par lequel l'ouvrier agite le mélange. Les vapeurs se rassemblent dans le haut, entre le bord de la cuve et celui du couvercle, d'où elles s'écoulent dans un conduit général qui communique à l'appareil de condensa-

tion placé en plein air. Cet appareil, assez semblable à un jeu d'orgues, se compose de dix-huit tuyaux verticaux communicants, de 3 mètres de haut, 12 à 14 centimètres de large, disposés sur deux rangées parallèles. Le dernier est en relation avec un ventilateur à palettes qui produit une aspiration énergique dans tout le système et fait affluer les vapeurs des cuves, mélangées à l'air atmosphérique qui pénètre par l'orifice des couvercles. Pendant le parcours les vapeurs s'oxydent rapidement et se rassemblent au bas des tuyaux en un liquide noirâtre, de composition mal définie, qui devient l'objet de manipulations ultérieures dont ces industriels gardent le secret.

A Wolverhampton, MM. Mander emploient les mêmes procédés; toutefois ils ont modifié l'appareil condenseur sans en altérer le principe.

Les fabricants d'encre d'imprimerie, faisant le plus souvent leur vernis eux-mêmes, ont été conduits à des dispositions analogues, quoique en général moins soignées, parce que la fusion du vernis n'est qu'un détail de leur fabrication. Ils se bornent ordinairement à couvrir chaque chaudière d'une petite hotte qui envoie les vapeurs dans le foyer; mais quand on laisse tomber le feu, l'aspiration est insuffisante pour préserver les ouvriers.

Les chambres à déposer le noir de fumée sont pourvues d'ouvertures par lesquelles s'échappent des vapeurs très-désagréables mêlées à de la suie. Plusieurs fabriques d'encre d'Islington (Londres) ont été forcées d'élever une cheminée au-dessus des ouvertures et d'y interposer une toile métallique serrée pour arrêter les particules charbonneuses. Quand on calcine le noir pour détruire les derniers restes de matière huileuse, la vapeur est encore pire et irrite fortement les yeux. Les mêmes précautions ne suffisent plus : on fait alors passer à travers un feu, avant de les envoyer dans l'atmosphère, tous les gaz qui sortent des chambres à déposer.

Il existe encore bien d'autres industries incommodes ou insalubres; mais soit à raison de leur moindre importance, soit à cause de la difficulté de les assainir (*), soit enfin parce qu'elles échappent à la loi (**), elles n'ont pas été l'objet d'améliorations en grand; aussi ne les décrirons-nous pas.

Fumivorité.

A l'examen des procédés ayant pour but de protéger l'atmosphère contre les dégagements industriels, se rattache naturellement la question de la fumivorité.

Il ne s'agit plus ici de détruire des gaz délétères, mais simplement de les décolorer en leur enlevant l'excès de matière charbonneuse qu'ils contiennent. Cet excès tenant invariablement à une combustion incomplète, tous les appareils fumivores doivent satisfaire à la condition fondamentale de rendre la combustion plus complète. Tel est le point de vue auquel on s'est placé depuis une dizaine d'années, et qui a mis fin à une foule d'inventions irrationnelles qui n'étaient propres qu'à retarder la solution du problème. Sous l'influence des saines idées, on a réalisé une amélioration d'ensemble vraiment remarquable. « Ceux qui voient aujourd'hui l'atmosphère de Londres, Manchester, Glasgow et autres grandes cités, disent les hommes compétents, tels que les D^{rs} Letheby, Hofmann, A. Smith, Roscoe, n'ont

(*) Tel est le cas, par exemple, de la grande fabrique de quinine située dans la partie sud de Londres. L'hydrocarbure employé pour dissoudre la quinine donne lieu à une odeur pénétrante qui cause des vertiges et des nausées aux habitants du voisinage. Toutes sortes d'essais ont été faits, mais tous ont échoué par suite de l'extrême volatilité de la vapeur.

(**) Un atelier à fondre l'antimoine fut l'objet d'un procès devant le tribunal de police de Lambeth, sur l'attestation donnée par l'inspecteur médical que les vapeurs émises étaient très-dangereuses pour la santé. Malheureusement le *Nuisances Removal Act*, en vertu duquel les poursuites avaient été entamées, contient une clause spéciale (art. 44) qui excepte « la fonte des minerais et minéraux. »

aucune idée de ce qu'était cette atmosphère il y a sept ou huit ans. » Et non-seulement l'air a gagné en transparence, mais même la quantité d'acide sulfureux respiré a diminué, quoique la quantité dégagée ait augmenté; ce qui tient à ce que les brouillards fuligineux et la suie, qui s'abattent sur le sol, sont un des grands véhicules de l'acide sulfureux et l'empêchent de se disséminer dans l'atmosphère (*).

La législation est du reste devenue fort sévère à cet endroit. Dans presque toutes les villes, les appareils à vapeur qui produisent de la fumée, sauf pendant une demi-heure au moment de l'allumage, sont passibles d'amendes qui atteignent promptement, avec les récidives, des chiffres considérables. Quant aux autres sortes de fourneaux, le législateur a laissé à la sagesse des autorités locales le soin de déterminer les exceptions à établir, et l'on peut s'en remettre à elles pour ne point compromettre, par une ingérence inopportune, les intérêts de la grande industrie. Pour la ville seule de Londres, régie par des actes spéciaux, les exceptions ne sont point admises, et les usines qui ont voulu continuer à vivre au sein de la métropole ont dû rechercher les moyens de brûler leur fumée, à l'égal des appareils à vapeur eux-mêmes (Note e).

Sous l'empire de cette législation, des inventions multi-

(*) C'est de cette manière indirecte, à savoir en affaiblissant l'action de l'acide sulfureux, qu'on admet en Angleterre que la fumivorité intéresse l'agriculture. On ne pense pas que le noir de fumée soit *par lui-même* nuisible aux plantes, et l'on attribue ses effets aux acides qui l'accompagnent ordinairement. Telle est l'opinion qui s'est produite, sans conteste, dans le comité d'enquête de 1862, et qui est partagée par les chimistes que nous avons eu occasion de consulter. Il est certain que dans un pays où les pluies et les brouillards sont si fréquents, l'obstruction des sporules des plantes causées par les particules de suie doit avoir, abstraction faite de l'action des acides, de moins fâcheux effets que partout ailleurs. Ajoutons que les observations précises manquent encore pour qu'il soit possible de répondre catégoriquement à cette question du programme ministériel du 9 avril.

pliées se sont fait jour, et, lors d'une enquête récente, on ne comptait pas moins de 150 procédés patentés, ayant presque tous été l'objet d'essais dans quelque fabrique du Royaume-Uni. Mais ceux-là seulement ont échappé à l'oubli qui, avec des dispositions simples, réalisaient la condition dont nous parlions tout à l'heure, de rendre la combustion plus complète, c'est-à-dire de mettre les gaz combustibles en présence d'une quantité d'air suffisante, à une température convenable. C'est d'eux seulement que nous avons à nous occuper.

On distingue deux catégories de fourneaux :

1° Ceux dont les dispositions sont plus ou moins commandées par la nature des opérations à effectuer, comme les fours à puddler, à verres, à acier, etc.; 2° ceux qui en sont à peu près indépendants, comme les appareils à vapeur.

Parmi les premiers nous citerons trois types appartenant à des industries différentes, et qui, chacun dans son genre, nous ont paru donner des résultats également remarquables.

Fours de M. William Siemens. — Ces appareils, bien connus en France, n'y ont cependant pas été, que nous sachions, l'objet d'applications aussi décisives qu'en Angleterre (*). Par ce système, on emploie le combustible à l'état gazeux en distillant préalablement la houille, ou plutôt en la faisant passer entièrement à l'état d'oxyde de carbone et d'hydrogène carboné. Au sortir du four distillatoire, qui peut être le même pour toutes les industries, les gaz sont amenés dans l'appareil où s'effectue l'élaboration spéciale qu'on a en vue, et ils sont brûlés au moyen d'une introduction d'air rationnellement calculée. La combustion étant ainsi rendue parfaite, l'objet de la fumivoricité se trouve atteint du même coup. MM. Chance frères en font une belle

(*) Ce four a été expérimenté par la Compagnie parisienne du gaz de l'éclairage.

application dans leur verrerie de Spon-Lane, près Birmingham (Pl. II, fig. 5, 4 et 5). Trois fours sur onze ont déjà été installés d'après ce système, et, quoique la transformation soit assez coûteuse, les huit autres le seront à mesure qu'il y aura lieu de les reconstruire. Les gaz et l'air débouchent au même endroit, par des tuyaux disposés de manière à les mélanger intimement dès leur entrée. La combustion est complète et développe une si haute température, qu'à la première fusion, MM. Chance, qui avaient forcé le feu par excès de précaution, ont perdu toute la journée, à leur contentement, ajoutent-ils, car cela levait la dernière objection qu'ils apercevaient au système. Jusqu'ici l'économie de charbon est moindre qu'ils ne s'y attendaient, mais la destruction de la fumée est complète. Les mêmes appareils ont été adoptés dans la verrerie de Sainte-Hélène, la plus grande de l'Angleterre après celle de MM. Chance, dans la fabrique de poteries de M. Humphrey, près Southampton, dans la fonderie d'acier de Brades, près Birmingham.

Fours à puddler de M. Richard Johnson — L'usine de MM. Johnson frères, à Bradford, près Manchester, offre, croyons-nous, le seul exemple de fours à puddler fumivores. La simplicité des dispositions semble indiquer cependant que le procédé est susceptible de généralisation. Cinq couples de four chauffent autant de chaudières à vapeur verticales. Les fours accouplés sont d'ailleurs parfaitement indépendants l'un de l'autre, afin de ne pas gêner le puddlage; leurs gaz ne se réunissent que sous la chaudière, d'où un tuyau commun les amène dans une cheminée centrale desservant l'atelier. Ils n'offrent rien de particulier dans leurs dispositions générales, si ce n'est d'être moins allongés qu'à l'ordinaire, circonstance qui paraît sans influence sur la fumivoricité. Le seul trait caractéristique est une ouverture de la dimension d'une brique, pratiquée sur le tuyau de sortie, à un demi-mètre de l'extrémité du four. L'ouvrier

découvrant à volonté cet orifice au moyen d'une brique mobile fait varier l'introduction de l'air supplémentaire de façon à entretenir dans le tuyau une combustion intense qui s'achève dans la chambre ménagée sous la chaudière. A l'entrée de cette chambre un registre permet au puddleur de régler le tirage. Nous avons constaté que même pendant le chargement des foyers la cheminée centrale n'émettait pas de fumée appréciable. Le charbon employé est d'ailleurs le même que dans les autres usines.

Fours à poteries de M. Henry Doulton. — C'est à ce système de fours inauguré dans la fabrique de MM. Henry Doulton et Watz (Pl. II, fig. 6), et introduit bientôt dans presque tous les établissements du voisinage, que le district de Lambeth doit d'être débarassé des épaisses fumées que dégageaient encore, il y a cinq ou six ans, les nombreux fours à poteries en activité dans cette partie de Londres.

La fabrique de M. Doulton, qui livre au commerce près de 15.000 tonnes de poteries par an, compte quinze grands fours munis chacun de dix foyers, dans lesquels on brûle une houille de Newcastle très-bitumineuse. Sur la voûte de chaque foyer et immédiatement au delà de l'orifice de chargement (on charge par en haut), est une cloison verticale en briques percées de trous de 7 à 8 millimètres de diamètre qu'on démasque plus ou moins, selon les besoins. L'air du dehors afflue à travers les trous, s'échauffe au passage, et derrière la cloison rencontre les gaz de la houille avec lesquels il se mélange. La combustion s'engage et les flammes se précipitent dans l'intérieur du four où elle ne tarde pas à être complète. Les gaz à la sortie de la cheminée sont absolument incolores. Pour peu au contraire qu'on masque les trous de la cloison d'un seul foyer, la colonne de dégagement devient aussitôt fuligineuse.

Passons à la seconde catégorie de foyers.

Dans les appareils à vapeur, surtout fixes, où l'on dispose à peu près comme on veut de l'arrangement du fourneau, l'esprit d'invention a pu aisément se donner carrière. Après bien des essais, on reconnaît aujourd'hui qu'aucun type de foyer n'est exclusivement fumivore, mais que la destruction de la fumée dépend de l'observation des principes suivants :

- 1° Avoir une épaisseur modérée de charbon sur la grille, 10 à 12 centimètres, par exemple, 15 au plus ;
- 2° Éviter la brusque formation d'une trop grande quantité de gaz froids ;
- 3° Introduire de l'air supplémentaire dans la zone de combustion.

Sans parler bien entendu d'une foule d'autres conditions inhérentes à l'installation d'un bon appareil à vapeur, et dont la nécessité avait été depuis longtemps reconnue (*).

Le premier principe a pour objet de faciliter l'accès de l'air par les barreaux et de modérer la quantité de gaz à brûler dans un espace donné. Il implique que les foyers ne soient point disproportionnés avec le travail qu'on exige de la chaudière ou que la grille ait une superficie suffisante. C'est là même un trait qui distingue les appareils de Londres de ceux de Manchester. La moins bonne fumivorité remarquée dans cette dernière ville tient beaucoup à ce que, pour satisfaire à des industries qui réclament de grandes forces motrices, on demande souvent aux foyers plus qu'ils ne devraient produire.

Le second principe peut être satisfait de bien des manières (**), et en première ligne par les soins qu'apporte le

(*) Comme, par exemple, d'avoir un cendrier et une chambre de combustion suffisamment hauts, d'éviter les foyers longs et étroits, etc.

(**) Nous ne comprenons pas, parmi ces moyens, l'emploi des semi-anthracites du pays de Galles (communément nommées *steam coal*), qui s'est beaucoup généralisé à Londres depuis quelques années sous la pression des lois de fumivorité. Il est clair que ce n'est point là un procédé technique, applicable en tous lieux.

chauffeur. Si le feu est chargé irrégulièrement, si on le laisse tomber pour le renouveler à fond, si le charbon est entassé sans discernement, avec les meilleures dispositions on produira beaucoup de fumée (*). La plupart des inventions ont eu précisément pour objet de suppléer à ces qualités du chauffeur, ou de rendre la bonne marche du feu indépendante de la négligence de l'homme. Telles sont les grilles mobiles de M. Hazeldine, dont M. Price fait usage dans sa fabrique de bougies de Battersea. Elles se meuvent avec une vitesse de 2 mètres à l'heure et se chargent elles-mêmes, d'une manière continue, en entraînant sur une épaisseur constante la houille menue amoncelée près de l'orifice. M. Price qui a essayé de plusieurs appareils, déclare celui de M. Hazeldine irréprochable à tous les points de vue. La plupart des autres systèmes, nous parlons de ceux qui ont réussi, consistent à associer deux foyers qu'on ne charge jamais simultanément et dont les flammes se rejoignent de façon que les gaz froids et noirs de l'un rencontrent les gaz incandescents de l'autre. M. Wymer, ingénieur de la Compagnie Continentale de la navigation sur la Tyne, à Newcastle, qui a beaucoup étudié cette question, fait déboucher dans la même chambre les gaz de deux, trois et même quatre foyers conjugués. Il établit ainsi une sorte de moyenne constante dans la qualité des gaz. Nous avons vu plusieurs relevés de bord de ses bateaux, où l'état de la colonne de dégagement est noté de 5 en 5 minutes, indiquer à peine quelques traces de fumée sur le parcours de Newcastle à Shields.

(*) C'est une vérité dont est si bien convaincu M. Macintosh, l'inventeur des vêtements de ce nom, à Manchester, qu'il nous disait : « Après avoir essayé de bien des systèmes, j'ai fini par adopter un moyen qui me réussit depuis quatre ans : chaque fois que je suis condamné à l'amende, j'en fais payer une partie à mon chauffeur. » Il est juste d'ajouter que les appareils de M. Macintosh sont parfaitement installés.

Les bateaux de la Clyde à Glasgow, ceux de la Mersey à Liverpool, ceux de la Tamise, emploient des dispositions analogues avec un égal succès. Dans la fabrique de canons Withworth, à Manchester, les foyers sont intérieurs, au nombre de deux dans chaque chaudière et opposés (Pl. II, fig. 7). Ils occupent ensemble toute la longueur de la chaudière, qui a 5 mètres sur 1^m,20 de diamètre. Ils sont séparés l'un de l'autre par un petit autel, de chaque côté duquel une ouverture latérale conduit les deux courants gazeux dans une même chambre de 40 centimètres de long, qui interrompt une batterie de tubes de vaporisation. C'est dans cette chambre et avant de s'engager dans les deux moitiés de la batterie que les gaz achèvent de se brûler. Il est de notoriété que M. Withworth ne fait jamais de fumée.

Le troisième principe ou l'introduction de l'air dans la zone de combustion a donné lieu à trois systèmes : l'un consistant à admettre l'air par la porte de chargement ; l'autre par des ouvertures situées près de l'autel ; et le troisième par les barreaux eux-mêmes au fond de la grille. Ce dernier mode, réalisé tantôt en chargeant très-faiblement le combustible dans cette région, tantôt au moyen de grilles inclinées ou même en agitant mécaniquement les barreaux pour les découvrir, commence à être abandonné, au moins dans les appareils fixes. Les deux autres modes, surtout le premier, sont devenus d'un usage presque universel. L'accès de l'air a lieu habituellement par une série de trous de 7 à 8 millimètres de diamètre, pratiqués sur la surface de la porte à 2 ou 3 centimètres les uns des autres, et pouvant, dans les appareils soignés, être démasqués à volonté. Quelquefois la porte est munie d'un seul orifice, ou même on se borne à la laisser entr'ouverte ; mais c'est une mauvaise disposition, car l'air entrant tout d'une pièce ne se mélange pas assez aux gaz et s'échappe par la cheminée avant d'avoir pu opérer la combustion. Pour l'introduire au voisinage de l'autel, on a des orifices quelquefois permanents, mais

le plus souvent gouvernés par une tringle à portée du chauffeur. On objecte que l'air ne séjourne pas assez longtemps et ne produit qu'une partie de son effet. C'est ce dernier mode que réalise, au fond, le feu *retourné* de M. Bell à Washington. Le carneau de sortie des gaz est au-dessus de la porte de chargement; le cendrier est vaste, et les barreaux du fond, placés transversalement, beaucoup plus espacés que ceux de l'avant. L'air afflue par l'arrière et tout le courant revient vers la porte pour entrer dans la cheminée. Les trous dont cette porte est percée sont donc réellement vers le *fond* du foyer.

Nous passons sous silence une foule de procédés particuliers, comme l'injection de la vapeur d'eau, qui paraissent n'avoir d'autre but que de venir en aide à des appareils mal construits, en facilitant le tirage.

En résumé, l'admission d'un air très-divisé à l'avant du foyer, et, quand les circonstances le permettent, l'association de deux foyers qu'on charge alternativement, telles paraissent être, avec la modération du travail et la bonne conduite du feu, les conditions reconnues suffisantes pour obtenir la combustion de la fumée dans tous les appareils à vapeur (*).

Sépultures.

Parmi les causes d'insalubrité de l'air des villes, en Angleterre, il en est une qui, à raison de son importance et de sa généralité, mérite d'être mentionnée : nous voulons dire

(*) La complète solution du problème de la fumivorté exigerait qu'on brûlât aussi la fumée dans les foyers particuliers. On en est encore loin. Signalons toutefois quelques heureuses tentatives. Ainsi, à Londres, dans les casernes et les hôpitaux, on a des appareils où l'air arrive, par derrière ou par côté, au-dessous de la couche de charbon. A Manchester, on trouve dans quelques maisons particulières des cheminées disposées suivant le même principe (Pl. II, fig. 8, 9 et 10).

les sépultures. La pratique de ce pays différant de la nôtre, à la fois quant à la durée du séjour des corps dans les maisons et quant aux lieux d'inhumation, la question d'assainissement a moins d'intérêt pour la France. Aussi, renverrons-nous les détails à une note spéciale (Note f), nous bornant ici à de rapides indications.

La garde des corps atteint parfois chez les classes inférieures une durée de dix jours et au delà. Pour remédier aux inconvénients qui en résultent, on a imaginé, entre autres procédés, de nouveaux cercueils dits Cercueils Sanitaires de la patente Smith (*) dont l'usage a pris récemment une certaine extension, et qui pourraient avoir quelque utilité dans les autres pays, par exemple pour le cas des maladies contagieuses. Ces appareils en tôle mince galvanisée, sont pourvus sur le couvercle d'un orifice vitré correspondant à la face du mort, et d'un petit tube débouchant à l'intérieur dans une boîte à jour remplie de charbon et de poudre désinfectante. Les gaz provenant de la décomposition passent à travers la boîte dans laquelle ils se purifient avant de parvenir au dehors. Le cadavre peut être ainsi conservé plusieurs jours, sans qu'on soit privé de voir son visage.

Les cimetières qui entourent les églises au sein des villes constituent des foyers de corruption d'autant plus dangereux que l'accumulation des débris humains y dépasse de beaucoup les proportions ordinaires. Afin de prévenir les émanations, on a proposé de doubles cercueils, l'un en bois qui reçoit le cadavre, l'autre en grès dans lequel le premier est renfermé avec interposition d'une couche de charbon de bois (**). On compte que par ce moyen tous les gaz organiques sont absorbés, à l'exemple des résultats obtenus sur des

(*) Une compagnie s'est formée (Patent Sanitary Coffin Co) à Londres et à Manchester, avec succursale à Sheffield et autres villes, pour l'exploitation des cercueils perfectionnés.

(**) Ces appareils sont fabriqués par la Patent Sarcophagus Company.

corps d'animaux dans les laboratoires. Ajoutons que le poids et le difficile transport de ces cercueils en ont jusqu'ici paralysé l'emploi (*). Des moyens plus pratiques ont été adoptés dans diverses villes. A Londres, dans tous les cimetières où l'ensevelissement n'est plus permis, on a battu fortement la terre et on l'a recouverte d'un épais gazon. Le Dr Letheby avait en outre conseillé d'étendre sur les cercueils une forte couche de charbon de bois; mais on y a renoncé. A Birmingham, le cimetière de Saint-Philippe donnait de telles odeurs qu'on l'a recouvert d'un lit de chaux, et, en certains points, de chlorure de chaux. A Manchester, on emploie assez souvent, notamment dans le cimetière de Grosvenor square, du charbon de bois qu'on étend sur les cercueils au moment de l'inhumation. Ces procédés sont sans doute susceptibles d'être appliqués avantageusement en certains cas dans les cimetières extra-muros.

III. INFECTION DES ATMOSPHÈRES LIMITÉES.

Dans les espaces clos ou privés d'une suffisante communication avec le dehors, l'atmosphère est susceptible de s'altérer après un temps plus ou moins long, soit par la lente absorption de l'oxygène, soit par la production de gaz délétères ou irrespirables. Ces deux causes d'infection n'ont pas été distinguées pratiquement en Angleterre, et les moyens employés paraissent avoir toujours eu pour but de les combattre indifféremment sans s'attacher spécialement à l'une d'elles.

(*) Les partisans des cercueils Smith, dont le poids est modéré, ont la prétention d'atteindre le même but par le moyen de leur boîte déodorisante, qui est fort petite. Mais, outre que les liquides du corps ne doivent pas tarder à attaquer le métal, il est impossible d'admettre que la faible quantité de substance désinfectante puisse arrêter la totalité des gaz; car il faudrait pour cela que le contact de l'air fût incessamment renouvelé, ce qui n'a pas lieu.

Les effets dont nous parlons sont surtout observables dans certaines catégories de lieux, que nous allons examiner. Nous laisserons de côté les galeries de mines qui nous semblent sortir du cadre de ce rapport, et dont les procédés d'aérage ne diffèrent pas d'ailleurs sensiblement de ceux qu'on a adoptés dans les autres pays.

Galeries d'égout. — Les gaz développés dans les égouts présentent d'autant plus de dangers pour les ouvriers, que les fabriques y déchargent habituellement leurs résidus liquides, ce qui fournit l'occasion de réactions violentes et instantanées, comme celle qui a coûté récemment la vie à quatre hommes dans l'une des galeries les mieux tenues de la Cité de Londres (*).

Les moyens d'assainissement auxquels on a eu recours sont de deux sortes : physiques et chimiques. Les premiers, de beaucoup les plus importants, tendent sous des formes variées, à assurer une bonne ventilation des galeries, ce qui ne serait point difficile à obtenir, s'il ne fallait pas aussi préserver la surface habitée de l'incommodité des gaz qui s'échappent de l'intérieur. De là divers procédés que nous examinerons dans l'ordre d'importance de leurs applications.

A Londres et dans plusieurs grandes villes, on a adopté

(*) « Le 4 février 1862, quatre ouvriers furent trouvés morts dans « l'égout de Fleet-Lane, où ils avaient travaillé..... Les circon-
« stances relatives à cette calamité sont remarquables par l'ab-
« sence apparente de toutes les conditions qui entourent ordinaie-
« rement de tels accidents. L'égout est neuf, avec une pente rapide,
« pourvu d'un flot abondant,..... très-bien ventilé, et, sans aucun
« doute, un de ceux qui auraient été considérés par tous les hommes
« compétents comme entièrement exempts de danger..... L'opi-
« nion du Dr Letheby a été que ces morts doivent être attribuées
« à l'action de l'hydrogène sulfuré, et il suppose qu'il a été soudai-
« nement engendré dans l'égout par des acides qui y ont été dé-
« chargés et qui ont réagi sur les dépôts. » (Rapport de M. Haywood,
Ingénieur de la Cité.)

des cheminées spéciales d'aéragé, implantées sur la couronne de l'égout et débouchant au milieu de la chaussée (*). En même temps, on a muni les bouches latérales de décharge de trappes mobiles qui restent fermées tant qu'elles ne livrent pas passage aux eaux superficielles. De la sorte, les vapeurs méphitiques se dégagent le plus loin possible des habitations. Il n'en subsiste pas moins des inconvénients sensibles, auxquels on a proposé de parer au moyen des filtres de charbon de bois du docteur Stenhouse. On les place dans les cheminées d'appel, en ayant soin de les soustraire au contact de l'eau, et de manière à ce que la circulation de l'air se fasse exclusivement par leur intermédiaire (Pl. III, fig. 1 à 9). Les gaz venant de l'intérieur sont désinfectés au passage par le charbon et arrivent purifiés dans l'atmosphère (**). Des essais heureux ont été faits dans diverses villes, Glasgow, Brighthon, Swansea, etc. A Workshop, petite localité à 5 ou 6 lieues de Sheffield, le système est intégra-

(*) Chacun a pu remarquer, dans les principaux quartiers de Londres, ces ouvertures rectangulaires d'environ 15 centimètres sur 40, divisées par une barre longitudinale et placées dans l'axe de la chaussée. Contrairement à ce qu'on aurait pu craindre, il ne paraît pas que la marche des chevaux en soit entravée.

(**) Cette application paraît avoir été suggérée par les résultats de la ventilation de deux salles, à Mansion House et au Guildhall, qui reçoivent l'air de cours étroites et infectes, voisines d'urinoirs publics. On a interposé aux ouvertures une couche de charbon de 4 centimètres d'épaisseur, renfermée entre deux toiles métalliques. Depuis neuf ans que ce procédé fonctionne on n'a senti aucune odeur, bien que le charbon n'ait pas été renouvelé.

Les filtres d'égout les plus communément usités se composent d'une caisse rectangulaire de 90 centimètres de haut, ouverte par le bas, et dont une face verticale mobile forme la porte (Pl. III, fig. 9 à 15). On y fait entrer sept tiroirs en toiles métalliques de 5 centimètres d'épaisseur, contenant le charbon, étagées les unes au-dessus des autres à pareille distance (5 centimètres). Ces tiroirs, moins profonds que la caisse d'environ 4 centimètres, sont alternativement enfoncés jusqu'à toucher la face opposée à la porte, et jusqu'à 4 centimètres de cette face, de manière que les gaz venant de dessous remontent

lement appliqué aux 50 ou 60 cheminées de ventilation, et M. Rawlinson, l'éminent inspecteur des travaux publics, déclare les résultats satisfaisants. Mais rien n'égale, comme importance et valeur d'observations, la grande expérience qui se poursuit depuis trois ans dans une portion de la Cité de Londres, sous la direction de MM. Letheby et Haywood. On trouvera à la Note *g* les détails de ces opérations, empruntés à un premier compte rendu de 1862. Le jugement porté sur le système, d'après les résultats déjà obtenus, a d'autant plus d'intérêt qu'à l'origine M. Haywood, l'ingénieur des égouts, lui était peu favorable, en sorte que son opinion n'est pas suspecte de partialité. En résumé, ces messieurs concluent : 1° que l'action désinfectante du charbon est complète, pourvu que les filtres soient préservés du contact de l'eau ; 2° que leur présence, tout en réduisant la circulation générale, n'a pas affecté le pouvoir diffusif des gaz méphitiques, et dès lors n'a pas modifié sensiblement la composition chimique de l'atmosphère, comparée à celle des galeries où la ventilation avait pu s'exercer librement. Si ce dernier point était vraiment hors de doute, le problème serait résolu, car rien ne s'opposerait plus à l'assainissement des galeries. Malheureusement il est difficile d'admettre que l'interposition des filtres ne fasse pas obstacle à la diffusion des vapeurs délétères. Ajoutons que, de vive voix, M. Haywood nous a paru moins explicite que dans son rapport, et qu'à ses yeux les applications déjà faites, à Londres ou ailleurs, ne constituent encore « qu'une grande expérience. » Toutefois on peut dès aujourd'hui considérer la solution comme

dans la caisse par une série de lacets. Cette disposition a pour objet de retarder l'ascension des gaz et de les obliger, en grande partie, à traverser le charbon des tiroirs. La région vide, d'environ 20 centimètres, située au-dessus du dernier tiroir, contient un filtre vertical appuyé contre la porte. Le haut de celle-ci est percé de sept ou huit orifices circulaires de 4 à 5 centimètres de diamètre, par lesquels les gaz s'échappent définitivement après avoir traversé le dernier filtre.

satisfaisante en certains cas où il faut se prémunir contre les exhalaisons de bouches particulièrement incommodes. L'emplacement des filtres ne laisse pas de mériter considération. On renonce, à cause de la complication, à les installer dans les ouvertures latérales qui livrent passage aux eaux superficielles, et l'on voudrait avoir mieux encore que les cheminées centrales, qui ne sont pas assez exemptes d'humidité. M. Haywood étudie en ce moment de nouvelles dispositions, d'après lesquelles la boîte désinfectante, élevée à 2 mètres au-dessus du sol, serait contenue dans un tuyau d'aérage appliqué tantôt contre les maisons (Pl. III, fig. 14 à 16), tantôt contre les candélabres de la voie publique convenablement modifiés.

Le second procédé consiste à transporter les bouches d'aérage au delà de la zone habitée et à les placer sur le toit des édifices. On utilise à cet effet les tuyaux pour la pluie, qu'on fait communiquer aux égouts et qu'on a même proposé d'amener sur la couronne des galeries pour accroître leur action. La disposition mérite une grande attention, afin de prévenir le dégagement des odeurs dans les maisons; les expériences faites à Londres montrent qu'avec des soins minutieux on n'évite pas toujours les fuites à travers les joints. Disons cependant qu'à Manchester, Liverpool, le système fonctionne sans soulever de réclamations. A Édimbourg, une application, restreinte il est vrai, a bien réussi. Quelques localités moindres, Alnwick, Preston, ont fait de même et ne s'en plaignent pas. Dans la cité de Londres, on a fait, il y a quelques années, des essais dans des quartiers pauvres et populeux, où les voies étaient très-étroites. Des tuyaux en fonte, de 15 centimètres de diamètre extérieur, débouchant à la couronne des égouts, étaient menés à une faible hauteur au-dessus des toits. Les résultats ayant été satisfaisants, d'autres applications semblables ont eu lieu, et, dans ces dernières années, plusieurs propriétaires de la Cité, sommés d'arrêter l'écoule-

ment de leurs eaux pluviales sur la chaussée, ont mis leurs tuyaux en communication avec les égouts. Les plaintes, assez nombreuses à l'origine, ont peu à peu diminué, ce qui indique que le mal était plus imaginaire que réel. Il est d'ailleurs évident qu'avec un ajustement convenable, on doit arriver à faire disparaître les inconvénients qui ont pu se produire à l'origine, et que ce ne sont pas là des difficultés de nature à arrêter longtemps les ingénieurs.

Quelques autres modes de ventilation ont été employés, mais d'une manière tout à fait exceptionnelle. Ainsi, à Carlisle, on a mis les égouts en communication avec quatre cheminées, dont deux de 20 mètres, une de 50 et l'autre de près de 100 mètres. Mais les résultats n'ont pas été en rapport avec la grandeur des moyens. A Liverpool, on a relié une galerie avec la cheminée d'une manufacture; à Édimbourg, la même tentative a échoué au dernier moment par suite de l'opposition du propriétaire. Enfin, il y a quelques années, des essais d'injection de vapeur d'eau ont été renouvelés dans le but de désinfecter les égouts avoisinant le Parlement. Aucun de ces expédients n'a été trouvé véritablement pratique.

Restent les procédés chimiques. Nous ne parlons ici que de ceux qui ont en vue l'assainissement des galeries et non la purification des liquides, opération que nous examinerons plus tard et qui se pratique beaucoup plus à la sortie qu'au dedans des égouts (*). Les réactifs usités sont la chaux ou les chlorures, et, depuis quelque temps, divers composés où entre l'acide carbolique. Le mode d'emploi varie, non-seulement selon les localités, mais aussi selon les circonstances. Tantôt on introduit la substance, d'une manière continue, dans la région de l'égout où s'observent particu-

(*) La désinfection, à Londres, bien que s'effectuant dans l'intérieur des galeries, ne doit point trouver place ici; car elle est faite au point de vue de la purification des liquides déchargés à la Tamise.

lièrement les mauvaises odeurs, tantôt on en use au moment même où les ouvriers sont appelés à y pénétrer. Le plus souvent la distribution du réactif est commandée par la protection de la surface et n'influe que très-indirectement sur la salubrité de l'intérieur. Tel est le cas fréquent où l'on se borne à projeter la substance dans une bouche latérale d'égout dans le but de désinfecter les gaz qui s'en échappent. Il n'est pas de ville qui ne recoure plus ou moins à ces procédés, mais aucune, à notre connaissance, ne les a érigés en système général. Plusieurs propositions ont été faites, mais aucune n'est passée dans l'application en grand. Ainsi le docteur A. Smith avait émis l'idée de répandre dans chaque égout privé une certaine proportion de carbonate de chaux, de manière à empêcher la putréfaction de se développer dans les galeries. De même on avait parlé d'employer les réactifs sous une autre forme, en dirigeant dans les égouts un courant de chlore ou en y plaçant un certain nombre de vases d'où ce gaz s'échapperait d'une manière lente et continue, etc.

En somme les procédés chimiques sont au second plan, et l'on n'y recourt que dans des cas particuliers pour combattre des causes toutes locales. Le grand moyen d'assainissement qu'on cherche à perfectionner est la ventilation (*), pour laquelle on n'est arrêté que par les convenances de la surface. Concilier de plus en plus ces deux intérêts, tel est le problème qu'on cherche à résoudre.

Fosses d'aisance. — Les réceptacles des matières fécales sont de plusieurs sortes. Les fosses couvertes sont les seules dont le curage puisse offrir des dangers sérieux pour les ouvriers. On s'est peu préoccupé de les améliorer, pour cette raison qu'au moment même où les esprits ont commencé à

(*) Et, bien entendu, aussi la prompte circulation des matières, problème fondamental dont l'examen n'est pas de notre ressort.

se tourner vers l'assainissement des villes, on s'est arrêté à l'idée de les abolir par la substitution d'un drainage de plus en plus perfectionné. On ne compte pas moins de 500.000 de ces réceptacles ainsi disparus de Londres dans ces dix ou douze dernières années. Un fait analogue, quoique moins général, s'est produit dans les autres villes. Quel que soit d'ailleurs aujourd'hui l'état d'avancement de la transformation, les fosses couvertes n'en sont pas moins considérées comme un objet éminemment transitoire, peu digne par conséquent d'occuper l'attention des hygiénistes. On peut signaler cependant quelques précautions prises pour prévenir les effets des gaz méphitiques. Comme pour les égouts les procédés sont physiques ou chimiques, avec cette différence qu'ici les derniers sont les plus répandus.

Les procédés physiques se réduisent à quelques applications de ventilation naturelle. A Sheffield, on a essayé d'un tuyau en fonte, partant de la fosse et passant par la plus haute cheminée, pour déboucher avec elle au-dessus des toits. Mais on a l'inconvénient qu'à l'époque même où les odeurs sont le plus intenses, c'est-à-dire pendant l'été, l'absence de feu dans les cheminées peut permettre aux gaz de descendre dans les appartements. On a proposé d'y parer par l'interposition d'un filtre de charbon, mais nous ne croyons pas qu'on en ait fait usage. A Manchester, à la raffinerie de M. Binyon, une ventilation énergique a été assurée en établissant une communication avec la grande cheminée de l'appareil à vapeur. L'air extérieur afflue dans le réceptacle par l'ouverture du siège, et il règne ainsi une circulation continue. Mais ce n'est là évidemment qu'une solution particulière. Au Palais de cristal, à Londres, chacun a pu prendre connaissance de la disposition adoptée pour déodoriser les réceptacles situés devant la façade de l'édifice. Un petit tuyau qui grimpe le long d'une des colonnes et débouche au-dessus de la toiture, détermine une ventilation assez efficace pour que les ma-

tières, extraites au boyau, puissent être appliquées chaque matin à l'irrigation du jardin sans incommoder les visiteurs.

Les agents chimiques sont administrés d'une manière fort élémentaire. Quand la fosse est ouverte on y verse du chlorure de chaux ou du perchlorure de fer, pour prévenir la diffusion des odeurs dans le voisinage. Souvent on emploie par grandes masses les mélanges de cendre et d'escarbilles de coke retirés des foyers. On les étend en couches plus ou moins épaisses sur les matières fécales, et les gaz sont assez bien absorbés. Les ouvriers n'entrent pas dans la fosse avant d'en avoir éprouvé l'atmosphère par une chandelle en ignition. L'extraction se fait d'ailleurs, suivant le degré de fluidité, avec des seaux ou à la pelle. Somme toute, l'installation et le mode de curage sont beaucoup moins bien soignés qu'à Paris. Les Anglais eux-mêmes le reconnaissent et disent qu'étant admis ce système, qu'ils considèrent en principe comme vicieux, c'est à Paris qu'on doit venir apprendre la meilleure manière d'en tirer parti.

Beaucoup de fosses ne sont jamais vidées : quand une est pleine on en creuse une autre. Cela se voit quelquefois dans l'intérieur des villes, et est assez fréquent dans les faubourgs. Les maisons sont, comme on sait, entourées de jardins ; souvent, sur le derrière, s'étendent de vastes espaces, dont l'habitation occupe le point culminant. La fosse, assez profonde, est creusée dans le terrain cultivé ; les matières y sont amenées par des tuyaux inclinés. Les liquides s'infiltrant dans le sol environnant, ce qui n'a pas de grands inconvénients, puisque la végétation le recouvre. Le même réceptacle peut donc servir très-longtemps. Quand il est comble on en pratique un autre, toujours peu coûteux, vu le mode sommaire d'installation. A Leeds, par exemple, la plupart des maisons du riche quartier d'Headdingley et surtout de Round Hay sont installées d'après ce système.

Les fosses à ciel ouvert ou *middens*, beaucoup plus nom-

breuses que les autres parce que, réservées aux classes peu aisées, elles ont échappé davantage aux progrès du drainage, ne présentent pas de difficulté. Ce sont des puits de 1 mètre à 1^m,50 de profondeur, garnis ordinairement, au fond, d'une couche de sable ou de gravier de 25 à 50 centimètres d'épaisseur, dans lesquels sont à la fois accumulés les matières fécales, les débris de la cuisine, et les résidus des foyers, le tout arrosé des eaux perdues de l'évier. La présence des cendres et des escarbilles de coke, en suffisante quantité, diminue beaucoup le dégagement des odeurs. L'excédant des liquides est évacué de diverses manières, dont nous parlerons à l'occasion de l'infection des sols, et les parties solides ou pâteuses forment un magma consistant qu'on enlève à la pelle (*). Les ouvriers qui procèdent au curage ne courent aucun danger. On prend seulement la précaution, toute au point de vue du voisinage, d'ajouter de la chaux aux portions les plus odorantes. Dans certaines villes, comme Sheffield, la municipalité en fournit gratuitement pour cet objet. A Liverpool, afin de diminuer les ennuis du curage, on a pratiqué derrière les maisons de certains quartiers des galeries souterraines dans lesquelles on précipite les matières. Mais le remède est pire que le mal, car ces galeries sont des sources d'infection et l'aération n'y est possible qu'aux dépens des maisons.

Fosses et caveaux funéraires. — L'accumulation des corps dans les cimetières urbains est telle, que les fosses à ciel ouvert elles-mêmes n'y sont pas exemptes de dan-

(*) Nous avons vu des maisons, celle du consul français de Birmingham, par exemple, où l'écoulement des liquides étant bien assuré par une communication aux égouts, et les résidus des foyers étant en bonne quantité, il n'existait pas d'odeur appréciable. Malheureusement, ce n'est pas le cas général, et dans les demeures pauvres, les odeurs sont souvent très-fortes, faute de soins.

ger. « L'acide carbonique y imprègne le sol comme l'eau certains terrains, » dit le Dr Playfair; si bien que lorsqu'une fosse est creusée dans le voisinage de sépultures récentes, ce gaz afflue très-rapidement à travers les parois et ne tarde pas à remplir l'excavation. On cite deux exemples d'asphyxies occasionnées par la rentrée trop prompte des fossoyeurs. En quelques cas on s'est servi de chaux répandue avant la descente du cercueil. Le plus souvent on se borne, dans les endroits réputés dangereux, à ouvrir la fosse plusieurs heures et même une journée à l'avance, afin de laisser au dégagement gazeux le temps de se ralentir. Encore a-t-on soin de n'y descendre qu'après s'être assuré de la condition de l'atmosphère.

Les caveaux funéraires, pratiqués sous les églises, sont infiniment plus dangereux. Les cercueils y sont nombreux, l'aération difficile et les odeurs très-intenses. Il n'y a pas longtemps que le Dr Lewis se plaignait que, pour avoir passé une heure dans le caveau de St-Mary-at-Hill à Londres, il avait été atteint d'une diarrhée qui dura toute une journée. La pratique des enterrements sous les églises, suspendue aujourd'hui pour le plus grand nombre d'entre elles, se continue encore pour quelques-unes. Les mêmes mesures de salubrité leur conviennent: car, dans les caveaux interdits il faut pouvoir pénétrer en certains cas, sans parler de l'utilité de se prémunir contre les odeurs qui s'en dégagent et qui ont même été jusqu'à faire suspendre le service divin dans les églises. Bien que l'attention publique se fût depuis longtemps portée sur cet objet (*), ce n'est guère que depuis quatre ans qu'un ensemble de dispositions sanitaires leur sont méthodiquement appliquées, à la suite des travaux opérés dans les caveaux de la Cité de

(*) *Supplementary Report on the practice of interment in towns* (1843), et *Report on a general scheme for extramural sepulture* (1850.)

Londres (Note h). Ces dispositions adoptées en totalité ou en partie dans les diverses églises, selon la gravité des cas, sont les suivantes :

1° Blanchir de temps en temps à la chaux toutes les parties accessibles du caveau ;

2° Disposer régulièrement les cercueils de manière à en prévenir l'écrasement, et les recouvrir d'un lit de charbon de bois de 8 à 10 centimètres d'épaisseur ;

3° Mettre en communication tous les caveaux de la même église, et placer aux deux extrémités un tube métallique débouchant au-dessus de la toiture, de manière à produire une circulation d'air continue.

Plusieurs districts de la métropole appliquent l'ensemble de ces mesures. Les autres villes du royaume, où, sauf de rares exceptions, les inconvénients ont toujours été moins sensibles, se bornent le plus souvent à blanchir à la chaux ou seulement à aérer par des ouvertures latérales: moyen incommode pour le voisinage.

Les sépulcres privés, bâtis dans les cimetières, peuvent offrir à un degré moindre les inconvénients des caveaux d'églises. L'aérage suffit généralement pour prévenir l'infection de leur atmosphère.

Caves d'habitation. — L'air des caves est susceptible de se corrompre, surtout quand sous leur sol s'étendent des fosses d'aisance ou des canaux d'égout en mauvais état. Cette situation mérite d'autant plus l'attention en Angleterre, que certaines caves ou sous-sols servent encore de demeures aux familles de la classe pauvre. Les pouvoirs publics s'en sont préoccupés, et ce genre d'habitations n'est plus toléré que sous certaines conditions de salubrité d'après lesquelles, notamment, le local doit être pourvu d'une ouverture d'au moins 2/5 de mètre carré, recevant directement l'air du dehors, et être parfaitement préservé des exhalaisons de tout égout, tuyaux, etc. En outre les

inspecteurs sanitaires, qui à divers titres ont le droit de visiter ces appartements, prescrivent diverses mesures de circonstance, parmi lesquelles figurent en première ligne le blanchiment périodique à la chaux, et, dans quelques cas, les fumigations de chlore. Mais ces précautions ne sont pas toujours observées, et les rapports officiels révèlent tous les ans des exemples de résidence dans des conditions déplorables.

Abattoirs, étables, écuries, etc. — La difficulté de ventiler convenablement ces établissements au milieu des villes, et surtout la grande quantité de gaz qui s'y développent, les placent plus ou moins dans le cas des locaux à atmosphère limitée. Les moyens généraux d'assainissement sont à peu près les mêmes partout, et on les trouve plus ou moins indiqués dans les règlements édictés par les autorités locales. Nous reproduisons à la Note i, à titre de spécimens, les dispositions qui régissent actuellement les abattoirs de la Cité et les vacheries de Whitechapel; ce sont celles qui nous ont paru les plus complètes, quoique s'écartant peu d'ailleurs des règlements analogues des autres villes du royaume.

En fait de procédés chimiques, venant en aide aux précédents, ce que nous avons vu de plus saillant est l'emploi de la poudre dite de Mac Dougall, du nom du chimiste qui la livre à l'industrie. C'est un mélange de carbolate de chaux et de sulfite de magnésie, dont les propriétés antiseptiques et désinfectantes ont été particulièrement étudiées par le Dr A. Smith. Nous avons visité, en compagnie de M. Mac Dougall, les écuries de M. Murray, à Manchester, qui a l'honneur de fournir S. M. l'Empereur des Français. Indépendamment des soins de propreté dont les chevaux y sont l'objet, comme dans toutes les bonnes maisons anglaises, on a l'habitude de saupoudrer chaque matin le sol des écuries avec le composé Mac Dougall, à la dose de

70 grammes par stalle. C'est une dépense de 6',50 par cheval et par an, la poudre se vendant couramment 250 francs la tonne. Moyennant cette précaution, les fumiers sont préservés de toute décomposition spontanée et il ne règne pas la moindre odeur dans les locaux. Afin de vérifier si cet état de choses ne tenait pas au rapide enlèvement de la litière, nous avons examiné les fumiers entreposés dans les fosses extérieures. Une perche en bois, enfoncée au milieu d'un tas, à 50 centimètres de profondeur, et laissée pendant cinq minutes, s'imprégnait d'un liquide absolument inodore. Nous avons également fait agiter la fosse aux urines, sans percevoir aucune trace d'émanations. Ajoutons, comme étant en corrélation avec l'absence de dégagements, que ces fumiers sont plus appréciés des consommateurs et se vendent 10 à 12 p. 100 de plus que les autres. Dans ces dernières années les applications se sont multipliées. La Compagnie générale des omnibus de Londres, après des essais suivis, a décidé en 1859 l'emploi de la poudre Mac Dougall dans toutes ses écuries. Même mesure a été prise dans quelques régiments de cavalerie de la reine, dans diverses étables, vacheries, etc. Enfin récemment un rapport de MM. Grainger et Holland, deux autorités sanitaires du département des pompes funèbres, concluait à ce que l'usage de ce désinfectant fût étendu aux inhumations, etc. Ce réactif ou d'autres analogues, de prix modérés, paraissent appelés à rendre des services pour prévenir l'infection des atmosphères limitées. Sous ce rapport les pratiques anglaises sont en progrès sur les nôtres.

IV. INFECTION DES EAUX.

Il y a deux grandes causes d'infection des eaux : les résidus des fabriques et les immondices des villes. Ces deux causes confondent souvent leurs effets : car les établissements industriels, situés dans l'aire drainée des villes, déchargent ordinairement leurs résidus aux égouts, en sorte que les eaux sales de ces derniers contiennent à la fois les deux natures de produits.

La multiplication des manufactures, d'une part, et d'autre part, l'extension donnée au drainage urbain ont tellement généralisé cette infection que les rapporteurs officiels de l'enquête de 1861 n'ont pas hésité à la proclamer un *mal national*. Il est certain qu'aujourd'hui, dans les districts populeux ou industriels de l'Angleterre, il n'y a pour ainsi dire pas un cours d'eau qui puisse être convenablement utilisé pour l'alimentation des habitants. Le poisson a disparu de la plupart d'entre eux, et leurs bancs recouverts de matières putrescibles deviennent aux basses eaux des foyers de corruption. La Mersey à Stockport, le Croal à Bolton, le Medlock et l'Irwell à Manchester, la Tame à Birmingham, le Don à Sheffield, l'Aire à Leeds, etc., ressemblent beaucoup plus à de larges égouts qu'à des cours d'eau naturels. Des rivières plus importantes comme la Tyne, la Clyde, l'Humber, la Tamise même, sans être aussi infectées que les précédentes, sont néanmoins assez souillées, soit directement soit par leurs tributaires, pour être à peu près dépourvues de poisson et se prêter mal aux usages domestiques. Aussi les villes de quelque importance, renonçant à améliorer artificiellement des eaux aussi impures, ont trouvé plus économique de s'approvisionner à de grandes distances. C'est ainsi que Liverpool amène ses eaux potables de 40 kilomètres, Manchester de 22, Sheffield de 12, Leeds de 15, que Glasgow a mis à contribution le lac Ka-

trine, que Londres a reporté ses prises dans la Tamise à Hampton-Court (*), etc. Il est telle localité de 20.000 âmes à peine, comme Middlesbro'-on-Tees (Yorkshire) qui n'a pas craint de s'alimenter à plus de 20 kilomètres. Enfin, diverses petites villes, Rugby, Ottery-S^t-Mary, Paisley, Ayr, Kilmarnock, appliquant les nouvelles théories de la Réforme sanitaire, ont récolté les eaux pluviales des sols environnants, sableux autant que possible, au moyen d'un système complet de drainage souterrain. Nous citons ces détails pour montrer que jusqu'à ces derniers temps, la question de l'infection des eaux a été complètement négligée et qu'on a beaucoup plus cherché à se passer des eaux impures qu'à les purifier.

Cet état de choses tient en grande partie à la législation qui n'a établi aucune protection générale des cours d'eau et n'a constitué aucun pouvoir pour l'exercer. Quant aux droits des particuliers et aux attributions ou devoirs des autorités locales, ils paraissent si vaguement définis que les actions judiciaires ont été l'objet de solutions contradictoires. Les commissaires de l'enquête de 1861 reconnaissent que, sauf des exceptions très-limitées, à Bradford, Rochdale, Bolton et quelques autres localités moindres, aucune sorte de surveillance sur les rivières et ruisseaux n'a été pratiquée dans le royaume.

La grandeur du mal a fait sentir la nécessité du remède. Les procédés d'assainissement appliqués ou en voie d'expérience sont de deux sortes : les uns, partiels, s'adressent exclusivement à certains produits déterminés ; les autres, généraux, s'adressent à toutes les sources d'impuretés, en entreprenant la désinfection des liquides d'égout. Les uns et les autres sont, comme on voit, *préventifs*, en ce sens

(*) On sait que pour la Tamise les prises d'eau potable ont dû être reportées en 1855 en amont de Londres, les procédés d'épuration étant devenus insuffisants pour en combattre l'insalubrité.

qu'ils ont pour but d'empêcher les matières corruptrices de pénétrer dans les cours d'eau. Quant à la purification des cours d'eau eux-mêmes, une fois souillés, nous n'en connaissons qu'un seul exemple dans toute l'Angleterre : celui de la rivière Medlock : encore même l'opération n'a-t-elle été en vigueur que passagèrement et est-elle abandonnée aujourd'hui (*). Nous ne parlons pas, bien entendu, des dépôts et filtrations auxquels on soumet les eaux potables, comme dans tous les pays.

1^o Moyens partiels.

Les moyens partiels sont peu importants. Il n'en a été fait usage que dans un nombre de cas restreint, quand on a pu trouver avantage à utiliser les produits perdus, ou quand il a fallu prévenir les actions civiles de personnes ayant des droits sur le cours d'eau et directement lésées par son infection. Nous les examinerons brièvement.

Résidus des fabriques de soude. — C'est une des industries dont on s'est plaint le plus vivement. Plusieurs fabriques, à Newcastle, dans le Lancashire, à Birmingham, etc., évacuent directement aux rivières ou même aux canaux de navigation de fortes quantités d'acide muriatique dont elles n'ont pas le débouché. Toutefois le nombre en diminue chaque jour par suite de l'extension croissante du chlorure de chaux et des carbonates alcalins. On a renoncé d'ailleurs, à cause des frais, à neutraliser l'acide par le calcaire, quand on n'utilise pas l'acide carbonique.

Les liquides sulfureux abandonnés par les résidus des marcs de soude sont une autre cause d'infection. On a essayé, sans succès commercial, plusieurs méthodes d'extraction du soufre. L'une d'elles, pratiquée par M. Gossage sur

(*) Ce n'est pas en effet au même point de vue que la Compagnie Plunstead, à Londres, adoucit, par une addition de chaux, les eaux fortement calcaires.

des quantités assez considérables, consistait à déplacer le soufre par un courant d'acide carbonique. On faisait disparaître ainsi les deux sources d'infection puisque l'acide muriatique perdu était employé à cette réaction. On se borne aujourd'hui à tasser ces résidus assez fortement pour les rendre à peu près impénétrables à l'action de l'air. Dans plusieurs usines on les dispose en remblais de chemin de fer. Dans la fabrique de la compagnie Jarrow à Shields, favorisée par sa position géographique, on a une manière radicale : chaque jour les résidus sont chargés dans un bateau qui les porte à 2 kilomètres en mer.

Aux fabriques de soude se rattache la fabrication du chlorure de chaux, et, par suite, l'évacuation du chlorure acide de manganèse. Le seul procédé qu'on puisse signaler comme atténuant le mal est la révification du manganèse, pratiquée à l'usine de M. Tennant.

Teintureries et impressions sur étoffes. — Quelques teinturiers des environs de Manchester ont été forcés, en conséquence d'actions civiles, de détruire leurs matières colorantes avant de lâcher les liquides. Ils ajoutent un lait de chaux, laissent déposer dans un réservoir et filtrent ensuite à travers une couche de gravier. Cette pratique, très-limitée, est en vigueur chez MM. Turner, Norris et Turner, à Hayfield. Mais il ne paraît pas que la séparation des couleurs soit effectuée avec assez de soin, car ces industriels sont de nouveau en procès.

Papeteries. — Trois ou quatre fabriques, placées dans des conditions particulières, font déposer dans des réservoirs les eaux de lessivage des chiffons et les eaux de lavage provenant du collage du papier. La purification est très-incomplète.

Brasseries et distilleries. — Les grains épuisés sont retenus sur des filtres, à travers lesquels les liquides s'écoulent aux rivières ou aux égouts. Quelques établissements ont suivi l'exemple de M. Harvey, à Glasgow, qui utilise ces

liquides pour les irrigations, en les mélangeant avec les eaux de fumier de son immense vacherie.

Lavage des laines. — On s'est beaucoup occupé dans le Yorkshire, il y a quelques années, d'extraire les matières grasses des eaux de lavage des laines. Ces opérations conduites surtout à Bradford, sont en partie tombées en désuétude, par suite du peu de profit que les fabricants en tiraient. M. Mac Dougall a pris patente pour une méthode d'extraction nouvelle, qu'il applique sur une assez grande échelle. M. Thomas Steele, imprimeur sur étoffes à Manchester, s'occupe également de retirer les acides gras des eaux de sa fabrique.

Rouissage du chanvre. — Cette source d'infection est à peu près nulle dans l'Angleterre proprement dite, qui ne produit qu'une très-faible quantité de matières textiles dans les environs de Salby (Yorkshire). Toute la consommation vient de l'étranger et de l'Irlande. Dans ce dernier pays, on applique sur divers points les procédés perfectionnés de Schenk, qui préviennent l'insalubrité du rouissage ordinaire. Mais dans les endroits fort nombreux où la méthode ancienne est encore en vigueur, on ne paraît nullement préoccupé de l'infection des cours d'eau et de ses conséquences sur la santé publique. On se borne à écarter de l'alimentation des hommes ou des animaux les eaux où le lin a roui, ce que permet toujours l'abondance des sources de la contrée. Moyennant cette précaution les habitants sont à l'abri des fièvres que la putréfaction des matières engendre dans d'autres pays (*).

(*) La Société de chimie et d'agriculture de l'Ulster, province où est concentrée la culture du lin de l'Irlande, a bien voulu, à notre demande, s'occuper de l'influence du rouissage sur la santé publique. Son secrétaire, le D^r Hodges, qui fait autorité en ces matières, s'est exprimé de la manière suivante, dans la séance du 5 juin 1863 :

« Il (le D^r Hodges) n'a point entendu dire qu'aucun effet nui-

Matières fécales. — Les matières provenant des cabinets d'aisance, jouant un grand rôle dans l'infection des égouts et par suite dans celle des cours d'eau, on a proposé de les recueillir à part sans les laisser pénétrer dans les conduites souterraines. Il ne pouvait être question, dans ce système préventif, de revenir aux anciennes fosses d'aisance ; car sur ce point l'opinion publique en Angleterre a prononcé un arrêt définitif, dont la commission d'enquête de 1857 s'est faite l'organe officiel (*). De là plusieurs procédés tendant à la désinfection directe et immédiate des matières fécales dans les maisons. L'un des principaux est celui du docteur John Lloyd, dont la patente est actuellement exploitée à Manchester par la *Sanitary and town sewage manure Company*. Il est fondé sur le principe que la putréfaction est beaucoup diminuée quand les parties liquides et solides sont préservées du contact les unes des autres. En conséquence, le réceptacle placé sous le siège des cabinets est divisé en deux compartiments disposés de telle sorte que l'un d'eux reçoit exclusivement les matières solides, tandis que l'autre

« sible à la santé ait été observé dans les provinces où le lin est pré-
« paré par grandes quantités. En France et spécialement en Italie,
« les exhalaisons des fosses dans lesquelles le chanvre est soumis
« à la fermentation, ont été regardées comme une cause de ma-
« ladie ; mais sous ce climat (celui de l'Irlande), même dans les dis-
« tricts marécageux, les fièvres et autres maladies semblables sont
« actuellement presque inconnues ».

(*) Cette commission, instituée par la reine aux fins de recher-
cher les meilleurs moyens d'utiliser les liquides d'égout, compren-
nait les hommes les plus compétents d'Angleterre : Lord Essex, sir
Henry Ker Seymer, Robert Rawlinson, Thomas Way, J. B. Lawes,
S. Smith, John Simon et Henry Austin. Voici comment elle s'ex-
prime dans son rapport de 1858 :

« Pratiquement, toutefois, il n'importe pas qu'on trouve ou non
« matière à discuter sur l'opportunité de l'abolition des fosses, et
« l'envoi de leur contenu aux égouts publics. Le sujet a été telle-
« ment épuisé, et la vérité des principes susénoncés est si généra-
« lement connue et admise par le public, que l'idée de revenir aux
« fosses et aux maux qu'elles entraînent est hors de la question. »

reçoit les liquides. Ces substances sont chacune de leur côté désinfectées et desséchées par un mélange de cendres et de chaux. Des chariots envoyés à jours fixes par la Compagnie emportent les boîtes pleines et les remplacent, séance tenante, par des boîtes propres. Le service se fait gratuitement contre l'abandon des matières, qui sont vendues à l'agriculture. Chaque boîte peut servir pendant huit jours au moins sans être vidée. Celles que nous avons vues étaient, quoique pleines, parfaitement privées d'odeur. Néanmoins nous avons peine à croire que ce système n'entraîne pas d'inconvénients et nous doutons que l'avenir lui appartienne. Afin de remédier aux émanations qui peuvent se produire au moment même où les matières tombent dans le réceptacle, ainsi qu'au désagrément du service des boîtes, la Compagnie établit aussi des appareils mécaniques, manœuvrés à la main, au moyen desquels on précipite au fur et à mesure les substances désinfectées dans une conduite qui débouche à un réceptacle extérieur convenablement disposé.

2° Moyens généraux.

Les moyens généraux commencent à jouer un très-grand rôle. L'attention publique est en ce moment portée sur eux, et la Chambre des communes a ouvert un grand débat, dont deux rapports, d'avril et de juillet 1862, marquent les premières étapes. La question est loin toutefois d'être épuisée : le second rapport conclut à ce que les pouvoirs locaux soient élargis, ce qui conduira vraisemblablement à quelque autre enquête où les moyens techniques seront de nouveau examinés. Mais dès aujourd'hui un point de vue nouveau et remarquable semble définitivement acquis à l'assainissement, c'est que la désinfection des eaux d'égout doit s'effectuer *par* et *pour* l'agriculture. Nous aurons à indiquer quelques-unes des plus brillantes tentatives faites

dans cette voie. Mais auparavant, nous signalerons les procédés exclusivement chimiques qui représentent en quelque sorte l'ancien système.

Procédés chimiques. — La ville de Londres en offre le principal exemple. On sait que les nouveaux émissaires ne sont pas encore terminés, et que les liquides d'égout continuent à souiller la Tamise au sein de la métropole. L'acte qui a fixé au 31 décembre 1863 la date d'achèvement de ces travaux a prescrit en même temps une purification provisoire, de manière à parer aussi bien que possible aux nécessités du moment (*). En conséquence, dès le mois de juin 1858, on s'occupa de la désinfection, qui marcha très-activement l'année suivante. Elle absorba 4.281 tonnes de chaux, 478 tonnes de chlorure de chaux et 56 tonnes d'acide carbolique, d'une valeur totale de près de 450.000 fr. En 1860, à la suite des expériences officielles des D^{rs} Hofmann et Frankland, le perchlore de fer fut substitué à tous les autres réactifs, comme ayant été reconnu le meilleur, à dépense égale. Toutefois l'emploi en fut différé, la basse température de l'été ayant rendu tout désinfectant inutile. En 1861 et 1862, les opérations furent reprises, mais sur une moindre échelle. Le procédé consiste à répandre les réactifs dans l'intérieur même des égouts, de manière que le mélange soit aussi complet que possible avant l'arrivée au point de décharge. Mais ce système, commandé à Londres par des circonstances transitoires, est éminemment défectueux en son principe, car il ne produit qu'une purification momentanée, ainsi que le constatent les

(*) « Le conseil métropolitain des travaux, en attendant que les ouvrages requis par le présent acte pour la purification de la Tamise soient terminés, est autorisé à faire tels travaux et appliquer tels moyens qu'il jugera convenables pour désinfecter le liquide d'égout... Et il fera en sorte, en désinfectant ces liquides ou en en disposant, de ne donner lieu à aucune incommodité » (art. 23 et 24 de l'amendment act, 1858). »

expériences des deux mêmes savants. La séparation des matières solides en suspension serait absolument nécessaire; mais, d'un autre côté, l'enlèvement de ces matières, quand l'agriculture ne les consomme pas sur place, offre de sérieuses difficultés dans le voisinage des villes (Note k).

Procédés mixtes. — Les procédés suivants forment en quelque sorte une transition entre l'ancienne et la nouvelle école. Ils consistent à séparer, par des moyens variés, une portion des substances infectantes que contiennent les eaux d'égout et à les utiliser comme engrais pour l'agriculture.

A Birmingham, les matières solides seules sont isolées mécaniquement, et leur application aux champs est éventuelle. L'installation, d'ailleurs très-soignée en son genre, a coûté à la municipalité des sommes considérables. Les émissaires, au nombre de deux, débouchent à Saltley, près du confluent de la Rea et de la Tame (Pl. IV, fig. 1 à 5). Les liquides, d'un volume journalier minimum de 55.000 m. c., sont introduits à l'extrémité d'un bassin d'environ 100 mètres de long, 30 de large et 2^m,10 de profondeur, divisé en trois compartiments. Les deux premiers sont de simples réservoirs de dépôt; le troisième comprend, en outre, un filtre *per ascensum* d'une surface de 450 mètres carrés, formé d'une grille en fer qui supporte 7 à 8 centimètres de gros gravier et 22 centimètres de gravier fin. Après avoir parcouru successivement les trois compartiments et traversé le filtre de bas en haut, les eaux clarifiées s'épanchent dans une rigole latérale qui les amène dans la rivière. Le troisième compartiment comprend aussi un filtre *per descensum* marchant concurremment avec l'autre; mais on a renoncé à s'en servir, parce que les dépôts fins et limoneux de Birmingham sont si obstructifs qu'une couche d'un demi-millimètre d'épaisseur suffisait à les mettre hors d'usage. Le filtre *per ascensum* lui-même n'est pas complètement exempt de ces inconvénients; aussi dans le second système

d'épurateurs qu'on termine en ce moment, pour alterner avec le précédent et prévenir ainsi toute interruption de service, on s'est borné aux bassins de dépôt et on a écarté la filtration. Les matières solides séparées des eaux chaque jour atteignent au plus bas le chiffre de 60 tonnes. Jusqu'à ces derniers temps, elles ont constitué un embarras au lieu d'un profit; on les entrepose sur les terres voisines pour les dessécher, et on les donne à qui veut bien les prendre. Peu à peu cependant le goût des agriculteurs se forme. Les premiers qui s'en sont servis s'en étant bien trouvés, la demande devient plus générale; et M. Till, l'ingénieur de la ville, ne désespère pas, dans un avenir rapproché, de les vendre de 2 à 2^f,50 la tonne. La municipalité nourrit même un autre projet qui compléterait la purification, et que la topographie des lieux rend facile à réaliser. Il s'agirait de profiter des 2 mètres de chute dont on jouit au-dessus de la Tame, pour conduire les eaux clarifiées aux fermes voisines.

Un pas de plus dans l'assainissement est marqué par l'introduction d'un ingrédient chimique, qui permet d'arrêter, en sus des matières en suspension, une partie des substances dissoutes qui, à Birmingham, continuent à souiller la rivière. Mais si la salubrité y trouve son compte, l'économie ne paraît pas y trouver le sien; car les principales villes qui suivaient ces pratiques les ont successivement abandonnées (*), soit que ce nouveau degré dans la purification ait été jugé moins nécessaire, soit que les résultats sanitaires

(*) C'est ainsi qu'à Leicester, la Compagnie Wicksteed, dont on admirait justement l'installation mécanique, a éprouvé un échec commercial complet et a discontinué ses opérations depuis 1860. Il faut dire qu'elle était grevée d'une forte dépense, étrangère à la désinfection, qui avait pour objet de relever à la vapeur le niveau des liquides, insuffisant pour la décharge à la rivière. Quant à la purification proprement dite, partant sur 12.000 mètres cubes par jour, elle ne coûtait, d'après les comptes de M. Wicksteed, que 14.000 francs par an.

A Tottenham, où l'on avait fait de très-grands travaux pour fa-

obtenus n'aient pas paru en rapport avec les dépenses, soit enfin que les déceptions de spéculateurs trop enthousiastes aient jeté de la défaveur sur la valeur intrinsèque du système. Bref ces opérations ne se poursuivent aujourd'hui que dans des localités tout à fait secondaires.

Cheltenham en offre une des plus complètes applications (Pl. IV, fig. 6 à 8). Les liquides débouchent par une extrémité et se répandent dans deux bassins qui renferment chacun un filtre vertical. Chaque filtre se présente comme une caisse carrée, de 3^m,50 de côté, à doubles parois perforées entre lesquelles est contenue une tranche de gros gravier de 1^m,50 de hauteur et de 0^m,60 d'épaisseur. Les eaux qui, à travers le gravier, se rassemblent dans la partie centrale de la caisse, sont emmenées par un tuyau dans un troisième bassin où s'opère le traitement au lait de chaux. Les liquides traversent ensuite un dernier filtre vertical formé de deux couches de gros et de fin gravier, et s'écoulent dans la rivière. Les matières les plus lourdes se déposent au fond des deux premiers bassins, tandis que les plus légères forment à la surface une épaisse couche floconneuse. Dans le troisième, il se forme encore des résidus floconneux par suite de la combinaison avec la chaux. Quand les appareils sont obstrués, ce qui arrive moyennement au bout de deux mois, on procède au récurage. Les matières extraites dans un état semi-fluide sont mélangées avec des boues sèches, des cendres, des balayures, etc., et le magma ainsi obtenu est livré à l'agriculture au prix non rémunérateur de 5^l,40 le mètre cube. La ville ne s'en applaudit pas moins d'une opération qui la débarrasse à peu de frais de la totalité de ses immondices.

C'est à cette catégorie d'opérations que se rattache la purification de la rivière Medlock, entreprise en 1856 sous

briquer, sous la patente Higgs, un engrais d'égout desséché, l'insuccès n'a pas été moindre. Toute l'installation a été revendue à la ville pour le dixième du prix qu'elle avait coûté.

la direction des D^{rs} A. Smith et Grace Calvert, et bientôt discontinuée par suite de l'indifférence des habitants (*).

Procédés agricoles.—L'objection qu'on peut faire à toutes les opérations qui précèdent, c'est d'être incomplètes ou de laisser subsister dans les liquides perdus une partie des éléments susceptibles de putréfaction. De là un troisième système qui, par le nombre et l'importance des essais, occupe aujourd'hui la première place en Angleterre.

Les procédés agricoles dérivent du principe qui inspirait à M. Henry Austin ces belles paroles : « Les lois de la « Nature ne souffrent point de halte. Le simple éloignement « des matières en décomposition n'est qu'un expédient. Le « grand cercle de la vie, de la mort et de la reproduction « doit être fermé; et tant que les éléments de la repro- « duction ne seront pas employés pour le bien, ils travail- « leront pour le mal (**). »

Ici donc il s'agit de compléter la purification, en utilisant la totalité des matières, soit solides, soit liquides, pour les besoins de l'agriculture, et spécialement sous forme d'irrigations. L'expérience a montré que les prairies peuvent, en tout temps, absorber de grandes quantités d'eau d'égout, dont la température douce et les éléments fécon-

(*) Les eaux étaient arrêtées dans des bassins où s'effectuait le mélange avec la chaux, sous l'influence d'agitateurs mécaniques. Les premières expériences, portant sur 4.000 mètres cubes, démontrèrent que l'addition d'un peu plus de 1/10.000 de chaux était suffisante pour clarifier ces eaux, très-chargées, comme on sait, des résidus des fabriques d'une moitié de Manchester. On reconnut ensuite que la chaux n'était pas épuisée par une première réaction, mais qu'on pouvait faire agir le précipité sur de nouvelles quantités d'eau impure, ce qui permit de réduire la consommation à 1/50.000 de chaux. Les eaux, bien que très-claires, conservaient une légère odeur, ou, du moins, la reprenaient au bout de quelque temps. On la combattit par l'addition d'une dose de poudre Mac Dougall égale aux 3 centièmes de la chaux employée.

(**) *Report on the means of deodorizing and utilizing the sewage of towns, 1857.*

dants favorisent à un haut degré la végétation. On a, en certains cas, poussé avec profit cette consommation jusqu'à 20.000 mètres cubes par hectare et par an, quoique un chiffre moitié moindre semble en général préférable. La double action du sol et des plantes dépouillent les liquides de leurs éléments corrupteurs, et les eaux parviennent aux rivières dans un état à peu près naturel. On avait craint un instant que dans les centres manufacturiers les résidus des fabriques ne fussent nuisibles aux végétaux; mais l'opinion des chimistes compétents, J. T. Way, A. Smith, Hofmann, Franckland, Lawes, etc., en même temps que les expériences agricoles accomplies sur divers points, notamment à Birmingham, ont complètement rassuré les esprits. Ces résidus se neutralisent en partie les uns par les autres et arrivent d'ailleurs sur les champs dans un tel état de dilution que les effets en sont insensibles.

L'exemple le plus ancien et le plus remarquable est celui d'Édimbourg. Chacun a pu admirer les *Craigintinny meadows* de M. Miller, comprenant 130 hectares de prairies magnifiques, arrosées en toute saison par les eaux d'égout d'une moitié de la ville. Le liquide est amené à ciel ouvert : sur un peu plus de 100 hectares il se distribue naturellement, sous l'action de la gravité; sur 28 hectares il est remonté par une machine à la hauteur de 5^m,50. L'inclinaison du sol est supérieure à 1 p. 100. Pendant l'été l'irrigation marche nuit et jour; pendant les nuits d'hiver, ainsi que pendant les fortes pluies, les eaux vont directement se perdre à la mer. L'arrosage revient sur les mêmes terres environ tous les mois. On estime que la quantité annuelle reçue est de 20.000 mètres cubes par hectare. Le sous-sol est de nature très-variable, partie argileux, partie sableux, partie entre les deux. Une vingtaine d'hectares à sous sol de sable sont les plus productifs; tout le reste est drainé dans les conditions ordinaires de l'agriculture. Aucune autre sorte d'engrais n'est employé. Le nombre de coupes de foin

est de trois ou quatre, selon les circonstances. Enfin ces prairies, découpées par petits lots, sont affermées en moyenne au prix, qui paraîtrait incroyable s'il n'était attesté par le propriétaire lui-même, de 1.100 fr. par hectare. On a eu même une ou deux locations exceptionnelles de 2.000 fr.

Deux objections peuvent être faites à ce système au point de vue sanitaire :

1° Dans le parcours des liquides à ciel ouvert, entre l'extrémité de l'égout et les prairies, sur environ 2 kilomètres, il se produit des odeurs désagréables; pendant l'été surtout es berges du fossé et des rigoles se chargent de matières en putréfaction;

2° Les eaux quittent les prairies, encore très-riches en matières fertilisantes; si donc elles se déchargeaient dans un ruisseau, au lieu d'aller à la mer, elles seraient une cause d'infection. Cette dernière objection est dans la plupart des cas très-facile à lever, car il suffit d'augmenter la surface irriguée. Quant à la première, elle est beaucoup plus délicate, car si l'on emploie des conduites couvertes on tombe dans le risque de fréquentes obstructions. De là plusieurs moyens mis en avant pour y parer : séparation des matières solides à la sortie de l'égout; refoulement à la machine des liquides dans des tuyaux; introduction d'un agent chimique pour prévenir la putréfaction.

Le premier de ces trois moyens est prévu à Birmingham. La séparation mécanique y serait continuée comme aujourd'hui, et les liquides amenés aux champs par des tuyaux ou à ciel ouvert. A Croydon une filtration sommaire retient les parties solides, et les eaux clarifiées sont distribuées sur près de 100 hectares. Cette surface est beaucoup trop grande, car chaque hectare ne reçoit que 5 à 6 mille mètres cubes. La ville de Rugby, devenue célèbre par les expériences dont elle a été le théâtre, offre une application trop perfectionnée du second moyen. Les eaux sont reçues dans

un bassin, où un mécanisme entretient une agitation perpétuelle. Une pompe à vapeur les refoule dans un système de tuyaux, dont le plus haut est à 18 mètres au-dessus du réservoir. L'engrais liquide est distribué à la lance sur une étendue de 180 hectares.

Le troisième moyen est en vigueur à Carlisle, sous la direction de M. Mac-Dougall, qui a trouvé là une occasion naturelle de populariser son désinfectant. Au moment de déboucher dans la rivière Edem, les eaux sont reprises par une pompe qui les envoie dans des cuves, à 5^m,50 de hauteur. Là des agitateurs mécaniques les mélangent avec une proportion de chaux et d'acide carbolique, à raison de 15 kilogrammes par jour. Un ensemble de canaux les distribue à 60 hectares de prairies, sur lesquelles vivent un millier de moutons. Il n'y a pas d'odeur sensible, mais il est juste de dire que le liquide non désinfecté en a lui-même fort peu, grâce à la rapidité avec laquelle il arrive du fond des maisons.

Un grand nombre de localités secondaires poursuivent des opérations semblables. Des agriculteurs distingués, appartenant au premier rang de l'aristocratie, utilisent en arrosages, tantôt sur des prairies, tantôt sur des champs, les résidus des villes placées sur leurs domaines. Les résultats, toujours satisfaisants pour la désinfection, le sont généralement au point de vue financier : et là où ils ne le sont pas, comme à Rugby, on s'accorde à l'attribuer à des erreurs faciles à éviter, telles que des installations trop grandioses ou une trop grande superficie livrée à l'arrosage.

En résumé les Anglais mettent aujourd'hui hors de doute que la meilleure manière de désinfecter les eaux d'égout, c'est de les répandre sur les terres cultivées et spécialement sur les prairies. Quand les résidus proviennent de villes importantes, il convient, vu la décomposition assez avancée des matières, de faire circuler à couvert jusqu'au dernier

moment, c'est-à-dire, jusqu'au point où commence l'irrigation. Afin de prévenir l'obstruction des canaux, il est bon et même souvent nécessaire d'opérer par des moyens mécaniques la séparation des matières solides en suspension. Quant à l'addition de désinfectants chimiques, on ne doit y recourir qu'à la dernière extrémité, parce qu'ils ont le défaut de diminuer le pouvoir fertilisant, soit en dégageant des éléments volatiles, soit en les mettant sous une forme où ils sont moins facilement assimilables. Un hectare de prairies peut absorber avantageusement 10.000 mètres cubes d'eau d'égout, y compris les parties solides (*). Le drainage souterrain augmente beaucoup le pouvoir désinfectant du sol et forme le complément indiqué d'une bonne irrigation.

V. INFECTION DES SOLS.

Les sols peuvent être infectés par des causes variées :

Par les infiltrations des eaux sales répandues à la surface ;

Par celles des fosses d'aisance et autres dépôts d'ordures ;

Par celles des fosses d'inhumation ;

Par les fuites de gaz de l'éclairage ;

Et d'une manière générale, par une foule de substances organiques, d'origines diverses, qui se décomposent loin d'une quantité suffisante d'oxygène.

Cette infection réagit à son tour sur l'atmosphère et sur

(*) Cette proportion ainsi que le pouvoir fertilisant varient naturellement beaucoup, selon que les maisons déchargent plus ou moins leurs immondices aux égouts. Les avis sont d'ailleurs très-partagés en Angleterre sur la valeur commerciale des eaux d'égouts comparées aux autres engrais. Les estimations qui se sont fait jour dans l'enquête de 1862 varient depuis zéro jusqu'à 50 centimes le mètre cube. En tenant compte des circonstances locales qui ont influencé les évaluations, et supposant une ville convenablement drainée, l'eau d'égout, rendue au lieu d'arrosage, paraît être cotée à 20 centimes le mètre cube.

les eaux potables souterraines et devient ainsi doublement nuisible à la santé publique. Elle est, en outre, accompagnée généralement d'une humidité, qui, indépendamment des mauvaises odeurs, constitue par elle-même une cause grave d'insalubrité. Ces effets ont surtout été sensibles en Angleterre, où des circonstances tenant aux mœurs du pays ou aux conditions climatiques devaient les développer avec plus d'énergie. Ce que nous avons déjà dit des cimetières montre quelle source d'infection ils ont été et continuent à être pour le sol. Les fosses d'aisance et autres dépôts d'ordures domestiques sont pires encore. Le défaut de soin dans la construction des parois, très-rarement étanches, les retards apportés au curage, et enfin la trop fréquente habitude d'abandonner les fosses pleines pour en ouvrir de nouvelles (*), ont laissé un libre cours aux infiltrations. Les enquêtes faites à la suite des épidémies cholériques de 1849 et 1854, ont révélé à cet égard des faits qui peuvent paraître incroyables. On a trouvé à Londres, dans des maisons habitées par la classe pauvre, des appartements dont les planchers recouvraient des nappes d'immondices débordant des fosses voisines. A Manchester, à Liverpool et dans d'autres cités, on signale encore aujourd'hui des infiltrations de fosses ouvertes (middens), s'étendant à travers les arrières-cours jusque sous les maisons. Quant à l'humidité du sol, déjà très-grande par suite de la nature du climat et du niveau de la nappe souterraine, elle est accrue par les vastes surfaces consacrées aux jardins, squares, parcs, etc., ainsi

(*) On se rappelle l'incident qui marqua les premiers travaux du General Board of Health à Londres. Les employés des bureaux étaient sujets à de fréquents malaises dont on ne pouvait deviner la cause, lorsqu'un jour des odeurs singulières s'étant fait sentir avec beaucoup de force, on eut l'idée de fouiller les fondations du bâtiment. Quelle ne fut pas la surprise de trouver deux grandes fosses d'aisance depuis longtemps abandonnées, et encore pleines de matières en putréfaction!

que par quelques causes secondaires telles que l'intermittence de la distribution des eaux potables (*).

Telle est la situation complexe à laquelle on a entrepris de remédier par le *drainage*.

Sous ce mot générique on comprend deux opérations distinctes :

1° Celle qui a pour objet d'évacuer les liquides impurs et les matières solides susceptibles d'être entraînées par les eaux.

2° Celle qui consiste à faire écouler les eaux ordinaires des surfaces découvertes et à débarrasser le sous-sol de l'excès d'humidité due aux sources naturelles et aux infiltrations des eaux pluviales.

C'est ce que les Anglais distinguent souvent par les dénominations de drainage imperméable et de drainage perméable, parce que l'un d'eux nécessite des tuyaux étanches, tandis que l'autre se pratique avec des conduites pénétrables, pareilles à celles de l'agriculture. La seconde de ces opérations, bien qu'étrangère au premier abord à l'infection du sol, n'en a pas moins une très-grande influence sur elle, car elle favorise dans le sein de la terre une aération active qui fournit aux matières infectantes l'oxygène nécessaire pour les brûler.

1° *Drainage des eaux sales et des matières impures.*

Ce drainage comprend le système des canaux aboutissant des maisons aux égouts publics, et ces égouts eux-mêmes avec leurs grands collecteurs et leurs émissaires. Les matières qu'ils reçoivent sont, d'une part, celles qui proviennent de l'intérieur des habitations ou des établissements

(*) On sait que cette intermittence a pour résultat de répandre beaucoup d'eau hors des citernes dans les maisons qui n'épuisent pas leur approvisionnement. Ce mode de distribution est encore en usage dans la plupart des villes anglaises.

industriels, et, d'autre part, celles que les eaux pluviales entraînent avec elles en coulant sur les toits, les cours et allées, les rues, places et autres endroits affectés à la circulation. On avait proposé un instant de réserver les liquides des rues et des toits pour le deuxième mode de drainage : mais leur extrême impureté ne permettant pas de les convoyer par des conduites perméables, on les a définitivement laissés avec les eaux résiduaires des maisons.

Égouts publics. — Les égouts proprement dits ne constituent pas un moyen nouveau d'assainissement. On en a seulement accru l'efficacité par l'extension et les perfectionnements qu'on leur a donnés dans ces quinze dernières années. Le principal progrès a consisté dans la substitution, pour toutes les conduites secondaires, de tuyaux en poterie aux canaux en maçonnerie, et dans une forte réduction des sections. De là sont résultés une économie et des facilités d'installation propres à favoriser le développement du système.

Les traits principaux de la construction sont les suivants : les tuyaux qui reçoivent immédiatement les résidus d'un groupe de maisons sont en grès émaillé, de section circulaire et d'un diamètre variable de 15 à 45 centimètres, et le plus généralement de 30 centimètres. Les égouts dans lesquels ils débouchent, sont en briques, à section ovoïde, et se partagent en deux types dont les dimensions moyennes sont respectivement de 60 centimètres sur 90, et de 75 sur 1^m. 10. La proportion des uns et des autres dans la longueur totale varie beaucoup selon les localités. Ainsi, dans certaines villes, qui ont adopté le système tubulaire proprement dit (Note I.), comme Rugly, Croydon, etc., tous les conduits sont en grès, tandis que dans les grandes cités, comme Londres, Manchester, Glasgow, etc., les canaux en briques entrent à peu près pour un tiers dans le total. Les uns et les autres sont d'ailleurs construits de manière à

prévenir, autant que possible, toute infiltration dans le sol des matières impures qu'ils recèlent (*).

Aujourd'hui, il n'y a pas de ville de quelque importance qui ne soit douée d'un réseau d'égouts à peu près complet, et, parmi celles du dernier ordre, il en est peu qui n'en offrent au moins les linéaments principaux. Ce qui frappe dans les moindres localités, comparées à celles de France, c'est la propreté relative des rues. L'absence d'inmondices annonce l'existence de moyens d'écoulement, dont on ne tarde pas en effet à apercevoir les orifices, espacés le long des maisons. Mais ce qui étonne peut-être encore davantage, c'est la large application qui en est faite dans la banlieue des grandes villes. Les demeures de la classe aisée sont, comme on sait, distribuées autour des centres industriels et souvent à une distance de plusieurs kilomètres. Les routes qui y conduisent sont pourvues d'un égout central qui reçoit à la fois les eaux pluviales de la chaussée et les drains particuliers des maisons. Les beaux districts des deux Edgbaston, aux environs de Birmingham, ceux de London Road et Oxford Road, autour de Manchester, ceux d'Headingley et de Round Hay, auprès de Leeds, les quartiers qui entourent le Park à Glasgow, et mille autres qu'on pourrait citer, sont établis d'après ces principes (**). Là où les dispositions ne sont pas complètes, on est sûr qu'elles ne tarderont pas à le devenir, et peu à peu les égouts atteignent les habitations les plus reculées. Au sein des villes,

(*) Nous ne croyons pas avoir à entrer dans les détails de la construction des égouts non plus que des drains des maisons. Ces points ont été étudiés, d'une manière spéciale, par des ingénieurs français beaucoup plus compétents. Notre rôle, dans ce Rapport, se borne à signaler les applications générales au point de vue de la salubrité.

(**) L'exemple le plus remarquable est peut-être celui de la grande route de Birmingham à Wolverhampton. Les villes et les bourgs se pressent tellement, sur ce parcours de 20 kilomètres, que l'égout y est, pour ainsi dire, sans interruption.

les nombreux squares qu'on a ménagés sont le plus souvent traversés ou longés par l'égout public, qui sert d'exutoire à leurs eaux. Le seul côté qui laisse à désirer dans ces vastes travaux, c'est trop fréquemment le manque d'ensemble. Ce vice s'est bien fait sentir à Londres, divisé en plus de vingt districts indépendants les uns des autres, sauf en ce qui concerne les grands collecteurs. Les égouts n'y remplissent pas toujours leur rôle, et l'on a des exemples de canaux sans débouché ou disposés à contre pente. Des faits analogues se produisent ailleurs. On nous en a cité à Manchester, à Newcastle, à Cardiff, etc., et quand nous sommes passés à Leeds, on venait de s'apercevoir qu'une portion de l'égout d'Headingley était sans communication avec le reste. En résumé, et laissant de côté les difficultés d'exécution, on peut dire que tous les quartiers habités sont ou seront bientôt pourvus de moyens publics d'écoulement.

Drainage privé. — Le drainage privé, ou le drainage des habitations, constitue la partie véritablement neuve du système imperméable. Il ne faudrait pas remonter bien loin en arrière pour trouver des exemples de défense formelle d'évacuer les matières fécales aux égouts publics. Même aujourd'hui, sur certains points où les municipalités ne sont pas encore en mesure d'assurer l'écoulement de tous les résidus domestiques, les autorités cherchent à retarder la mise en communication des maisons. Mais le principe général existe : il est consacré par la législation (Note m), et rien ne saurait plus arrêter l'application des nouvelles idées. Tout le monde en Angleterre est maintenant d'accord pour reconnaître que les fosses d'aisance et autres dépôts d'ordures doivent être abolis; que chaque habitation doit être pourvue d'un drain spécial débouchant au prochain égout et en relation directe avec les cabinets d'aisance, l'évier de la cuisine et les surfaces pavées des cours et allées découvertes; et, comme corollaire indispensable, qu'une bonne

distribution d'eau pure doit permettre l'écoulement immédiat des résidus au fur et à mesure qu'ils se produisent. Des dispositions analogues s'appliquent naturellement aux divers établissements industriels, sauf les particularités propres à chacun d'eux. Tels sont les principes généraux qu'ont réussi à faire prévaloir les savantes publications du *General Board of Health* (*).

En conséquence un drain en grès émaillé, comme les fabriquent si bien les poteries de Lambeth, à joints étanches, pourvu de tubulures venues au moulage, part de l'habitation sur une inclinaison de 1 à 1 1/2 pour 100, traverse l'arrière cour et débouche au tuyau qui dessert le groupe de maisons. Il reçoit sur son parcours les branchements de l'évier et des water-closets, ainsi que les bouches des cours et autres surfaces pavées. Des fermetures à eau (siphon-traps) ménagées aux orifices préviennent le dégagement des odeurs dans les appartements. Ainsi, point de fosse d'aisance, point de trou à ordure, point de puisard à eaux sales, mais partout une circulation active et continue qui prévient l'infection du sol.

C'est à Londres que la transformation se poursuit avec le plus de vigueur. Dans les quartiers centraux, notamment dans la Cité, les fosses de tous genres ont disparu, sauf dans quelques demeures pauvres. Aussitôt que l'inspecteur de la salubrité est informé de l'existence de l'une d'elles, il en ordonne le curage et le comblement. On évalue à 300.000 le nombre de ces réceptacles supprimés depuis dix ans. Dans les districts extérieurs, on trouve encore bon nombre de fosses ouvertes, quoique rarement chez la classe aisée. Enfin plusieurs maisons des faubourgs déchargent à des fossés, tantôt ouverts, tantôt surmontés de voûtes en ma-

(*) Voir notamment les *Minutes of information for the sewerage and cleansing of the sites of towns*, 1852, et le *Report on the supply of water*, 1850.

çonnerie, selon que les odeurs prédominent. Cet état de choses, presque exclusif aux maisons anciennes, tend rapidement à disparaître, par suite de l'extension des égouts publics et de la surveillance des autorités sanitaires.

Dans les autres villes, la réforme est moins avancée. On y voit encore quantités de fosses ouvertes ou *middens*, qui sont le vrai réceptacle national. On en portait récemment le nombre à plus de 50.000 pour Manchester, 20.000 pour Liverpool, autant pour Birmingham, et ainsi de suite pour les autres villes. Les demeures aisées elles-mêmes n'en sont pas exemptes et ont souvent une organisation mixte, qui consiste à envoyer aux égouts les matières provenant des cabinets des maîtres, et au *midden* celles des lieux des domestiques, ainsi que les résidus de la cuisine, des foyers, etc. Afin de diminuer les infiltrations, on met quelquefois les *middens* en communication avec l'égout au moyen d'un tuyau qui part du fond et qui est pourvu d'une grille serrée pour empêcher la sortie des matières solides.

On trouve aussi des fosses couvertes, mais en beaucoup moins grand nombre. Quand on le peut, on les fait déboucher aux égouts, par un tuyau placé à la partie supérieure, de sorte que les liquides s'écoulent tandis que les solides s'accumulent. Cet état de choses est rare dans les maisons nouvelles, qui sont drainées aux égouts, conformément à la loi. Ainsi, tandis qu'au centre même des villes, des habitations considérables ont des fosses, dans les quartiers extérieurs, au contraire, à 2, 3 et 4 kilomètres, des maisons plus modestes sont drainées avec toutes les recherches modernes. Tel est le contraste qui s'offre aux yeux quand on parcourt les environs de presque toutes les grandes villes. Les localités secondaires sont relativement plus avancées. Quelques-unes d'entre elles, dont la population passe inaperçue, comme Rugby, Tavistock (près Plymouth), Malvern (Worcestershire) ont adopté radicalement le nouveau système. Somme toute, le drainage privé suit le développement du

drainage public, et tend comme lui à devenir général dans le royaume.

2° *Drainage des eaux ordinaires.*

L'extension aux villes d'une opération conçue surtout au point de vue agricole, est d'une date si récente que le rapporteur du Général Board of Health disait, il y a dix ans à peine : « Le drainage des eaux (ordinaires) est tellement « négligé qu'il ressort des dernières enquêtes sanitaires « que dans les districts urbains qu'on appelle drainés, les « fondations des maisons sont constamment pénétrées par « l'humidité du sol sur lequel elles sont bâties. » Ce n'est guère en effet que depuis cette époque que les applications se sont multipliées, et qu'on a proclamé la nécessité de drainer d'une manière systématique : 1° les maisons, les rues et autres surfaces couvertes ou pavées ; 2° les jardins, les parcs et autres lieux plantés, ainsi que les emplacements des cimetières ; 3° les terres entourant immédiatement les villes et formant ce qu'on a nommé la zone suburbaine, y compris les routes, fossés, cours d'eau à faible débit, etc. Ce deuxième mode de drainage a été jusqu'ici beaucoup moins pratiqué que l'autre. La législation ne l'a pas rendu obligatoire, et son adoption dans les villes n'a été que partielle.

Drainage des surfaces couvertes ou pavées. — Il n'a eu lieu nulle part avec ensemble. Les maisons anciennes en sont dépourvues, si ce n'est dans quelques bas quartiers, comme près de la Fleet, à Londres, où un excès d'eau permanent exerçait de fâcheux effets sur la santé publique. On l'exécute, au contraire, assez fréquemment sous les maisons nouvelles, surtout quand elles sont situées hors des villes ou à la limite de vastes surfaces découvertes. Tel est le cas de plusieurs quartiers neufs à l'ouest de Londres et d'une

grande partie des riches districts dont nous avons parlé, aux environs des villes manufacturières. L'application se généralise, et pour cause, à mesure qu'on remonte vers l'Écosse. A Glasgow, par exemple, on n'élève pour ainsi dire plus une construction sans drainer préalablement le sous-sol d'une manière très-soignée. Le système, le même partout, est d'ailleurs fort simple. Quelques rangées, le plus ordinairement deux par maison, de drains poreux de 7 à 8 centimètres de diamètre, ajustés comme ceux de l'agriculture, sont placés à 1 mètre environ au-dessous du sol des caves. Quand on draine à la fois tout un quartier, un collecteur réunit tous les drains particuliers. Les eaux sont envoyées tantôt aux égouts, tantôt dans un fossé ou dans un ruisseau, selon les circonstances. A Sheffield et à Leeds, par exemple, où le terrain est accidenté, les habitations qui occupent le sommet des éminences envoient souvent leurs eaux dans les prairies qui s'étendent devant elles.

Le drainage des rues est peu répandu. Là où il existe, il consiste habituellement en une seule ligne de tubes, à 1 mètre au-dessous de la chaussée, dirigée dans le sens de la longueur, et déchargeant dans une bouche latérale de l'égout. On avait proposé, à une certaine époque, des conduites tubulaires doubles ou à deux compartiments, dont le plus large conduirait les eaux sales, tandis que le plus étroit, percé de trous, recevrait les eaux ordinaires. Mais indépendamment des difficultés de l'exécution, on a fait observer avec raison que les nécessités des deux drainages étaient loin de coïncider toujours; et l'on y a renoncé.

Drainage des surfaces plantées. — Les jardins et les parcs sont généralement drainés. On emploie deux méthodes, selon le degré d'humidité. La première, beaucoup plus suivie, a pour principal objet d'écouler les eaux superficielles. Un drain perméable de 10 à 20 centimètres de diamètre et quelquefois davantage, suit les allées qui répondent le mieux aux lignes

d'écoulement naturel. Des bouches latérales, ménagées de distance en distance le long de l'allée, communiquent au drain et fonctionnent à la manière des bouches d'égout pour recevoir les eaux pluviales qui coulent des surfaces cultivées. Ce drainage sommaire suffit habituellement dans un pays où les parcs sont disposés en pentes variées de manière à n'offrir presque nulle part des surfaces horizontales. A moins donc que le terrain ne soit particulièrement aquifère ou que les étendues comprises entre les allées ne soient très-considérables, ce procédé peut paraître suffisant. Il laisse toutefois à désirer en ce qui concerne l'aération du sol, qui n'est assurée que dans la zone d'action de la conduite perméable. On le pratique aujourd'hui non-seulement dans les parcs et squares publics de la plupart des villes, mais aussi dans les jardins particuliers.

La seconde méthode, restreinte aux lieux très-humides, ne diffère pas de celle qu'on emploie pour les champs, les prairies, etc. Quelques portions de Hyde-Park et presque tout Regent's Park, à Londres, ont été ainsi drainées. On en peut dire autant de la grande promenade et du jardin botanique de Sheffield, du jardin botanique de Birmingham, du champ de course de Newcastle, des parcs de Glasgow, etc.

Le drainage des cimetières est moins avancé. On en connaît cependant plusieurs exemples. L'opération consiste à placer à 70 ou 80 centimètres de la zone inférieure des sépultures, des lignes de drains agricoles, espacés de 6 à 7 mètres. Un ou plusieurs collecteurs les réunissent et déchargent les eaux aux égouts publics. Cette pratique a donné lieu quelquefois aux plaintes des personnes placées près des bouches d'égout voisines. Mais il est visible que cette objection doit facilement être levée, et que l'opération reste éminemment favorable à la salubrité.

Drainage des zones suburbaines. — Cette opération n'a rien de régulier. Elle est subordonnée à l'intérêt de la cul-

ture et s'effectue à la convenance des particuliers. Ce qu'on peut signaler de plus remarquable est la substitution, sur une assez grande échelle, des drains aux fossés découverts. Des tuyaux de 10 centimètres placés de chaque côté d'une route, à 1^m,50 de profondeur, permettent d'évacuer à la fois les eaux superficielles et les eaux d'infiltration. Les premières s'introduisent au moyen de bouches grillées, analogues à celles des égouts. Les sables et graviers fins qui traversent la grille sont arrêtés dans de petits puisards, où les eaux tombent d'abord, et qu'on récuré de temps en temps. On calcule que cette installation ne coûte pas plus de 1.000 fr. par kilomètre. Par le même moyen on a fait disparaître de petits cours d'eau, qu'on a remplacés par un tuyau souterrain. Dans divers cas, le drainage de la route a été lié à celui des terres riveraines, et la conduite a servi de collecteur commun. Les environs des grandes villes, de Londres entre autres, offrent plusieurs applications de ce genre (*).

Conduites du gaz de l'éclairage. — Les dispositions que nous venons de voir ont plutôt pour objet de prévenir l'humidité de sol que son infection; circonstances qui, à la vérité, vont souvent ensemble, en sorte que le remède à l'une est en même temps un remède à l'autre. Mais il est des causes d'infection tout à fait indépendantes de l'humidité. Telle est celle qui provient des fuites du gaz de l'éclairage (**).

Aucun moyen n'a été employé, ni dans les rues, ni dans les endroits recouverts de plantations, pour prévenir les inconvénients du gaz. Dans les allées des parcs, les con-

(*) Le drainage des routes, aux environs de Londres, a été prévu par l'article 87 du *Metropolis local Management Act*, 1855.

(**) Ces fuites sont évaluées, à Londres, à près de 10 p. 100 de la production totale. La Compagnie parisienne du gaz, dans son dernier rapport annuel, les évalue à 9 p. 100.

duites se trouvent souvent, par une heureuse coïncidence, dans le voisinage du drain perméable, mais c'est là une disposition fortuite, sans aucun caractère de généralité; et nous ne croyons pas que nulle part l'emplacement des drains ait été calculé en vue de combattre les effets du gaz. D'un autre côté on n'a pas davantage cherché le remède dans le mode d'établissement des conduites elles-mêmes. Elles sont enterrées simplement dans le sol, et nulle part placées dans des canaux étanches ou dans des galeries d'égout (*). Ce dernier expédient est, du reste, rendu difficile par l'organisation du service municipal. Les compagnies de gaz n'ont aucun rapport avec l'administration des égouts, non plus qu'avec les entreprises d'eau. Chaque industrie opère de son côté, et aucun pouvoir central ne détermine une entente qui permette de réunir dans la même artère les divers organes de la vie de la cité. Il y a telle rue où l'approvisionnement du gaz est fait par trois compagnies différentes, qui n'ont nul désir d'abriter leurs tuyaux sous la même enveloppe, dans la crainte que les agents de l'une n'endommagent les possessions de l'autre. Les ingénieurs municipaux déplorent ce manque d'unité qui a pour résultat de multiplier les fouilles des rues, et de les rendre en même temps très-difficiles (**).

(*) Cette dernière disposition a été recommandée depuis longtemps en France par M. Chevreul. (Voir le *Mémoire sur l'hygiène des cités populeuses*, lu à l'Académie des sciences les 9 et 11 novembre 1846.)

(**) Une coupe de Parliament street, en 1856, montrait 18 tuyaux différents, non compris l'égout public, ramassés sur une largeur de 13 mètres, savoir: 12 tuyaux pour le gaz (appartenant à trois compagnies), 4 pour les eaux potables (deux compagnies), 1 pour le télégraphe et 1 pour le drainage (Pl. IV, fig. 9 et 10). La situation n'a guère changé depuis.

CONCLUSIONS.

Les faits que nous venons de rapporter nous conduisent aux conclusions suivantes :

1° *Opérations insalubres pour les ouvriers.* — On s'est peu occupé de cette question, et les améliorations sont en petit nombre. Les particularités les plus intéressantes sont : l'emploi, déjà ancien, des ventilateurs mécaniques dans les manufactures de laine et de coton, et leur introduction plus récente dans les fabriques d'aiguilles et de coutellerie ; l'usage des appareils à protéger les organes respiratoires dans un certain nombre d'industries, dans le travail des égouts, le service des hôpitaux, etc. ; l'emploi de l'essence de térébenthine pour combattre les vapeurs de phosphore ; diverses précautions dans la préparation des sels de plomb. Peu ou pas de réglemens en cette matière.

2° *Infection de l'atmosphère générale.* — Sous la pression des réglemens locaux et des actions civiles, l'esprit de recherche des industriels a été vivement excité. Les tentatives d'assainissement abondent dans presque toutes les branches, et, quoique aucune n'ait été universellement assainie, beaucoup offrent des spécimens qui en démontrent la possibilité pratique.

Le plus souvent, par la simple combustion dans des foyers ou par la condensation dans l'eau, quelquefois par ces deux moyens réunis ou par des réactions chimiques, les vapeurs insalubres, soit minérales, soit organiques, ont été combattues avec succès, sans que les opérations industrielles aient été entravées et sans même que des frais importants aient été occasionnés. Il demeure acquis que les villes peuvent être débarrassées en grande partie des exhalaisons qui rendent leurs banlieues si désagréables à habiter.

Le problème de la fumivorté a spécialement fixé l'attention publique. Après de nombreux essais d'appareils compliqués, on en est définitivement revenu aux dispositions simples, combinées avec la mise en pratique de quelques principes dont le plus important est l'admission d'une quantité d'air supplémentaire dans la zone de combustion.

L'atmosphère de la plupart des grandes cités présente depuis quelques années une sensible amélioration.

Il y a une tendance marquée à accroître les sévérités de la législation.

5° *Infection des atmosphères limitées.* — On n'a pas distingué pratiquement les deux causes générales d'infection, savoir : l'absorption de l'oxygène et le dégagement des vapeurs délétères. Les seuls établissements dont on se soit sérieusement occupé sont les égouts et les caveaux d'église. Pour les uns comme pour les autres, le moyen fondamental est la ventilation naturelle.

L'aération des égouts est généralement activée par des cheminées d'appel débouchant au milieu des rues. Afin de remédier à l'inconvénient des mauvaises odeurs, on a proposé deux procédés différents, encore tous deux à l'état d'expérience ou d'applications restreintes. L'un consiste à placer dans les cheminées d'appel des filtres de charbon de bois à travers lesquels l'air des galeries se désinfecte avant de parvenir au dehors ; l'autre, à remplacer les cheminées d'appel par des tuyaux débouchant au-dessus des toits ou mieux encore par les conduites de pluie convenablement agencées.

Les caveaux funéraires sont aérés à l'aide de tubes partant de la voûte et s'élevant au-dessus de la couverture de l'église. En outre, vu la grande quantité de cadavres en putréfaction, les cercueils sont recouverts d'une double couche de terre et de charbon.

On doit signaler aussi quelques heureux usages de désin-

fectants dans les locaux où sont gardés les animaux domestiques.

4° *Infection des eaux.* — Pendant longtemps, on ne s'est pas occupé de purifier les cours d'eau. Ce n'est que depuis quelques années que la grandeur du mal a fait chercher le remède.

Deux classes de procédés, également préventifs, ont été mis en avant. Les uns et les autres se proposent, non de désinfecter les cours d'eau une fois souillés, mais d'empêcher les impuretés d'y pénétrer.

Par les premiers, on arrête les éléments corrupteurs aux lieux mêmes où ils se produisent, dans chaque maison ou dans chaque atelier industriel. Ils ont eu peu d'extension. Les seconds portent sur les liquides d'égout, où sont réunis les résidus de tous genres, et dont on opère une purification collective. De toutes les méthodes essayées, celle dont on attend aujourd'hui les plus grands résultats cherche la désinfection par et pour l'agriculture, c'est-à-dire que les liquides d'égout sont utilisés aux irrigations avant de parvenir aux cours d'eau. Des faits déjà nombreux mettent l'efficacité du procédé hors de doute; mais il reste encore des difficultés pratiques à résoudre, notamment en ce qui concerne la conduite des liquides des grandes villes aux lieux d'arrosage.

5° *Infection des sols.* — Le moyen général de prévenir l'infection des sols est le drainage. Sous ce terme, on comprend deux opérations distinctes, désignées souvent en Angleterre par les noms de drainage imperméable et de drainage perméable.

Le premier, consacré à l'écoulement des eaux impures, est devenu d'un usage presque universel. Souvent imparfait dans l'exécution, il est remarquable par le développement qu'il a reçu, non-seulement dans les localités secon-

dares, mais aussi dans la banlieue des grandes villes. Son introduction a pour résultat de faire graduellement disparaître les fosses d'aisance et autres dépôts d'ordures, dont les infiltrations sont une des grandes causes de l'infection du sol. Le drainage perméable, ayant pour but l'écoulement des eaux ordinaires, sans être aussi général que l'autre, a pris depuis dix ans beaucoup d'extension. On l'applique quelquefois aux rues, aux routes et aux cimetières, fréquemment aux maisons neuves et presque toujours aux parcs, jardins et autres plantations.

Là où les conduites du gaz de l'éclairage ne se trouvent pas dans le voisinage de drains perméables, l'infection qui se produit n'est combattue par aucun moyen. Nulle part ces conduites ne sont enveloppées par des canaux étanches, ni placées dans les galeries d'égout. Le manque d'unité et de force dans le service municipal en est une des principales causes.

En résumé, et s'il nous est permis d'exprimer un avis sur la valeur des faits que nous avons rapportés, l'Angleterre nous paraît offrir des exemples à imiter, surtout dans les trois classes d'opérations suivantes :

- 1° Destruction des gaz et vapeurs nuisibles engendrés par les travaux industriels;
- 2° Emploi des eaux d'égout aux irrigations;
- 3° Application du drainage au sous-sol des villes, spécialement dans les endroits consacrés aux plantations.

NOTES A L'APPUI.

NOTE a.

Un coup d'œil sur la législation rend compte des inégalités qui doivent exister, au point de vue des progrès de l'assainissement, non-seulement entre les diverses industries, mais encore entre les diverses localités.

Dans l'état actuel, les dispositions fondamentales d'ordre public qui régissent les fabriques incommodes ou insalubres, sont l'article 64 du *Public Health Act* (31 août 1848), et l'article 27 du *Nuisance removal Act* (14 août 1855). Le premier de ces articles est ainsi conçu :

« Les industries pour bouillir le sang et les os, celles de marchand de peaux, de tueur de bestiaux, chevaux ou animaux de toute espèce, de savonnier, de fondeur de suif, de bouilleur de tripes, ou autre industrie, métier ou fabrication nuisible ou incommode, ne devront plus être établies dans un bâtiment ou endroit quelconque, après que le présent acte aura été appliqué au district dans lequel ledit bâtiment ou endroit est situé, sans le consentement du conseil local de salubrité, à moins que le conseil général (*) (de salubrité) n'en décide autrement. Quiconque contreviendra à cette prescription sera passible pour chaque contravention d'une amende de 50 livres (sterlings) et d'une autre amende de 14 schellings pour chaque jour pendant lequel durera la contravention; et ledit conseil local pourra, à un moment quelconque, faire tel règlement concernant les industries ainsi nouvellement établies, qu'il jugera nécessaire ou convenable pour en prévenir ou diminuer les effets nuisibles ou incommodes. »

Or le *Public Health Act* ne s'applique qu'aux localités où, à la

(*) Le conseil général a été supprimé depuis, par le *Local government Act*, du 2 août 1858.

demande des habitants, il a été rendu spécialement exécutoire en vertu de décrets royaux ou d'actes du Parlement (art. 8 à 10). En outre, dans chaque ville où il est en vigueur, le soin de l'exécution et la confection des règlements spéciaux appartiennent aux autorités locales, dont la sévérité varie naturellement beaucoup. Il en résulte que les mêmes industries, très-réprimées en certains endroits, le sont beaucoup moins ou même pas du tout dans d'autres.

Quant à la clause de l'autorisation préalable, portée à l'article ci-dessus, laquelle constitue une sorte de dérogation aux principes de la législation anglaise, plus volontiers répressive que préventive, on doit la considérer comme une tentative isolée, qui n'a pas été suivie d'application régulière, et qu'on n'a pas même jugé à propos de rappeler dans les actes ultérieurs rendus sur la matière.

L'article 27 du *Nuisance removal Act* est ainsi conçu :

« Si quelque fabrique de bougies, fonderie, savonnerie, abattoir, ou si quelque bâtiment ou endroit pour bouillir les débris ou le sang, ou pour bouillir, brûler ou broyer les os, ou si quelque manufacture, bâtiment ou endroit, affecté à un métier, industrie, procédé ou fabrication occasionnant des exhalaisons, est à un certain moment dénoncé à l'autorité locale par un officier médical ou par des médecins praticiens légalement qualifiés, comme étant nuisible ou préjudiciable à la santé des habitants du voisinage, l'autorité locale portera plainte devant un juge qui pourra traire devant deux juges assemblés en petite session, dans le lieu ordinaire de leurs séances, la personne pour laquelle ou au compte de laquelle le travail dont on se plaint est exécuté. Ces juges feront enquête sur la plainte, et s'il leur apparaît que le métier ou l'industrie exercée par la personne en cause est nuisible.... ladite personne sera, sur procédure sommaire, condamnée à payer une somme n'excédant pas 5 livres (sterling) et d'au moins 2 livres; et, à la seconde fois, une somme de 10 livres, et, à chaque nouvelle fois, une somme double de la précédente, la plus forte somme ne pouvant en aucun cas dépasser 200 livres.... Étant réservé que les présentes dispositions ne s'étendront ou ne seront applicables à aucun endroit hors des limites d'une cité, ville ou district populeux. »

Cet article, postérieur de sept ans au précédent, ne reproduit pas, comme on voit, la clause relative à l'autorisation préalable. Il n'est pas d'ailleurs rédigé de manière à faire disparaître les anomalies que nous signalions à l'occasion de l'article 64 du *Public Health Act*. Son énumération de métiers n'est pas moins incomplète, et les industries omises sont d'un caractère si tranché que, selon la

remarque du rapporteur de l'enquête de 1862 sur les dommages causés par les vapeurs nuisibles, « il a été tenu pour au moins douteux si les mots *métier, industrie, procédé ou fabrication* ne sont « pas gouvernés par les mots précédents et ne doivent pas être en « parité de signification avec eux ; auquel cas, quelques-unes des « plus grandes causes de dommages ne seraient pas atteintes. » La conséquence naturelle, c'est qu'à côté d'industries réglementées on peut trouver dans la même localité des industries beaucoup plus nuisibles, celle de la soude, par exemple, qui ne le sont pas. Enfin, selon une autre remarque du même rapporteur, « l'acte est limité « aux *cités, villes ou districts populeux*, tous mots qui n'ont jamais « reçu, paraît-il, une interprétation légale, » en sorte que l'application de la loi reste subordonnée à des appréciations arbitraires.

NOTE b.

L'article 11 du *Nuisance removal Act*, qui donne, sous certaines restrictions, le droit de visiter les établissements nuisibles, est intéressant à consulter, ne fut-ce que comme trait de mœurs. Voici comment il s'exprime :

« L'autorité locale aura le droit d'entrée, aux fins ci-après du présent acte, et sous les conditions suivantes :

« 1° Pour baser les poursuites;

« Dans ce but, quand l'autorité locale ou quelqu'un de ses agents « a des motifs raisonnables de croire qu'une cause d'incommodité « existe sur quelque bien privé, demande peut être faite par elle « ou son agent à la personne ayant la garde du bien, pour être « admis à inspecter ledit bien, *entre 9 heures du matin et 6 heures « du soir*. Si l'admission n'est pas accordée, tout juge ayant la juridiction du lieu peut, sur serment fait devant lui de la croyance « en l'existence de la cause d'incommodité, et à condition que raisonnable avis de l'intention de recourir au magistrat ait été donné « par écrit à la partie sur le bien de laquelle ladite incommodité est « supposée exister, peut, disons-nous, requérir, par ordre compétent, la personne ayant la garde du bien d'admettre l'autorité « locale ou son agent. Si aucune personne ayant la garde du bien « ne peut être trouvée, le magistrat peut et doit, sur serment fait « devant lui de la croyance en l'existence de la cause d'incommodité et du fait qu'aucune personne ayant la garde du bien n'a pu « être trouvée, autoriser par ordre compétent l'autorité locale ou « ses agents à entrer dans le bien entre les limites d'heures sus- « mentionnées. »

On voit avec quelle réserve, on peut même dire avec quelle répugnance le législateur se décide à violer l'indépendance de la propriété privée. Mais on voit aussi combien ces scrupules exagérés rendent la loi impuissante. Comment, en effet, saisir une contravention à laquelle on donne tout le temps de disparaître avant que les agents soient admis à la constater? Et dans l'hypothèse même où le corps du délit serait de nature à pouvoir encore être saisi, il est visible que les restrictions apportées aux heures d'entrée donnent la latitude, dans une foule d'industries, d'organiser le travail de manière à ce que les opérations dommageables soient conduites exclusivement de 6 heures du soir à 9 heures du matin, ce qui les met à l'abri de toute poursuite efficace.

NOTE c.

Ce document, remis au comité d'enquête dans la séance du 16 juin 1862, montre d'une part la franchise et le bon sens de la grande industrie anglaise, et d'autre part la préoccupation, qui n'abandonne jamais aucun de ses membres, de combattre toujours à armes égales.

Les fabricants aiment mieux une loi qui rende la condensation obligatoire pour tous, que de se hasarder isolément dans des améliorations qui donneraient un avantage commercial à ceux qui ne les pratiqueraient pas.

Voici le texte de cette déclaration :

« La majorité de l'industrie soudière reconnaît l'exactitude des « assertions de lord Derby (dans le Parlement), savoir que le gaz « acide muriatique, en toute proportion séricuse, est nuisible à la « végétation, et que l'émission de ce gaz par les fabriques de soude « peut être entièrement prévenue par l'emploi de moyens convenables.

« La majorité de l'industrie s'associe au principe émis par lord « Derby, que *toutes* les fabriques de soude devraient être pourvues « et devraient user de semblables moyens préventifs.

« La majorité de l'industrie est disposée à concourir au but proposé par lord Derby, savoir la condensation *obligatoire* du gaz acide « muriatique, pourvu qu'on consacre à l'examen du sujet un temps « qui permette de trouver une mesure qui, tout en protégeant le « public, ne nuise point à une fabrication qui occupe une si « grande quantité de capitaux et de bras, qui importe tant à la « prospérité générale du pays, et qui est si essentielle à l'existence « de grands établissements.

« La majorité de l'industrie soudière pense qu'à raison de sa grande étendue et de son entière dissemblance d'avec les autres procédés manufacturiers, un pareil but peut seulement être atteint par un acte spécial applicable à la seule industrie soudière.

« La marche qui, dans l'opinion de la majorité de l'industrie, conviendrait le mieux à l'objet du comité et préserverait des sérieux dangers signalés, serait que le gouvernement se mit en mesure de présenter à la prochaine session un projet de loi tendant à rendre la condensation obligatoire, et que, dans l'inter-
« valle, on nommât une commission composée d'hommes de science et du métier pour élaborer un système qui puisse remplir l'objet en vue.

« Si cette marche est adoptée, la majorité de l'industrie donnera sa meilleure assistance et coopération pour préparer et appliquer le système en question. »

NOTE d.

Les extraits qui suivent sont empruntés à divers rapports officiels du General Board of Health. Les fabriques d'engrais artificiels n'y sont point distinguées, quant à leur influence délétère, de celles de gélatine, de graisse, etc., dont les émanations sont de même famille. Il est d'ailleurs facile de voir, par les termes mêmes du récit, qu'il s'agit de fabriques très-mal dirigées.

« Tout en face de l'asile de Christchurch, à Spitalfields (Londres), et séparé seulement par une petite rue de quelques pieds de large, il y avait en 1848 une fabrique d'engrais artificiels, dans laquelle du sang de bœuf et des matières fécales étaient desséchées dans un four ou quelquefois exposées simplement à l'action du soleil et de l'air, et dégageaient les odeurs les plus nauséabondes. L'asile contenait en tout 400 enfants et quelques adultes. Chaque fois que la fabrique était en pleine activité et particulièrement quand le vent soufflait vers l'asile, il se produisait de nombreux cas de fièvre, d'une nature maligne et typhoïde. De ce chef seulement il y eut 12 morts dans un trimestre. Dans le mois de décembre 1848, après l'apparition du choléra dans le district, 60 enfants furent soudainement saisis d'une forte diarrhée. Le propriétaire ayant été obligé de fermer son établissement, les enfants revinrent à leur santé ordinaire. Cinq mois après, la fabrique reprit : pendant un jour ou deux, le vent souffla vers l'asile, apportant les plus mauvaises odeurs. Dans la nuit sui-

« vante, 45 enfants, dont les dortoirs étaient en face, furent pris d'une forte diarrhée, tandis que ceux dont les dortoirs étaient plus loin et du côté opposé furent préservés. La fabrication ayant cessé de nouveau, la diarrhée n'a plus reparu. » (*Report on the epidemic cholera of 1848 and 1849.*)

Le même document cite encore le cas de Southwark, paroisse de Saint-Georges, comme ayant beaucoup souffert du voisinage d'une manufacture de ce genre, et le cas du pénitencier Millbank, dont le médecin, le D^r Baly, n'hésitait pas à attribuer la dyssenterie aux émanations organiques provenant des fabriques à bouillir les os du district de Lambeth.

Nous lisons dans un rapport de 1854 :

« Dans vingt maisons de Suffolk street (Borough), il y eut des morts du choléra. Jusqu'au 23 septembre 1854, il y eut dans ces maisons 29 cas de choléra, au moins autant de forte diarrhée et 24 morts. Non loin de là se trouvent des établissements à bouillir les os, des fabriques de cordes à boyaux, des écorcheres, dont les odeurs donnaient lieu à beaucoup de plaintes. A l'exception de ces odeurs, on ne pouvait, pour trois d'entre ces vingt maisons, apercevoir aucune autre cause d'insalubrité. » (*Epidemic cholera in Metropolis, 1854.*)

Relativement aux paroisses de St-George-in-the East, de Lambeth et de Wandsworth, où les mortalités cholériques avaient été respectivement égales à 5 fois, 7 fois et 8 fois la mortalité moyenne de la métropole, le même rapport fait les remarques suivantes :

« Dans la paroisse de St-George-in-the East, il y a 2 établissements à bouillir les os, 2 à bouillir l'huile, 3 de savon, 4 ou 5 raffineries de sucre où l'on révivifie le noir animal, 1 distillerie de naphte, 1 fabrique de chandelle, 1 local à faire bouillir le poisson pourri....

« Le D^r Hassall établit que les principales industries insalubres à Lambeth sont 5 fabriques pour bouillir et broyer les os, 1 manufacture de glue.

« Il y a d'autres industries insalubres en activité à Wandsworth, et le D^r Hassall exprime sa conviction sur l'absolue nécessité de faire disparaître celles qui causent le plus de mal.... »

NOTE e.

¹ Le *Smoke nuisance Abatement Act*, spécial à la métropole, embrasse, comme on peut le voir, presque toutes les industries :

« Art. 1^{er}. Depuis et après le 1^{er} août 1854, tout fourneau em-

« ployé ou à employer dans la métropole pour le service des appa-
« reils à vapeur, comme aussi tout fourneau employé ou à employer
« dans toute manufacture, fabrique, imprimerie sur étoffes, tein-
« turerie, fonderie de fer, verrerie, distillerie, brasserie, raffi-
« nerie, boulangerie, usine à gaz, usine à eau ou autres bâtiments
« affectés à une industrie ou à une fabrication dans les limites de la
« métropole (quand bien même on n'y ferait pas usage de machine
« à vapeur) sera dans tous les cas construit ou modifié de façon à
« consumer ou à brûler la fumée dégagée d'un tel fourneau (*)... »

Suivent les pénalités de 5 livres au plus et 14 schellings au moins pour la première contravention, et allant en doublant pour chaque contravention nouvelle.

Un autre article étend expressément les mêmes dispositions à tous les appareils des bateaux à vapeur faisant le service de la Tamise, en amont de London Bridge.

La loi commune est moins rigoureuse. Elle écarte plusieurs genres de fabrications, et laisse en outre aux autorités locales une grande latitude pour déterminer des exceptions parmi les industries existantes. Ainsi l'article 45 du *Local Government Act* (2 août 1858), qui régit toute la matière, après avoir rappelé et incorporé, selon le mot consacré, l'article 58 du *Towns Improvement Clauses Act* (21 juin 1847), ajoute :

« Sous cette restriction que les dispositions susmentionnées
« relatives à la défense de faire de la fumée n'iront point jusqu'à
« obliger de brûler toute la fumée dans tout ou partie des opérations
« suivantes, savoir : la fabrication du coke, la calcination du mi-
« nerai de fer ou de la pierre à chaux, la fabrication des briques,
« poteries, pierres artificielles, tuiles, tuyaux, ou l'extraction de
« tous minerais ou minéraux, la fonte des minerais de fer, l'affi-
« nage, puddlage, cinglage et laminage du fer et autres métaux, la
« fusion et le moulage de la fonte de fer, ou la fabrication du verre,
« dans tout district où les dispositions dudit acte (le *Towns Impro-
« vement Clauses Act*), pour la défense de faire de la fumée, ne sont
« pas encore en vigueur, et dans lequel le conseil local décidera
« qu'une ou plusieurs de ces opérations devront être exemptes de
« pénalité, relativement à la non-combustion de toute la fumée,
« pendant un délai déterminé par la même décision, lequel délai

(*) Cet article exceptait les fabriques de verres et de poteries antérieures à la promulgation dudit acte. Mais cette exception a été rappelée par *Amendment Act* de 1856, qui a, en outre, ajouté à l'énumération les fourneaux des maisons de bains et des lavoirs.

« n'excédera pas dix ans, mais pourra être renouvelé pour une pé-
« riode égale ou plus courte si le conseil le juge à propos.... »

NOTE f.

Chez toutes les classes de la société anglaise, on observe une tendance très-prononcée à retarder l'époque de l'ensevelissement. Cette tendance, qui procède d'un sentiment de respect pour les morts et de la crainte exagérée de funestes méprises, s'augmente parmi les classes inférieures de considérations diverses. En général, le plus pauvre ouvrier tient à avoir, comme il dit, des funérailles *décentes*, et, dans ce but, il s'assure auprès d'une ou de plusieurs sociétés mutuelles *ad hoc* (Burial clubs); s'il n'est pas assuré, les parents du défunt s'empressent de faire une collecte dans l'entourage. Dans l'un et l'autre cas, la durée des préliminaires met obstacle au prompt enlèvement du corps. D'un autre côté, l'existence occupée de la plupart des Anglais rend difficile de réunir un nombre suffisant d'invités un jour de travail. De là, chez les familles ouvrières, une préférence marquée à ensevelir leurs morts le dimanche. Il arrive même trop souvent que, le décès ayant lieu dans les derniers jours de la semaine, les obsèques sont remises au dimanche d'après; en sorte que la durée de la garde du corps peut atteindre 8 et 10 jours. Enfin, une apathie habituelle aux classes pauvres porte parfois ce délai à des chiffres qui paraîtraient incroyables, s'ils n'étaient attestés par des témoignages officiels (*). Ainsi, pour nous en tenir à des faits récents, voici comment s'exprime dans des rapports de 1860 et de 1861, le docteur John Liddle, médecin inspecteur du district de Whitechapel (Londres) :

« La détention des morts dans les habitations de la classe
« pauvre, au sein des quartiers populeux, jusqu'à ce que la putré-
« faction soit très-avancée, est l'objet de plaintes fréquentes au
« point de vue de la salubrité. Deux plaintes de cette nature, l'une
« du côté Nord et l'autre du côté Sud du district ont été faites der-
« nièrement par des personnes vivant tout à proximité des maisons
« où un corps avait été gardé si longtemps, qu'il était devenu une
« cause d'insalubrité. Les lieux furent promptement visités, et les
« parents du mort furent, dans chaque cas, vivement avertis du

(*) Si l'on veut avoir une peinture complète, quoique déjà un peu ancienne, de la situation, il faut consulter le *Supplementary Report on the practice of interment in towns*, 1843, et le *Report on a general scheme for extramural sepulture*, 1850.

« danger que devait faire courir au voisinage la détention prolongée du corps; ils furent instantanément requis de procéder à l'inhumation sans délai. On ordonna de répandre du chlorure de chaux dans la chambre et dans le corridor pour combattre l'infection..... »

« J'ai à mentionner encore deux autres cas de détention prolongée de morts. L'un de ces cas est celui d'une petite fille morte du croup, dont le corps fut *gardé près de trois semaines* dans la chambre occupée par les parents et quatre enfants. L'autre cas est aussi celui d'un enfant dont le corps avait été conservé *pendant quatorze jours* dans une chambre occupée par les autres membres de la famille..... »

L'inhumation, jusqu'à ces dernières années, a eu lieu au sein des villes, dans les étroits cimetières qui entourent les églises et dans les caveaux.

Des actes du Parlement ont interdit cette pratique, tantôt absolument comme dans la Cité de Londres, tantôt partiellement comme dans la généralité des villes, où la sépulture urbaine a continué d'être accordée aux familles possédant des emplacements réservés. Ainsi, nous voyons qu'à Glasgow, une des villes où la réforme a été le plus activement poursuivie, il y a eu encore, en 1862, 1869 inhumations urbaines. En certains cas, où les inconvénients étaient devenus extrêmes, les exceptions ont été retirées et la fermeture a été définitive. Prenant donc la Grande-Bretagne dans son ensemble, on trouve la sépulture urbaine en voie de disparaître, mais, continuant encore à se pratiquer, à des degrés divers, dans presque toutes les localités. Quels que soient du reste les progrès accomplis à cet égard, les cimetières, tant fermés qu'ouverts, n'en sont pas moins pour les villes une cause permanente d'insalubrité. L'accumulation des débris humains y est extrême, et le sol, graduellement exhaussé par les dépouilles des morts, domine les niveaux voisins. Il est tel cimetière, comme celui de Grosvenor square, par exemple, à Manchester, où tous les recoins sont tellement remplis qu'il est aujourd'hui impossible de discerner la moindre place libre. Quand on veut ouvrir une fosse, on enfonce au hasard une perche en fer; si l'on ne rencontre pas de cercueil à une trop petite profondeur, c'est l'endroit qu'on choisit. Maintes fois, en creusant la fosse, on met à nu des ossements imparfaitement décharnés. Les cercueils y ont été disposés en plusieurs couches, et les plus récents ne sont pas toujours à 1 mètre au-dessous de la surface. Aussi pendant l'été, les habitants sont souvent obligés de garder leurs fenêtres fermées pour se mettre à l'abri des émanations. A

Sheffield, plusieurs cimetières dominent la ville et corrompent les puits à de grandes distances par les eaux qui en découlent.

Lorsqu'on vient à pratiquer une fosse dans de pareils amas, les odeurs redoublent d'intensité, et l'on ne s'étonnera pas du fait relevé à Box, près Bath, où deux personnes succombèrent par suite de la réouverture d'une fosse où avait été inhumé, peu auparavant, un enfant mort de la fièvre maligne. Cet état de choses trouve des défenseurs naturels dans les corporations qui possèdent les cimetières urbains, et qui ont un intérêt évident à user du sol au delà de toutes les limites de la prudence.

Dans la Cité de Londres, où les cimetières sont fermés depuis plusieurs années, la situation est encore très-grave, comme on en pourra juger par les paroles suivantes de l'organe officiel de la salubrité :

« Tout cela (le sol de l'ensemble des cimetières de la Cité) contient environ 48.000 tonnes de débris humains. Des années et des années passeront avant qu'ils aient accompli leurs évolutions nécessaires et qu'ils soient redevenus des constituants de la vie ou des éléments inoffensifs de composés minéraux. Jusque-là il sera dangereux à l'extrême de toucher au sol à aucune profondeur. Je mets cette vérité devant vos yeux, parce qu'on a proposé plus d'une fois de tirer parti des cimetières de la Cité et d'en faire l'objet de spéculations comme terrains à bâtir..... Mais c'est mon devoir de vous avertir que cela ne peut être fait impunément. La santé publique exige que le sol de ces lieux demeure intact dans les années à venir. Ce n'est pas, en effet, une petite chose que d'exposer une si grande masse de pourriture à l'action de l'air. Il y a eu un temps où pareil fait a causé une épidémie; et qui voudrait avoir la témérité de le risquer maintenant? » (*Report on the sanitary condition of the City of London*, 1860, par le Dr Letheby.)

Ce qui paraît constant, d'après les enquêtes officielles dressées à la suite des épidémies de 1849 et de 1854, c'est que le choléra, à Londres et dans d'autres grandes villes, a sévi avec une grande force aux environs de cimetières dont les conditions étaient particulièrement défectueuses.

NOTE g.

Cette expérience, qui continue encore, est la seule, à notre connaissance, qui ait été faite dans d'aussi bonnes conditions pratiques et sur laquelle on ait recueilli des données aussi précises.

Le district expérimenté, dans la portion Est de la Cité, comprend

14.000 habitants. Les raisons qui l'ont fait choisir sont les suivantes :

Les égouts y ont très-peu de pente, la population est dense et pauvre, les rues sont généralement étroites, toutes conditions peu favorables à la salubrité; en outre, ce district pouvait facilement être isolé des égouts du voisinage.

Le développement des canaux est de 7.676 mètres, sur lesquels 624 mètres de simples tuyaux, et le reste, en briques, offrira des sections intérieures de 1 mètre à 1^m,50 de haut sur 0^m,60 à 1 mètre de large. Le nombre total des ouvertures de toute espèce, sur la voie publique, est de 414. Le nombre et la condition des drains privés débouchant à l'égout public n'offrent rien de particulier.

Laissons parler les rapporteurs eux-mêmes :

« La totalité de ces égouts fut isolée aussi complètement que possible, de manière à empêcher des courants d'air de s'établir entre eux et les égouts voisins; et, comme il a été dit, la disposition générale du district comportait cet isolement à un haut degré, en sorte qu'ils ne dépendaient que d'eux-mêmes pour leur propre ventilation.

« Il y avait deux dispositions adoptées pour l'usage du charbon; l'une patulée par MM. Bean et Burgess, consistait en une grande boîte à jour avec compartiments; l'autre, de notre invention, consistait en une série de tiroirs arrangés de manière à pouvoir être facilement retirés de la caisse..... Le charbon de bois était employé en morceaux de la grosseur d'une noisette. Il était emballé serré, mais sans compression, dans les divers tiroirs, qui contenaient chacun une livre et 1/12 (1/2 kilog.) de charbon; en tout 6 livres 1/2 (5 kilog.) pour les tiroirs de chaque filtre.....

« Le pouvoir désinfectant du charbon a été reconnu complet. Non-seulement il n'y a pas eu de plaintes du public sur les odeurs des orifices d'aérage, mais nous nous sommes assurés, par des observations spéciales, que l'odeur des gaz d'égout n'est pas sensible quand ils ont traversé le charbon....

« Quant à la durée de ce pouvoir, nous manquons de donnée suffisante. Le charbon paraît perdre la plus grande partie de sa propriété quand il est saturé d'eau; or, comme la position qu'occupent les boîtes qui le contiennent est telle qu'un certain contact de l'eau en temps de pluie est inévitable; comme, en outre, l'atmosphère des égouts est toujours très-humide, le charbon s'humecte au point qu'il faut le retirer longtemps avant que son pouvoir désinfectant soit épuisé. En moyenne, les filtres ont été

« rechargés tous les trois mois. S'ils pouvaient être disposés de manière à tenir le charbon sec, nous croyons qu'il ne faudrait pas le renouveler plus d'une fois par an, peut-être moins souvent.... »

« L'effet des filtres sur la ventilation générale est un point de la plus haute importance, et malheureusement celui sur lequel, après la plus attentive étude des faits constatés par l'expérience, nous ne sommes pas en état de donner une opinion très-positive. Nous devons établir que les observations faites dans les égouts avec de délicats anémomètres et par d'autres moyens n'ont pas révélé de courant d'air appréciable à travers les cheminées munies de filtres.... D'un autre côté, il ne paraît pas que les conditions de l'atmosphère des égouts aient été modifiées d'une manière appréciable, autant que cela résulte de l'expérience et des observations des ouvriers, qui ne se sont pas plaints que l'air y fût pire qu'auparavant.

« Des considérations chimiques et physiques nous conduiraient à conclure que, bien que le charbon en gros grains puisse offrir quelque résistance au passage d'un courant d'air, il ne peut affecter le pouvoir diffusif des gaz qui est si grandement lié au maintien de l'équilibre chimique de l'atmosphère. En effet, l'expérience a montré que des milieux, beaucoup plus denses que le charbon de bois, permettent le libre échange de l'air et la prompt dissémination des gaz nuisibles. D'autre part, la condition chimique de l'atmosphère intérieure des égouts (pourvus de filtres) d'après les analyses faites, témoigne d'une proportion de 79,96 p. 100 d'azote, 19,51 p. 100 d'oxygène, et 0,53 p. 100 d'acide carbonique, avec traces d'ammoniaque, de gaz des marais et d'hydrogène sulfuré. Il y a donc eu abondance d'oxygène pour le maintien des fonctions de la vie. Nous croyons en conséquence avoir le droit de conclure que le danger des ouvriers dans les égouts n'a pas été matériellement augmenté par l'application des filtres de charbon aux bouches d'aérage.

« Jusqu'à quel point ils obstrueraient le passage à une grande quantité de gaz de l'éclairage survenant dans les égouts, c'est encore un point à étudier. Le gaz est toujours dangereux et est le plus souvent la cause des accidents d'égout par explosion. Heureusement, cependant, sa présence est trahie par son odeur longtemps avant qu'il atteigne une proportion dangereuse, et, avec des précautions convenables, le risque de son explosion peut être évité.

« Ces considérations nous obligent à conclure que partout où

« des gaz s'échappent des drains privés ou des égouts publics, il est « de la dernière importance que ces gaz soient détruits, autant « que possible, et nous sommes d'opinion que, par l'emploi des « filtres de charbon, on peut trouver un remède dans beaucoup de « cas ». (Rapport à la Commission des égouts, par le D^r Letheby, inspecteur médical, et M. Haywood, ingénieur de la Cité, 1862.)

Quant à la dépense par filtre, elle a été de 220 francs pour l'installation, y compris les modifications qu'il a fallu faire subir aux cheminées d'aérage, et de 51,55 pour l'entretien annuel. Mais ces messieurs expriment l'espoir, qui paraît assez fondé, que si le système était en vigueur sur une grande échelle, cette dernière charge se réduirait à une dizaine de francs.

NOTE h.

Ces travaux ont été entrepris sous la direction du D^r Letheby et de M. Grainger, inspecteur du gouvernement. La relation suivante, empruntée à un compte rendu officiel de 1860, expose des faits caractéristiques des mœurs anglaises.

« Les résultats généraux de notre enquête peuvent être exprimés « en peu de mots : tout l'espace utilisable sous le sol des églises a « été consacré pendant des siècles à recevoir les morts. On ne peut « se figurer quelle immense quantité de matière putréfiable a été « ainsi déposée : même aujourd'hui certains caveaux regorgent de « matières corrompues ; et tout le long des ailes et des porches « des édifices sacrés se trouvent des tombeaux remplis de restes « humains. Dans la plupart des cas, la seule séparation entre les « vivants et les morts est une mince dalle de pierre et quelques « pouces de terre. C'est une barrière très-imparfaite aux émana- « tions nuisibles : aussi, d'une manière lente mais continue, les « produits gazeux de la décomposition se répandent dans l'atmo- « sphère de l'église. Parfois aussi, lorsque l'église est éclairée pour « le service du soir, et l'hiver, lorsque l'air est raréfié par la cha- « leur des feux, de fortes vapeurs pénètrent à profusion. Il est im- « possible de dire quel mal elles ont fait, et combien de personnes, « pendant qu'elles assistaient au culte divin, ont respiré une at- « mosphère de corruption et en ont reçu des atteintes mortelles.

« D'après nos investigations, nous avons trouvé environ 250 ca- « veaux sous les églises, dont la moitié sont publics ; et quoiqu'il « ne soit pas facile d'avoir un dénombrement exact des cercueils « qui y sont déposés, il y a lieu de croire qu'il n'y en a pas loin de

« 11.000, outre les centaines de corps dans les tombeaux des ailes « et des porches. Le plus souvent les caveaux sont inscrits dans l'air « générale de l'église, les ouvertures étant recouvertes par des « pièces de bois ou par des dalles de pierre. Les cercueils sont gé- « néralement en plomb, avec une enveloppe en bois, et ils sont « fréquemment empilés jusqu'au sommet de la voûte. Lorsque le « bois se pourrit, le poids de la masse supérieure écrase le plomb, « et il s'échappe un liquide impur de l'odeur la plus infecte. Mais « outre cette cause de destruction, le plomb lui-même est attaqué « par les gaz délétères des caveaux, et est percé de nombreux « trous, comme s'il était rongé des vers (*).

« Dans la plupart des caveaux que nous avons visités, les cer- « cueils étaient à tous les degrés de pourriture, et l'atmosphère « nauséabonde à l'excès ; tellement que dans plusieurs occasions, « nous avons été obligés de discontinuer l'inspection pour quelque « temps. L'air chargé d'émanations nuisibles s'échappe nécessaire- « ment ; il se répand dans l'atmosphère de l'église ou passe par « les orifices d'aérage sur la voie publique. Les inspecteurs con- « statent qu'il n'y avait pas moins de 120 de ces orifices dans la « Cité, dont la plupart étaient à quelques pieds des fenêtres des « habitations.

« Il est à peine besoin de dire que cet état de choses appelle un « remède.... Dans chaque cas où cela a été praticable, les caveaux « ont été ventilés, et nous avons fait des fumigations de chlore ; « après quoi, les cercueils ont été arrangés dans un ordre décent, « sous la direction des autorités locales, et recouverts d'environ « 2 pieds de terre sèche, sur laquelle on a mis un lit de charbon « de bois de 2 à 5 pouces d'épaisseur, et, comme l'efficacité de ces « substances dépend du libre accès de l'air atmosphérique, des « tuyaux de ventilation ont été conduits depuis les caveaux jus- « qu'au toit des églises. Toutes les autres ouvertures ont été fer- « mées d'une manière permanente, de telle sorte que si quelque « gaz nuisible s'échappait, il serait détourné de l'église ou de la voie « publique et envoyé dans l'atmosphère supérieure. Là où ces ar- « rangements ont été adoptés, la condition sanitaire des caveaux a « été si fort améliorée que les fidèles peuvent maintenant se réunir « dans les églises sans aucune incommodité ni danger. »

(*) A ces deux causes viennent s'ajouter les explosions spontanées des cercueils de plomb, sous la pression des gaz intérieurs, dont plusieurs ont été relevées dans divers caveaux. Mais ce sont là des effets d'une étendue bien plus limitée.

NOTÉ i.

Voici le règlement des abattoirs de la Cité, en vigueur depuis 1860 :

Art. 1^{er}. Chaque abattoir sera pavé avec de l'asphalte ou avec des dalles de pierres, reposant sur du ciment, et sera établi avec une pente convenable et des rigoles dirigées vers une bouche de décharge.

Art. 2. Il sera efficacement drainé par un drain suffisant communiquant directement avec l'égout public. La bouche de décharge, à sa jonction avec le drain, sera pourvue d'une bonne trappe-siphon en poterie de grès ou d'une autre trappe de forme et de construction approuvées, et sera recouvert d'une grille fixe dont les barreaux ne seront pas espacés de plus de 5/8 de pouce (1 centimètre).

Art. 3. Il sera pourvu d'une citerne suffisante approvisionnée d'eau, et sera entièrement lavé et nettoyé après que la tuerie sera terminée.

Art. 4. Il sera suffisamment ventilé, et de manière à ne pas incommoder les voisins.

Art. 5. Aucune fosse pour le sang ou pour tout autre objet ne pourra être conservée ou établie en dedans d'un abattoir.

Art. 6. La surface intérieure de chaque abattoir, à une hauteur de 10 pieds (3 mètres), y compris les lieux de fourrière, sera blanchie à la chaux, le 25 mars, et à la Saint-Michel, ou pendant la semaine qui suit chacune de ces dates, et plus souvent si c'est nécessaire. La totalité de la surface intérieure sera blanchie vers le milieu de l'été.

Art. 7. Le sang, la graisse, la peau, les excréments et les issues de tous les animaux abattus entre 6 heures du soir et 6 heures du matin de chaque jour seront éloignés de l'abattoir avant 7 heures du matin; et ceux de tous les animaux abattus entre 6 heures du matin et 6 heures du soir seront éloignés de 8 heures du soir à minuit.

Art. 8. Chaque abattoir sera pourvu d'un aménagement ou lieu de fourrière suffisant pour le bétail, séparé de l'endroit où les viandes sont entreposées; les animaux n'y seront pas gardés plus de 12 heures avant d'être tués, et les veaux ne seront pas gardés en fourrière ou dans l'abattoir entre 8 heures du soir et 6 heures du matin.

Les dispositions suivantes, assez semblables à celles qu'on vient de lire, régissent les vacheries de Whitechapel, depuis la fin de la même année 1860 :

Art. 1^{er}. Chaque vacherie sera pavée avec des dalles ou d'autres matériaux non absorbants, reposant sur un lit de ciment avec une inclinaison convenable de la tête au pied des stalles, de façon à écouler les liquides dans une rigole conduisant, avec une pente de 1 pouce 1/2 au moins sur 10 pieds (0",0125 par mètre), à une bouche munie de trappe.

Art. 2. Chaque vacherie sera pourvue d'un drain convenable muni de trappe pour amener aux égouts les matières liquides exclusivement.

Art. 5. Elle sera suffisamment approvisionnée d'eau, et sera entièrement lavée au moins une fois par jour.

Art. 4. Toutes les parties solides du fumier et les débris seront soigneusement balayés deux fois par jour, pour être gardés à couvert et être emportés de bonne heure chaque matin.

Art. 5. Chaque vacherie sera tenue en bon état, et les murs seront blanchis à la chaux au moins 4 fois l'an.

Art. 6. Elle offrira un espace suffisant pour chaque vache et sera convenablement éclairée et ventilée.

Art. 7. Chaque cour, dans laquelle donne la vacherie, sera bien pavée avec de la pierre ou d'autres matériaux imperméables; elle sera proprement drainée et lavée au moins une fois par jour.

NOTE k.

Les expériences des D^{rs} Hofmann et Frankland sont, croyons-nous, celles qui, par la quantité de matières essayées, se rapprochent le plus des conditions de la pratique. Voici le compte rendu donné par les auteurs eux-mêmes :

« Afin de nous mettre à même d'opérer sur une échelle suffisante, « des bassins en briques, doublés de ciment, et contenant chacun « 7.500 gallons (34 mètres cubes 1/2), furent construits à l'embou- « chure de l'égout King's Scholars Pond. Les eaux étaient élevées « dans ces bassins au moyen d'une pompe à vapeur, et les divers « désinfectants étaient mélangés, soit en les introduisant dans le « jet au fur et à mesure du remplissage, soit en les agitant méca- « niquement au sein de la masse liquide.

« De plusieurs expériences ainsi conduites, il ressort que chacun « des 3 agents susmentionnés (le perchlorure de fer, le chlorure « de chaux et la chaux) peut désinfecter immédiatement les « 7.500 gallons, quand on les applique dans les proportions sui- « vantes :

Perchlorure de fer.	1/2 gallon.
Chlorure de chaux.	3 livres (1 ¹ / ₄ ,454)
Chaux.	1 bushel (8 gallons).

« Il en résulte que 1 million de gallons (4.543 mètres cubes) d'eau d'égout exige respectivement :

	l.	s.	d.	f.
66 gallons de perchlorure de fer, coûtant	1	13	3	(41,55)
400 livres de chlorure de chaux	2	2	10	1/2 (53,85)
132 1/2 bushels de chaux.	3	6	6	(83,30)

Ces messieurs, après avoir trouvé que les liquides ainsi désinfectés entraînent en putréfaction après des délais variables, selon la nature de l'agent employé, savoir : 2 jours pour la chaux, 4 jours pour le chlorure de chaux et 9 ou 10 jours pour le perchlorure de fer, ajoutent :

« Il nous reste à porter notre attention particulière sur la nécessité de décharger les eaux d'égout dans la rivière, aussi privées que possible de matières en suspension. Nous avons trouvé que ces matières, une fois séparées des eaux, même désinfectées, passent rapidement dans les temps chauds à un état de putréfaction active. Leur enlèvement préviendrait à un haut degré la formation de dépôts insalubres sur les bords de la Tamise, sans parler de l'amélioration qui en résulterait dans l'aspect du fleuve.... La tendance putrescive des matières séparées rend leur rapide enlèvement de la plus haute importance, surtout pendant l'été. Car le travail de la fermentation, une fois commencé, ne peut plus être arrêté que par des masses de désinfectants pratiquement impossibles.... Les opérations de cette espèce doivent être conduites aussi loin que possible des districts populeux. » (Rapport au Conseil métropolitain des travaux, par MM. Hofmann et Frankland.)

Ajoutons que le D^r Letheby, consulté par la Cité sur la même question, n'hésite pas à se prononcer contre l'efficacité finale de semblables procédés, auxquels il reproche non-seulement le caractère éphémère de la purification, mais encore son impuissance à détruire tous les éléments dangereux ; « Sans doute, dit-il, la destruction d'odeurs impures comme celle de l'hydrogène sulfuré peut être de quelque avantage ; mais il n'y a pas la moindre preuve que ce soit là les seuls ou même les principaux éléments d'insalubrité ; et il n'y a aucun motif scientifique de croire que leur destruction soit suffisante pour diminuer la cause ou l'étendue d'une épidémie. »

NOTE I.

Les égouts tubulaires sont une partie du système tubulaire de circulation continue qui a passionné les esprits en Angleterre, il y a quelques années, et dont plusieurs dispositions fondamentales sont définitivement entrées dans le domaine de la pratique. Ce système, que défendait M. Chadwick au sein du General Board of Health, et dont M. Ward s'était fait l'organe éloquent dans le *Times*, comprend 4 réseaux distincts de conduites tubulaires ayant respectivement pour objet : 1° de récolter les eaux potables par des drains perméables posés sous le sol des plaines environnantes et de les distribuer à domicile ; d'enlever par des drains imperméables tous les résidus de la ville ; 3° de distribuer ces liquides impurs aux champs cultivés par des canaux souterrains d'irrigation ; 4° de drainer ces mêmes champs pour rendre aux cours d'eau les liquides purifiés.

M. Ward a fait lui-même l'exposition du système dans une séance publique, il y a quelques années. C'est en quelque sorte le programme de la nouvelle École sanitaire :

« Pour la recueillir, cette eau pure, nous préférons les sources des rochers primitifs, et, à défaut de celles-ci, nous les imitons en posant des tuyaux de drainage, véritables sources artificielles, pour recueillir les eaux douces des sables et graviers purs.

« Quand de tels sables nous font défaut, nous prenons l'eau des sources calcaires et la purifions par un procédé chimique que j'aurai le plaisir de vous exposer demain.

« L'eau pure et douce une fois obtenue, nous la conduisons à la ville par un tuyau fermé, et nous la distribuons à chaque maison par un embranchement constamment rempli à haute pression ; de sorte que le consommateur, en tournant le robinet, trouve, pour ainsi dire, la source elle-même transportée chez lui.

« Nous éliminons ainsi les citernes et les réservoirs, éléments de stagnation nuisible, selon nous, et qui augmentent inutilement les dépenses du service.

« L'enlèvement de l'eau, quand elle a servi et se trouve enrichie des résidus de la population, s'opère par des égouts tubulaires de section réduite, qui ne laissent pas séjourner un instant les ordures, qui ne leur donnent pas le temps d'entrer en décomposition, mais qui les charrient hors de la ville, dans un courant d'eau rapide, au fur et à mesure de leur production.

« Nous éliminons donc les fosses stagnantes ; nous remplaçons

« les latrines ouvertes par le *water closet* dans la maison du
« moindre ouvrier, et nous abolissons ainsi, avec toute odeur dés-
« agréable et toute putréfaction nuisible, les innombrables ma-
« ladies que les miasmes et la putréfaction engendrent.

« Voilà pour les deux premières branches du système, branches
« qui, prises ensemble, en constituent la division urbaine.

« J'arrive maintenant aux deux branches qui, réunies à leur tour,
« constituent la division rurale du système : celle qui applique au
« sol les engrais charriés par les eaux résiduaires de la ville, et qui
« enlève enfin aux champs l'eau qui s'y trouve en excès.

« Ici encore, comme dans la ville, point de stagnation, point
« d'odeur méphitique, point de décomposition pestifère entraînant
« la déperdition de l'ammoniaque, cet élément si précieux des
« engrais.

« L'application des eaux résiduaires au sol s'effectue d'une ma-
« nière continue, au fur et à mesure de leur production, au moyen
« de tuyaux souterrains d'irrigation, semblables aux tuyaux em-
« ployés pour la distribution du gaz. Ces tuyaux sont munis, de
« distance en distance, de petits embranchements verticaux, aux-
« quels on peut attacher un boyau flexible terminé par une lance.
« L'engrais liquide, refoulé dans ces tuyaux à l'aide d'une machine
« à vapeur, s'échappe en un jet puissant qui, convenablement di-
« rigé, retombe en pluie sur la terre, dont un homme assisté d'un
« garçon peut fertiliser ainsi plusieurs acres par jour.

« Ainsi se trouve éliminé un autre élément de stagnation nuisible,
« la fosse d'emmagasinage de l'engrais fécal. Notre système n'ad-
« met pas, même à la campagne, cette infraction au principe de
« circulation. Pour nous, la terre elle-même est le magasin naturel
« de l'engrais, dont elle retient chimiquement les parties fertili-
« santes, en laissant filtrer seulement l'eau en excès.

« L'enlèvement de cet excès d'eau, dernier anneau de cette
« vaste chaîne d'opérations, s'effectue par des tuyaux de drainage
« posés au-dessous de la surface du sol, à une profondeur telle que
« l'eau ne puisse s'y infiltrer avant d'être entièrement dépouillée,
« au profit de la terre, des éléments fertilisants qu'elle charrie.

« Les tuyaux de drainage, dont les derniers embranchements
« n'ont que 3 centimètres de diamètre, s'agrandissent en se réunis-
« sant jusqu'à ce que, par un conduit principal, ils dirigent l'eau
« surabondante à la rivière. »

C'est ce système que la petite ville de Rugby a scrupuleusement
appliqué dans toutes ses parties, et qui l'a rendue célèbre dans le
monde savant.

Indépendamment des quatre réseaux qu'on vient de voir, la nou-
velle École sanitaire en demande un cinquième destiné à l'écoule-
ment des eaux pluviales faiblement impures. C'est la conséquence
naturelle des égouts à faible section et à circulation rapide. Mais
M. Ward, tout convaincu qu'il est de la nécessité de ce complé-
ment, nous a paru moins ferme dans la question d'agencement
pratique. Cette séparation de liquides entraîne de sérieuses diffi-
cultés, et les promoteurs de l'idée ne présentent jusqu'à présent
aucune solution satisfaisante.

NOTE m.

Les actes fondamentaux qui régissent le drainage urbain sont le
Public Health Act (1848) (*) et le *Metropolis local Management Act*
(1855). Ces lois consacrent d'une manière directe le principe de
l'intervention de l'autorité dans l'aménagement intérieur des habi-
tations privées. Elles fournissent, en outre, un nouvel exemple de
cette inégalité que nous signalions entre les villes au sujet des fa-
briques insalubres. Les dispositions prises pour Londres sont plus
étroites que celles qui régissent le reste du royaume.

Les extraits suivants donnent un aperçu de l'économie de la lé-
gislation.

L'article 49 du *Public Health Act* ne concerne que les maisons
nouvelles, c'est-à-dire bâties postérieurement à la mise à exécu-
tion dudit acte. Il est ainsi conçu :

« Art. 49. Il ne sera pas permis d'élever une maison nouvelle ou
« de rebâtir une maison démolie au niveau du sol, ou d'occuper
« une maison ainsi élevée ou rebâtie, à moins et jusqu'à ce que un
« ou plusieurs drains couverts aient été placés de telle nature et
« de telle dimension, à tel niveau et avec telle pente qui seront ju-
« gés nécessaires, d'après le rapport de l'inspecteur (de la ville),
« pour effectuer un bon et suffisant drainage de ladite maison et
« de ses dépendances. Si la mer ou quelque égout public n'est pas
« éloigné de plus de 100 pieds (30 mètres) d'un point quelconque
« de l'emplacement de ladite maison, le ou les drains seront mis
« en communication avec celui de ces moyens d'évacuation que
« prescrira le conseil local (de salubrité); et si aucun de ces
« moyens ne se trouve à la distance susmentionnée, le ou les drains
« communiqueront et se videront à une fosse couverte ou à autre

(*) Les dispositions du *Public Health Act* sur le drainage ont reproduit, en les
complétant, celles du *Towns improvement Clauses Act* de 1847 (art. 35 et suivants).

« réceptacle qui ne sera situé sous aucune maison ni dans le rayon
« d'aucune maison fixé par le conseil local..... »

L'article 51, qui ne s'applique également qu'aux maisons nouvelles, prescrit l'établissement de lieux d'aisance convenables :

« Art. 51. Il ne sera pas permis d'élever..... sans un convenable
« *water closet* ou lieux d'aisance, et sans un trou à cendres, pour-
« vus de portes et couvertures en bon état..... »

L'article 58 s'applique aux habitations de date quelconque, lorsque leur aménagement est assez défectueux pour devenir une cause d'insalubrité :

« Art. 58. Le conseil local de salubrité fera drainer, nettoyer,
« couvrir ou combler, ou obligera à faire drainer, nettoyer, cou-
« vrir ou combler, toutes fosses, trous, fossés découverts, égouts,
« drains et autres établissements recevant ou conduisant tout li-
« quide d'égout, ordure, eau, matière ou toute chose de nature
« incommode ou préjudiciable à la salubrité....., ou il obligera à
« construire un égout ou drain convenable pour la décharge, selon
« que les circonstances l'exigeront.... »

Voici maintenant les prescriptions analogues, mais plus étroites du *Metropolis local Management Act*. Les articles 75 et 81 correspondent aux articles 49 et 51 ci-dessus, et ne concernent, comme eux, que le drainage des constructions nouvelles :

« Art. 75. Il ne sera pas permis d'élever une maison.... à moins
« qu'un drain, avec *embranchements et autres ouvrages s'y ratta-*
« *chant et avec une distribution d'eau comme il est dit ci-dessus*, soit
« installé et mis en état, à la satisfaction de l'inspecteur du con-
« seil....., de manière à assurer le drainage de l'étage inférieur de
« la maison et des divers étages au-dessus, ainsi que des surfaces
« qui en dépendent, des *water closets, lieux d'aisance et bureaux*
« (s'il y en a), lequel drain sera conduit à l'égout....., et s'il n'y a
« pas d'égout construit ou projeté dans un rayon de 100 pieds
« (30 mètres), dans une fosse couverte ou autre réceptacle.... »

« Art. 81. Il ne sera pas permis d'élever une maison.... sans un
« convenable *water closet* ou *lieu d'aisance*, et sans un trou à
« cendres, pourvus aussi, en ce qui concerne le *water closet*, d'un
« bon appareil à eau avec trappe fonctionnant bien à la cuvette et
« autres arrangements convenables.... »

L'article 86, relatif à l'entretien des organes de drainage, ne diffère pas sensiblement de l'article 58 précité; mais voici un article 75 applicable aux maisons de toute date, qui n'a pas son équivalent dans la loi générale :

« Art. 75. Si quelque maison bâtie soit avant, soit après la mise

« en exécution du présent acte est trouvée sans être drainée par un
« drain suffisant communiquant et déchargeant à quelque égout,
« à la satisfaction du conseil, et si un égout de dimension suffi-
« sante existe dans le rayon de 100 pieds (30 mètres) de ladite mai-
« son et à un niveau inférieur, le conseil aura le droit de requé-
« rir.... la construction d'un drain couvert allant de la maison à
« l'égout....., de manière à assurer le drainage de la maison, de ses
« différents étages, ainsi que des surfaces qui en dépendent, des
« *water closets*..... »

Cet article, combiné avec le 75, assujettit finalement toute construction, ancienne ou nouvelle, à Londres, à se drainer à l'égout public, quand la distance du point le plus rapproché ne dépasse pas 30 mètres. Au contraire, dans les autres villes du royaume, dans celles, bien entendu, où le *Public Health Act* a été rendu spécialement applicable, la prescription n'est expresse que pour les maisons nouvelles, et elle ne s'étend aux anciennes que dans le cas où leur situation est assez défectueuse pour devenir une véritable cause d'insalubrité.

Les dispositions qui précèdent sont, en ce qui concerne le danger d'insalubrité, reproduites et renforcées par le *Nuisance removal Act* de 1855.

NOTE

SUR UN ACCIDENT SURVENU A LA CHAUDIÈRE DU BATEAU A VAPEUR
l'Honorine, EMPLOYÉ AUX TRAVAUX DU PORT D'ORAN (ALGÉRIE).

Par M. CALLON,
ingénieur en chef, professeur à l'École des mines.

Dans un rapport en date du 26 février 1863, M. l'ingénieur ordinaire des mines Rocard, en résidence à Oran, a rendu compte d'une explosion survenue quelques jours auparavant à la chaudière du bateau à vapeur *l'Honorine*, servant à transporter au large les sables enlevés à la drague dans l'intérieur du port.

Cet accident, qui a occasionné la mort du mécanicien, s'est produit dans des circonstances qu'il a paru utile de porter à la connaissance du public, et tel est le but de la présente note, qui résume, en le modifiant légèrement dans ses conclusions, le rapport plus étendu de M. Rocard.

Description de la chaudière. — La chaudière du bateau à vapeur *l'Honorine* est de forme cylindrique, à section elliptique, à fonds plats; elle est en tôle de fer; sa longueur est de 2^m,40; les axes de l'ellipse directrice ont 2^m,50 et 1^m,40 de longueur. Elle est pourvue de deux foyers cylindriques dont les centres correspondent aux deux foyers de l'ellipse; ils ont 0^m,50 de diamètre intérieur, leur longueur est de 2 mètres; de même que la chaudière qu'ils renferme, ils sont en tôle de fer.

Dans l'intervalle qui sépare les deux foyers, un faisceau

de 30 tubes en cuivre, de 0^m,08 de diamètre intérieur, servent de carneaux, retour de flamme, et la boîte à fumée à laquelle ils aboutissent correspond immédiatement au-dessous de la cheminée. Un dôme, servant de magasin de vapeur, surmonte la partie postérieure de la chaudière; le fond de ce dôme est pourvu d'une ouverture dite *trou d'homme* que ferme une trappe autoclave.

Les appareils de sûreté consistent :

- 1° En deux soupapes de sûreté placées sur la partie supérieure de la chaudière, entre le dôme et la cheminée;
- 2° En deux robinets de jauge;
- 3° Un tube indicateur en verre;
- 4° Un sifflet d'alarme placé sur le fond du dôme;
- 5° Un manomètre indicateur de la pression, système Bourdon, complète cet ensemble d'appareils de sûreté.

Le diamètre des soupapes de sûreté est de 75 millimètres, la largeur de la zone annulaire de recouvrement égale à 0^m,002; elle est conforme aux indications de l'instruction ministérielle du 23 juillet 1843.

Le rapport des bras de levier est de 1/7; l'action du levier sur le centre de chaque soupape a été trouvée de 4^k,500 et le poids de ces dernières est de 290 grammes.

La charge appliquée à l'extrémité de chaque levier a été aussi trouvée de 5^k,500.

L'alimentation était produite au moyen d'un *petit cheval*, appliqué contre la muraille de tribord, et empruntant la vapeur à la chaudière. Le bateau étant soumis à des temps d'arrêt assez longs pendant l'opération du chargement, on comprend que la pompe alimentaire devait être indépendante du mouvement de la machine.

La surface de chauffe de ce générateur est de 21^m²,87; sa capacité est égale à 4^m³,860.

Outre deux tringles en fer qui remplissaient le rôle de tirants pour les fonds plats, les deux foyers et les tubes retour de flamme formaient un système d'armatures qui

augmentaient considérablement la résistance de cette partie de la chaudière.

Cette dernière était supportée par deux longrines en bois, qui la maintenaient à 0^m,12 au-dessus du plancher du bateau; deux attaches clouées contre les cornières qui soutenaient la cloison de séparation en tôle, la consolidaient contre les effets du roulis ou du tangage.

Deux plaques de tôle, placées au-dessous de l'ouverture des fourneaux, protégeaient le plancher contre le contact immédiat des cendres et des escarbilles qui tombaient de ces fourneaux.

La machine est placée à 1^m,50 en avant de la chaudière; elle consiste en deux cylindres verticaux fixés sur un bâtis en fonte; les pistons ont 0^m,204 de diamètre et 0^m,25 de course. Le mouvement est transmis directement à un arbre coudé, à l'une des extrémités duquel est placée l'hélice. La vitesse du piston en marche normale est de 150 à 140 coups par minute. La force de la machine est de 12 chevaux-vapeur environ; elle est à détente fixe et sans condensation.

La chaudière et la machine sortent des ateliers de M. Knight, mécanicien constructeur à Avignon. L'une et l'autre ont été éprouvées, timbrées et poinçonnées pour une pression intérieure de 3 atmosphères et 1/2.

Le séjour de ce bateau dans le port d'Oran était subordonné à l'achèvement de l'opération du dragage.

État de la chaudière et des autres parties du bateau après l'explosion. — D'après les déclarations des ouvriers employés à la drague et sur le bateau *L'Honorine*, présents au moment de l'accident, le bateau était prêt à partir; son chargement était complet. L'explosion s'est produite sans manifester le bruit et le fracas habituels qui signalent ces sortes de catastrophes. Seulement un grand nuage de vapeur, s'échappant avec force par l'écouille de la machine et par les ouvertures pratiquées sur le pont pour livrer

passage à la cheminée et au dôme de la chaudière, a arraché dans son trajet une partie du plancher correspondant au-dessus de la chaudière, mais sans qu'il y ait eu projection.

Aussitôt que l'intérieur du compartiment dans lequel étaient la chaudière et la machine fut dégagé de la quantité de vapeur qui la remplissait, quelques ouvriers y pénétrèrent pour porter secours au mécanicien que l'on savait être à son poste en ce moment-là. Ce malheureux fut trouvé couché en travers sur l'arbre de l'hélice, la poitrine appuyée sur le manchon d'embrayage et la face tournée contre le plancher; une partie du corps baignait dans l'eau bouillante qui s'était échappée de la chaudière; il ne donnait plus signe de vie. Une forte blessure se voyait à la partie postérieure de la tête. Il fut transporté à l'hôpital, où il mourut une heure après.

Le patron du bateau reçut quelques légères brûlures, occasionnées sans doute par de l'eau que la vapeur avait entraînée; il se trouvait à ce moment là tout près des écoutes.

L'examen de la chaudière a fait constater à M. Rocard une large déchirure à la partie inférieure, suivant la ligne des rivets, dont le plan est perpendiculaire à l'axe de la chaudière. Elle a la forme d'une grande boutonnière de 0^m,12 d'ouverture dans sa partie la plus large, et elle vient se terminer approximativement aux extrémités du grand axe de l'ellipse directrice.

La rupture s'est faite exactement suivant l'axe des rivets, dont l'espacement est de 0,068 et le diamètre 0^m,02. En outre, on remarquait en cet endroit une déformation assez considérable dans le contour de la chaudière; le grand axe de l'ellipse s'était raccourci de 0^m,12 environ, tandis que le petit axe avait augmenté de cette quantité.

M. Rocard a mesuré avec soin l'épaisseur de la tôle en différents endroits; il a reconnu que généralement elle pré-

sentait aux assemblages des rivures une épaisseur moyenne de 10 millimètres $\frac{1}{2}$, à l'exception toutefois de la partie où s'était produite la déchirure dont l'épaisseur a été trouvée de 8 millimètres $\frac{3}{10}$.

Une des deux longrines, celle de bâbord, avait été renversée en pivotant sur son arête extérieure. Cet appui faisant défaut, la chaudière s'était laissée choir sur le plancher; les attaches qui la tenaient fixée contre la cornière de la cloison se sont détachées en emportant un morceau de la cornière. Une partie des planches a été arrachée par l'eau qui s'échappait avec une grande violence de la déchirure, et les plaques placées au-dessous de l'ouverture des fourneaux ont été projetées avec force contre la machine, dont quelques organes ont été brisés par le choc; il est même probable que la chute et la blessure du mécanicien sont dues à l'une de ces plaques.

Les tuyaux de prise de vapeur de la machine et du *petit cheval* ont été rompus et déformés; celui d'alimentation a subi le même sort, et deux poteaux en fer soutenant le pont ont été fortement courbés.

En outre, le fond antérieur a été cassé, mais les foyers et les tubes retour de flamme n'ont subi aucune avarie.

La chaudière avait été repiquée et nettoyée six jours auparavant; elle était intérieurement dans un état de propreté satisfaisant.

Le manomètre indicateur, les robinets de jauge, le tube du niveau de l'eau étaient intacts et devaient bien fonctionner. Les poids des soupapes de sûreté étaient tombés à côté des leviers. La plaque qui recouvrait la boîte dans laquelle étaient emprisonnées les soupapes de sûreté était brisée dans le sens longitudinal; ce résultat doit être attribué à l'énorme secousse que deux poids de 15^k,500, placés à l'extrémité des leviers, ont dû imprimer à cette plaque au moment de la chute de la chaudière.

Les deux soupapes de sûreté sont placées sur deux tubu-

lures appliquées contre la partie supérieure de la chaudière, ainsi qu'il a été dit plus haut. Elles sont emprisonnées dans une boîte de fonte, de forme elliptique, que recouvre exactement la plaque de fonte mentionnée ci-dessus : cette plaque est percée de deux trous qui laissent passer les queues des soupapes sur lesquelles viennent s'appuyer les leviers.

La vapeur qui s'échappait des soupapes par suite d'un excès de pression était conduite dans l'atmosphère par un tuyau.

M. Rocard, en faisant dévisser la plaque qui recouvrait les soupapes, a constaté la présence de plaques de plomb de 2 millimètres d'épaisseur, imprimées profondément sur les tubulures; de sorte que les soupapes portaient sur ces plaques au lieu de s'appuyer directement sur la surface annulaire des tubulures. Sans doute, ce moyen avait été employé pour parer au rûdage imparfait des soupapes; mais il devait, dans une certaine mesure, augmenter l'adhérence de celles-ci sur leurs sièges, et permettre ainsi un certain excès de pression.

Discussion sur les causes probables de l'accident. — Après avoir signalé les rondelles de plomb ci-dessus (dont l'influence semble cependant n'avoir pu être que très-secondaire), M. Rocard remarque que le procès-verbal d'épreuve de la chaudière, établi le 14 décembre 1860 (deux ans seulement avant l'accident), indique une épaisseur de tôle de 12 millimètres, tandis qu'il n'a trouvé que 10 millimètres $1/2$, et même seulement 8^{mm},3 à la rupture.

Ainsi, d'une part la pression pouvait s'élever au-dessus du timbre par l'adhérence des soupapes; d'autre part, la tôle n'avait plus qu'une épaisseur réduite. De là une déformation possible facilitée par la section elliptique de la chaudière, et à la suite de la déformation, déchirure sans phénomènes violents de projection, suivant la ligne de moindre résistance.

M. Rocard ajoute :

Il nous reste à examiner deux hypothèses pour donner une autre explication de l'accident du 31 janvier : l'explosion pourrait être aussi attribuée à un défaut d'alimentation qui aurait pu donner suite à un coup de feu, ou à la mauvaise qualité de la tôle de la chaudière.

La première hypothèse n'est guère admissible; il résulte en effet de la déclaration du sieur Fouque, qui se trouvait à bord de l'*Honorine* quelques moments avant l'explosion, que le tube indicateur était à son niveau normal. D'ailleurs, l'examen des parois des foyers ne porte aucune trace du coup de feu provenant du défaut d'alimentation, ce qui corrobore le dire du sieur Fouque.

Quant à la seconde, elle n'est pas mieux fondée; la déformation qu'a subie la chaudière avant la rupture est un indice de la bonne qualité de la tôle, et celle-ci n'a dû céder que sous l'effort d'une tension extraordinaire.

Enfin, un dernier point reste à éclaircir; nous voulons parler de la diminution rapide et considérable de l'épaisseur de la tôle qui, suivant le procès-verbal d'épreuve, était primitivement de 12 millimètres.

La chaudière du bateau l'*Honorine* n'était protégée par aucune enveloppe.

L'action oxydante de l'eau de mer, facilitée par de grandes variations de température, pouvait s'exercer librement sur toute sa surface extérieure; c'est donc à elle seule qu'il faut attribuer l'altération du métal.

Si ce phénomène chimique s'est produit avec plus d'intensité dans la partie inférieure, c'est que cette partie était plus particulièrement exposée à des alternatives de chaleur et d'humidité, à cause du voisinage trop rapproché du fond du bateau, où l'eau séjournait continuellement.

Résumé et conclusion. — De tout ce qui précède, on peut conclure, 1° que l'accident du 31 janvier, relaté ci-dessus, est dû *essentiellement* à la réduction de l'épaisseur de la

tôle dans certaines parties de la chaudière, et *très-accessoirement* à la petite surcharge pouvant résulter de l'augmentation de l'adhérence des soupapes sur leurs sièges;

2° Que cette réduction d'épaisseur, très-rapidement produite, doit être attribuée à l'action oxydante de l'eau de mer, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la chaudière, et que cette circonstance mérite d'appeler l'attention de toutes les personnes ayant à employer des chaudières placées dans des conditions analogues à celles qui existent sur le bateau *l'Honorine*.

P. S. La note ci-dessus a été soumise, dans la séance du 18 mai 1865, à la commission centrale des machines à vapeur qui l'a approuvée et en a adopté les conclusions.

RAPPORT

SUR L'EXPLOSION D'UNE CHAUDIÈRE A VAPEUR A L'USINE
DE SAINT-LOUIS, PRÈS MARSEILLE.

Par M. VILLOT, ingénieur des mines.

Appareils à vapeur. — Le 1^{er} juin, l'ingénieur soussigné fut prévenu par M. Gailliard, ingénieur des hauts fourneaux de Saint-Louis, qu'une explosion de chaudière à vapeur venait d'avoir lieu dans son usine. Il se transporta le 2 juin sur les lieux, et les faits suivants sont le résultat de ses investigations.

Les chaudières qui fournissent la vapeur aux machines motrices des cylindres soufflants sont alimentées par une batterie de sept chaudières identiques accolées dans un même massif; elles sont de forme cylindrique, à fonds hémisphériques, sans bouilleur, chauffées par le gaz des hauts fourneaux et par un peu de houille placée sur la grille (Pl. V, fig. 1 à 6). On se propose de modifier ces chaudières en leur adjoignant un bouilleur. Pour effectuer cette opération, on a démolé les carneaux de la chaudière n° 7 qui se trouve, depuis lors, isolée complètement des six autres. L'appareil n° 6 termine donc le massif.

Le personnel se compose d'un mécanicien chef de service, d'un chauffeur et d'un aide, chargé, entre autres choses, d'alimenter les chaudières, sur l'ordre que doit lui en donner le mécanicien.

Le 30 mai, à six heures du soir, ces trois ouvriers prirent le poste; les chaudières étaient remplies d'eau à leur niveau

supérieur habituel. A onze heures du soir, on n'avait point encore alimenté le générateur n° 6; l'aide et le chauffeur le firent observer au mécanicien, mais celui-ci, à l'inspection du tube indicateur du niveau qui marquait une hauteur d'eau encore assez considérable et supérieure au niveau réglementaire le plus bas, défendit l'alimentation. Les choses restèrent en cet état jusqu'à quatre heures et demie du matin. A ce moment, revenu vers le même générateur, le mécanicien, qui aperçut encore son niveau plein d'eau, eut enfin l'idée qu'il devait être bouché; il se hâta alors de manœuvrer le robinet de purge R, après avoir fermé R', pour nettoyer le tube; de faire ouvrir le tampon T par le chauffeur, après fermeture préalable de R'', pour passer un fil dans la douille D qui lui avait paru obstruée; les soupapes se levèrent pendant un instant. Loin que ce fait le mit en garde contre une brusque alimentation, il donna, au contraire, l'ordre à l'aide, qui se tenait sur le massif, d'ouvrir la valve d'admission d'eau. Celui-ci prévint le danger; son chef s'obstina: alors cet enfant, qui, dans ce cas, a fait preuve d'une rare intelligence, obéit aux injonctions du mécanicien, puis se mit à fuir vers l'autre extrémité du massif. Il n'était pas arrivé, que l'explosion eut lieu.

D'après ce qui précède, la cause de l'accident est déjà évidente; les parois des tôles étaient rougies, et l'alimentation, en relevant brusquement le plan d'eau, a produit son inévitable effet. On peut, du reste, essayer de corroborer cette opinion par quelques considérations très-simples et suffisamment rigoureuses qui montreront qu'en effet, le plan d'eau devait être descendu depuis assez longtemps au-dessous du niveau des carneaux.

Il est facile de calculer la quantité d'eau qui se trouvait dans la chaudière à six heures. Au commencement du poste, elle était de 15.551 litres, en supposant le niveau supérieur à 35 centimètres au-dessus de l'axe de la chaudière; c'est à peu près la hauteur à laquelle on paraît

l'avoir porté, d'après les renseignements que j'ai pris (*).

Cinq chaudières étaient en marche et alimentaient les deux machines d'une force totale de 120 chevaux.

La pression de marche est de 4 atmosphères; la course du piston est de 1^m,34, et l'admission pleine a lieu sur 0^m.55. D'ailleurs, il n'y a pas de condenseur, et la vapeur s'échappe dans l'air. D'après ces éléments, on peut calculer quel est le travail théorique fourni par 1 kilogramme de vapeur dans la machine; ce travail est donné par la formule

$$T = 12817 (1 + at) \left(1 + 2,5026 \log \frac{P_0}{P_1} - \frac{P'}{P_1} \right),$$

dans laquelle P_0 , P_1 et P' désignent les pressions de la vapeur en pleine admission, à la fin de la détente et dans le condenseur ou à l'air libre. On recommande, en faisant usage de cette formule, d'évaluer P_0 en diminuant de 1/2 atmosphère la pression de marche accusée par le manomètre des chaudières et d'augmenter de 1/8 la valeur de P' pour tenir compte des diverses résistances à l'échappement. En posant donc $P = 3^{\text{at}},5$, d'où

$$P_1 = 3^{\text{at}},5 \times \frac{0,55}{1,34}, P' = \frac{9}{8} \text{ atmosphères};$$

prenant pour a la valeur 11/3000 et pour t 139°, température de la vapeur à 3^{at},5 et à saturation, on trouve

$$T = 12817 \times 1,509 \times 1,108 = 21.430 \text{ kilog.}$$

Ce travail théorique doit être multiplié par un coefficient numérique qui varie suivant la force et le système des

(*) Dans les calculs de capacité ou de surface de chauffe, on n'a pas tenu compte de la sphéricité des fonds pour simplifier les opérations.

machines, et dont la fixation est un peu arbitraire. La considération des valeurs données pour ce coefficient (*Aide-Mémoire* de Claudel, p. 545) et de l'état des deux machines me le fait porter à 0,70; on aura donc en définitive, pour travail de 1 kilogramme de vapeur dans les machines qu'alimentaient les cinq chaudières en feu :

$$21430 \times 0,7; \text{ soit } 15.000 \text{ kilogrammètres.}$$

Chaque chaudière devait fournir le cinquième de la force totale, soit 24 chevaux, c'est-à-dire fournir de six heures à quatre heures 1/2 un développement de 68.040,000 kilogrammètres. Nous venons de voir que le travail de 1 kilogramme de vapeur était représenté par 15.000 kilogrammes. Chaque chaudière avait donc dû envoyer aux machines un poids de vapeur marqué par $\frac{68.040.000}{15.000}$, soit 4.536 kilogrammes.

La quantité d'eau vaporisée a été certainement bien plus grande, à cause du soufflement des soupapes provenant de ce qu'ont marche presque à la pression maxima des pertes par les flotteurs, lesquels ne fonctionnaient pas très-bien, des condensations dans les tuyaux, etc., etc., et nous porterons en définitive à 6.000 kilogrammes la quantité d'eau vaporisée par chaque chaudière jusqu'au moment de l'explosion. C'est le résultat qu'on obtiendrait en calculant la surface de chauffe et évaluant, d'après elle, la quantité d'eau vaporisée. La surface de chauffe est d'environ 33^m 15, et en supposant, d'après Thomas et Laurens, une vaporisation de 17 kilogrammes de vapeur par mètre carré de surface de chauffe et par heure, on arrive à une vaporisation totale de 5.635 kilogrammes; mais ce dernier chiffre est certainement au-dessous de la vérité, car : 1° il faut tenir compte d'un peu de houille brûlée sous la chaudière, qui doit augmenter la vaporisation par mètre carré de surface de chauffe, et l'élever au-dessus de 17 kilo-

grammes; 2° il faut se rappeler que la chaudière n° 6 n'avait pas été alimentée, par conséquent pas refroidie depuis six heures du soir, et que la quantité d'eau qu'elle contenait, diminuant de plus en plus, sa puissance de vaporisation a dû aller en augmentant; pour ces deux raisons, surtout pour la dernière, le chiffre de 6.000 kilogrammes me paraît donc un minimum de la quantité totale vaporisée. Son exactitude est d'ailleurs suffisante pour des considérations comme celles qui nous occupent.

	<small>mèt. cub.</small>
Or la capacité de la chaudière au niveau initial est de . . .	15.551
Id. au niveau supérieur des carneaux	10.800
Différence	4.751

Il en résulte que 1.250 kilogrammes au moins se sont vaporisés au-dessous du niveau des carneaux.

Immédiatement avant l'accident, trois faits se sont succédé dans un ordre qui n'est pas bien établi par les dépositions des témoins interrogés. Ces faits sont : l'ouverture de R, l'ouverture du tampon T pour nettoyer la douille, et le soulèvement des soupapes, lequel a précédé de si peu l'explosion.

Il nous semble facile d'assigner à chacun de ces faits son ordre chronologique et de ne rien laisser d'obscur dans les circonstances qui ont accompagné l'explosion. Et d'abord il paraît évident que le soulèvement des soupapes a dû être amené par l'une quelconque des opérations du mécanicien venant examiner son générateur, soit l'ouverture du robinet de purge, soit celle du tampon; il est clair, d'autre part, que R' et R" étant fermés, l'ouverture du tampon T ne peut rien produire dans la chaudière; c'est donc l'ouverture de R, robinet de purge, qui a dû précéder et causer le soulèvement des soupapes; c'est encore là un fait tout naturel : R' étant ouvert brusquement, un petit mouvement du plan d'eau dans la chaudière a dû être causé par l'écoulement de la vapeur, et il s'est produit, mais en

petit, le même phénomène qui, tout à l'heure, devait faire déchirer l'enveloppe. Vu sa faible quantité, la vapeur, formée subitement, a, d'ailleurs, pu se débiter par les soupapes; c'est à ce moment qu'on s'est mis en devoir de défaire la vis T et de nettoyer la douille en même temps qu'on alimentait; l'explosion interrompait bientôt ce travail. Le mécanicien Villars et le chauffeur Bouvier, tous deux devant la chaudière, étaient atteints, le premier, légèrement et aux jambes; le second, plus gravement, bien que ses jours ne soient pas en danger (*).

L'incurie du mécanicien est inexplicable, et à cette incurie vient s'ajouter le fait répréhensible d'avoir empêché le flotteur d'alarme de fonctionner en chargeant le levier d'un fort barreau de fer. Le fait a été constaté par M. Gaulliard, un quart d'heure après l'accident; il est du reste avoué par le mécanicien lui-même. Si cette dernière infraction n'avait pas été commise, l'explosion n'aurait point eu lieu, car le manque d'eau se serait manifesté par le sifflet.

Outre les blessures des deux ouvriers, l'explosion n'a produit que fort peu de dégâts; la tôle s'est déchirée à quelques centimètres au-dessus d'une rivure dans le premier cours de tôles qui se trouvaient après le fond hémisphérique antérieur, et cela sur la gauche de la chaudière, c'est-à-dire du côté du massif des cinq autres appareils à vapeur. La déchirure a environ un mètre de longueur, et est à peu près horizontale. La tôle y a partout 10 à 11 millimètres d'épaisseur, elle est saine. Le mur extérieur de droite du carneau unique a été renversé sur 1^m,50 environ de sa longueur, et à peu près en face de la région où s'est produite la déchirure. Les portes du foyer ont été ouvertes brusquement; c'est par cet orifice que la vapeur et les gaz des hauts fourneaux se sont précipités sur les deux hommes atteints.

(*) Les prévisions ont été trompées à l'égard du chauffeur. Cet homme est mort après l'envoi du rapport.

Ce qui nous a frappé immédiatement en examinant les lieux et après avoir été fixé sur les causes de l'explosion, c'est le peu de dégâts matériels qu'elle a produits. Cela est dû à un heureux concours de circonstances qu'il n'est pas inutile de signaler : La première, c'est la position elle-même du générateur à l'extrémité du massif, provenant de la démolition des carneaux de la chaudière n° 7 qui créait une moindre résistance sur le flanc droit, et qui a permis à la vapeur, en renversant immédiatement le petit mur et se répandant de suite dans l'espace, de respecter le massif du côté des cinq autres générateurs. Il faut songer que l'explosion survenant au milieu du massif, aurait pu arrêter le fonctionnement de toutes les chaudières, partant celui des machines, et apporter de graves perturbations dans les trois hauts fourneaux auxquels elle fournit le vent.

La seconde circonstance heureuse que je veux signaler, c'est la présence des galeries G et des soupapes O, dites galeries et soupapes d'explosion, qui, bien qu'ayant été pratiquées spécialement en vue d'une explosion possible des gaz servant à chauffer les chaudières, n'en ont pas moins été utiles dans le cas présent pour produire encore une expansion plus rapide de la vapeur, et nous pensons même que c'est là une disposition avantageuse à recommander quand on a une batterie de chaudières à chauffer à la houille et disposée comme dans le cas présent.

Comme troisième cause du peu d'effets mécaniques de l'explosion, nous ne devons pas oublier l'intelligence de l'aide qui, prévoyant ce qui allait arriver, a ouvert très-peu la valve, et a, par conséquent, fait très-peu remonter le plan d'eau et a diminué d'autant la production instantanée de la vapeur.

RAPPORT.

SUR UN APPAREIL RESPIRATOIRE DE M. GALIBERT.

Par M. CALLON, ingénieur en chef, professeur à l'École des minés.

Monsieur le Ministre,

Votre Excellence m'a fait l'honneur de me renvoyer, pour examen et avis, le mémoire présenté par M. Galibert, demeurant à Paris, 8 quai des Orfèvres, au sujet d'un appareil respiratoire qu'il a imaginé, et qui lui paraîtrait, entre autres applications, pouvoir être utile aux ouvriers mineurs et puisatiers.

La partie essentielle de l'appareil comprend (Pl. V, fig. 7) :

- 1^o Une pièce en bois, ayant la forme et les dimensions de la bouche humaine, ouverte ;
- 2^o Deux tuyaux en caoutchouc, fixés à la pièce précédente, et dont la longueur est déterminée par les circonstances où l'on doit opérer ;
- 3^o Un pince-nez destiné à empêcher l'introduction de tout gaz ou de tout liquide par les fosses nasales.

La pièce en bois, ou embouchure, est saisie entre les dents de l'opérateur, dont les lèvres s'appliquent sur le pourtour convenablement arrondi de cette pièce, de manière à empêcher également l'introduction de tout fluide.

L'opérateur respire en portant l'extrémité de la langue sur un trou correspondant à l'un des tuyaux ; il l'y maintient tant que dure l'inspiration. Au moment de l'expiration, il porte vivement la langue sur un second trou qui correspond à l'autre tuyau, et l'y maintient aussi jusqu'à la fin de l'expiration, et ainsi de suite.

Quelques minutes d'exercice suffisent pour arriver à effectuer facilement, et en quelque sorte instinctivement, ce jeu alternatif de la langue. L'air à respirer entre ainsi constamment par un des tuyaux de caoutchouc; l'air expiré sort par l'autre.

S'agit-il seulement de pénétrer dans une excavation viciée voisine du jour, comme une fosse d'aisances, un puits de quelques mètres, etc., l'un des tubes au moins, celui qui sert à l'aspiration, devra être assez long pour que son extrémité libre soit maintenue en arrière dans une atmosphère respirable; il conviendra qu'il en soit de même du second tuyau, pour prévenir les conséquences de fausses manœuvres de la langue. Il faudra également, au lieu de tubes simples susceptibles de s'aplatir dans les coudes et d'intercepter le passage de l'air, avoir des tubes suffisamment épais, renforcés intérieurement par de légers ressorts en hélice. Un diamètre intérieur de 2 ou 3 centimètres paraît pouvoir suffire pour une longueur de 25 à 30 mètres.

Mais s'il s'agit de pénétrer à de grandes distances dans un milieu qui est ou peut être partout irrespirable, comme, par exemple, dans une mine de houille à grisou après une explosion, ou bien dans un quartier où se développe un incendie, l'emploi des tuyaux ci-dessus devient évidemment impraticable. Il faut que l'homme qui s'aventure pour le sauvetage des ouvriers restés dans le quartier envahi par le mauvais air emporte avec lui une provision d'air respirable.

Voici, dans ce cas, comment M. Galibert propose d'opérer :

L'appareil comprend, en sus des organes ci-dessus décrits, un réservoir formé d'une de ces outres en peau de bouc, semblables à celles qui servent en Espagne pour le transport du vin à dos de mulet. Cette outre, d'une capacité d'environ 50 litres, se fixera, au dos, au moyen de bretelles et d'un ceinturon. Elle communiquera, par le bas avec le tuyau d'as-

piration, par le haut, avec le tuyau d'expiration. De cette manière l'air relativement vicié et chaud sortant des poumons se mêlera le moins possible avec l'air aspiré.

L'homme respirera un air de moins en moins pur à mesure que son séjour se prolongera; mais l'air ne se viciera que graduellement, et l'on peut croire qu'au moment où l'homme commencera à se sentir fatigué, il aura encore le temps de se retirer avant que l'air ne soit devenu tout à fait irrespirable. Rien n'empêcherait d'ailleurs d'avoir quelques outres de rechange sur place.

Telle est la forme définitive à laquelle M. Galibert s'arrête. Il se réserve d'ailleurs de disposer sur le trajet de l'air, dans son retour au réservoir, un récipient contenant de la chaux vive en morceaux, une éponge imprégnée de potasse caustique, ou toute autre substance propre à retenir l'acide carbonique produit par l'acte de la respiration.

Pour assurer la conservation de l'outre dans l'état de souplesse nécessaire, on la mouillera de temps en temps, ou même on l'entretiendra constamment pleine d'eau. On la remplira d'air avec un soufflet ordinaire au moment de l'emploi.

Quant aux tuyaux, il seront fabriqués en caoutchouc vulcanisé; il paraît qu'on leur conservera leur élasticité primitive, en les gardant à l'abri du contact de l'air, soit dans l'eau pure, soit mieux, dans une eau légèrement alcaline.

Le système de M. Galibert rappelle des appareils qui ont été décrits depuis longtemps, notamment dans l'instruction pratique de 1824 préparée par l'administration des mines et insérée au tome X de la 1^{re} série des *Annales des mines*.

Cette instruction est citée par M. Combes (*Traité de l'exploitation des mines*, tome II, page 610) et par M. Ponson (*Traité de l'exploitation des mines de houille*, t. II, p. 514).

Plusieurs des appareils décrits ont été expérimentés dans les mines de Carmeaux (Tarn), par M. Boisse, qui leur a reconnu divers inconvénients.

Plus récemment la question a été reprise par M. Roucayrol, directeur des mines de Firmy (Aveyron), qui a proposé divers perfectionnements intéressants.

Mais le système de M. Galibert présente deux traits caractéristiques qu'il importe de signaler.

L'un est la suppression complète de tout organe mécanique. Il ne lui faut ni réservoir à air comprimé, ni pompe foulante, ni régulateur d'écoulement. Il n'a pas même un simple clapet. C'est là une circonstance bien importante pour des appareils qui ne devant fonctionner que dans des circonstances exceptionnelles, sont exposés à ne pas être en bon état de service au moment du besoin.

Le second trait à signaler est l'emploi répété de la même masse d'air, tant qu'elle peut servir à entretenir la respiration ; ce qui permet évidemment, avec un réservoir d'une capacité donnée, de séjourner plus longtemps que si à chaque expiration l'air était rejeté dans le milieu ambiant. On s'est assuré qu'avec un réservoir de 10 litres, on pouvait, sans grande fatigue, respirer de 5 à 5 minutes. Il est probable qu'un réservoir de 50 litres suffira pour 15 à 20 minutes.

Si nous ajoutons maintenant que les appareils si simples de M. Galibert reviennent à un prix très-modique, et qu'il est disposé à les livrer pour 70 ou 80 francs l'un, y compris le réservoir en peau de bouc, il me semble qu'il serait intéressant de faire connaître ce système.

Si l'expérience établit que les moyens indiqués plus haut suffisent pour maintenir en bon état, c'est-à-dire avec l'imperméabilité et la souplesse nécessaires, le réservoir et les tubes, si des essais, faciles à faire, montrent combien de temps peut servir un réservoir d'une capacité donnée, je crois que les exploitants de mines exposées au grisou ou aux incendies trouveront avantage à avoir en magasin un ou deux de ces appareils avec quelques réservoirs de rechange.

Par les motifs ci-dessus, j'ai l'honneur de proposer à Votre

Excellence que l'administration fasse connaître le système de M. Galibert par les moyens de publicité dont elle dispose, et qu'à cet effet elle ordonne l'insertion du présent rapport aux *Annales des mines*.

Veuillez agréer, etc.

COMPTÉ RENDU

D'UNE EXPÉRIENCE FAITE, LE 2 OCTOBRE 1865, AU CHEMIN DE FER
DE LA COMPAGNIE DES GLACES DE SAINT-GOBAIN SUR UNE LOCOMOTIVE
A QUATRE CYLINDRES ET A SIX ESSIEUX COUPLÉS.

Par M. PÉTIET, ingénieur en chef du matériel et de la traction
au chemin de fer du Nord.

Le but principal de l'expérience devait être de voir comment ces locomotives se comportent dans des courbes d'un faible rayon.

Nous nous sommes donc adressés à M. Biver, directeur général des manufactures de la compagnie des glaces de Saint-Gobain, afin que cette expérience fût faite sur le chemin de fer de Chauny à Saint-Gobain qui appartient à cette compagnie. Cette autorisation nous a été gracieusement accordée.

Description sommaire de la locomotive (Pl. VI et VII). — La locomotive est montée sur six paires de roues de 1^m,065 de diamètre, accouplées par groupe de trois et commandées par quatre cylindres de 0,44 de diamètre et 0,44 de course. Les deux essieux moteurs sont écartés de 5^m,72. Les deux essieux extrêmes, qui sont écartés de 6 mètres, ont 50 millimètres de jeu dans leurs coussinets : les essieux peuvent donc se déplacer, dans le sens de leur axe, de 15 millimètres de chaque côté de leur position normale. Ce jeu correspond au passage dans une courbe de 150 mètres de rayon. La grille a une surface de 5^m,55. Les tubes de la chaudière ont 0,040 de diamètre extérieur et 5^m,50 de longueur ; ils sont au nombre de 464. La chaudière est surmontée d'un sé-

cheur de 22 mètres carrés de surface de chauffe; en y ajoutant 10 mètres de surface de foyer et 189 mètres pour les tubes, la surface de chauffe totale, y compris celle du sécheur, est de 221 mètres carrés; la tension absolue de la vapeur est de 9 atmosphères.

La machine en feu, avec un approvisionnement de 8.000 kilog. d'eau et de 2.200 kilog. de charbon, pèse 59.700 kilog., dont 9.200 kilog. sur chacune des trois paires de roues d'avant, et de 10.700 kilog. sur chacune des paires de roues d'arrière. Le poids de la locomotive vide est de 44.500 kilog.

Le combustible employé est du charbon tout venant dont on a ôté à la main 25 p. 100 de gailletterie; c'est du charbon en grande partie menu, qui brûle sur une grille à barreaux très-rapprochés du système Belpaire.

Description du chemin de fer de Saint-Gobain (Pl. VII, fig. 5 et 6). — Le chemin de fer de Chauny et de Saint-Gobain a une longueur de 14.500 mètres; il a d'abord des pentes et rampes ne dépassant pas 15 millimètres avec courbes de 275 millimètres rayon au minimum. Il se termine vers Saint-Gobain par une rampe de 5.810 mètres de longueur se décomposant ainsi :

Rampe de 0,018 ^m sur 2.140 mètres.	} 5.810 mètres.
Rampe de 0,013 500	
Rampe de 0,018 1.570	
5 courbes de 275 ^m de rayon, sur un développement total de 1.041 mètres.	} 2.505 mètres.
1 — 300 id. 220	
2 — 550 id. 750	
3 — 400 id. 510	
9 droites.	
Total égal.	5.810 mètres.

La gare de Saint-Gobain est formée d'une courbe et d'une contre-courbe de 125 mètres de rayon sur un développement de 200 mètres. La voie se prolonge dans la manufac-

ture des glaces où elle décrit un demi-cercle complet dont le rayon est de 80 mètres avec rampe de 0,025 par mètre.

Composition du train. — Le train était composé de 18 wagons, dont 15 chargés de 10.100 kilog. de houille pour le commerce et 3 fourgons spéciaux à frein pour les conducteurs de trains de marchandises. Ces fourgons, dont le plancher est en fonte, pèsent vides 12.000 kilog. La tare de chaque wagon a été relevée; le poids total remorqué a été de 250.200 kilog., dont 151.500 kilog. de charbon (tableau A).

TABLEAU A.

NUMÉROS des wagons.	ESPÈCES.	TARE.	CHARGE- MENTS.	POIDS total.
6904	Fourgon de conducteur de train, petite vitesse.	kilog. 12.000	kilog. 0	kilog. 12.000
11172	Wagon à houille, à frein	4.650	10.100	14.750
11192	<i>Id.</i>	4.720	10.100	14.820
12123	Wagon à houille.	3.900	10.100	14.000
11735	<i>Id.</i>	4.200	10.100	14.300
6020	<i>Id.</i>	3.920	10.100	14.020
10848	<i>Id.</i>	3.840	10.100	13.940
4785	<i>Id.</i>	4.000	10.100	14.100
11884	<i>Id.</i>	4.220	10.100	14.320
6848	Fourgon	12.000	0	12.000
4228	Wagon à houille.	3.780	10.100	13.880
10717	<i>Id.</i>	3.900	10.100	14.000
4984	<i>Id.</i>	3.820	10.100	13.920
12170	<i>Id.</i>	4.360	10.100	14.460
5616	<i>Id.</i>	3.830	10.100	13.930
11108	Wagon à houille, à frein.	4.860	10.100	14.960
11105	<i>Id.</i>	4.700	10.100	14.800
6936	Fourgon.	12.000	0	12.000
Totaux.		98.700	151.500	250.200

La locomotive, avec ses approvisionnements au complet, a démarré facilement et a parcouru les 11 premiers kilomètres à une vitesse variant de 21 à 27 kilomètres à l'heure (tableau B).

TABLEAU B.

POTEAUX kilo- métriques.	HEURE DE PASSAGE a chaque poteau.			DURÉE EN SECONDES du parcours d'un kilomètre.	VITESSE en kilomètre par heure.	
	heures. min. sec.	secondes		kilomètres.		
3	12	28	43	170	21	
4		31	33	162	24	
5		34	15	142	25	
6		36	37	145	25	
7		39	02	141	25	
8		41	23	136	26 1/2	
9		43	39	164	22	
10		46	23	135	27	
11		48	38	229	16	Rampe de 0,018.
12		52	27	205	17 1/2	<i>Id.</i>
13		55	52	192	19	<i>Id.</i>
14		59	04			

Du poteau kilométrique n° 11 au n° 14,3, l'heure de passage à chaque hectomètre a été constatée, afin d'apprécier la vitesse sur cette portion de chemin qui est sur presque tout le parcours en rampe de 0,018. La vitesse a varié de 14 à 20 kilom. à l'heure; la vitesse moyenne sur les 3.400 mètres a été de 17,500 mètres à l'heure (tableau C). Il est bon de faire observer que cette vitesse a été en s'accélégrant au fur et à mesure que l'on se rapprochait du sommet de la rampe; ce qui prouve que la locomotive remorquait aisément la charge de 250 tonnes. Elle circulait avec facilité dans les courbes, et elle est passée sans embarras dans les courbes de 125 mètres de la gare de Saint-Gobain.

La locomotive, après avoir été aiguillée, s'est mise en queue du train de 18 wagons qu'elle a démarré et descendu de quelques centaines de mètres sur la rampe de 0,018 par mètre; elle a refoulé ensuite son train, en le poussant sur la rampe, machine en queue, et l'a ramené en gare de Saint-Gobain sans difficulté. Cette seconde expérience a montré qu'elle était en état d'opérer la traction sur rampe de 0,018 d'un train pesant brut 250 tonnes, aussi bien en le poussant qu'en le tirant.

TABLEAU C.

NUMÉROS des poteaux kilométriques et hectométriques.		HEURES DE PASSAGE a chaque poteau.			TEMPS EMPLOYÉ pour parcourir un hectomètre.	VITESSE correspondante en kilomètre par heure
kilom. hect.	heures. minut. sec.	secondes.				
11	0	12	48	38	24	15
	1		49	02	22	16,4
	2			24	24	15
	3			48	25	14,4
	4		50	13	24	15
	5			37	21	17,2
	6			58	22	16,4
	7		51	20	22	16,4
	8			42	22	16,4
	9		52	04	23	15,6
12	0			27	21	17,2
	1			48	23	15,6
	2		53	11	21	17,2
	3			32	21	17,2
	4			53	18	20
	5		54		21	17,2
	6			32	22	16,4
	7			51	21	17,2
	8		55	15	19	19
	9			31	18	20
13	0			52	17	21,2
	1		56	09		19
	2				19	19
	3			47	19	19
	4		57	06	20	18
	5			26	21	17,2
	6			47	20	18
	7		58	07	20	18
	8			27	20	18
	9			45	18	20
14	0		59	04	19	19
	1			25	21	17,2
	2			45	20	18
	3	1	00	08	23	15,7
	4			30	22	16,4

Calculs. — Chaque atmosphère sur les pistons représente sur les roues un effort de traction théorique de 1.652 kilog. A la pression effective de 8 atmosphères la traction maximum sur les roues serait donc de 13.200 kilog. Mais la puissance de la vapeur ne se transmet pas intégralement, et il y a lieu d'appliquer un coefficient qui, dans la pratique, varie de 0,50 à 0,75. Ce coefficient doit tenir compte des pertes de tension résultant du passage de la vapeur jusqu'aux pistons, de la contre-pression dans le tuyau d'échappement pour produire le tirage énergique dans la che-

minée, des pertes de force résultant du refroidissement de la vapeur et de la présence de l'eau qu'elle tient en suspension, des frottements du mécanisme et de la force nécessaire pour faire mouvoir la distribution; il faut également signaler la détente de la vapeur qui, en donnant une économie, réduit cependant la puissance de traction. Enfin la tension de la vapeur dans la chaudière ne peut pas toujours être maintenue au maximum; la locomotive doit être en état de remorquer son train avec une tension plus faible que celle à laquelle la vapeur s'échappe par les soupapes.

Sur une rampe de 0,018, l'influence de la gravité comporte déjà un effort de 18 kilog. par tonne remorquée, y compris le poids de la locomotive. Le frottement, qui, en ligne droite et avec un bon graissage, est de 4 kilog. environ par tonne, doit s'estimer ici, à cause des courbes, à 6 kilog., soit en tout 24 kilog. par tonne.

L'effort de traction dans l'expérience qui nous occupe était donc :

Pour le train.	250 t. × 24 k. =	6.000 k.
Pour la locomotive. . . .	60 t. × 24 k. =	1.440 k.
Total.		7.440 k.

c'est-à-dire 0,555 de l'effort maximum théorique que nous avons indiqué tout à l'heure être de 13.200 kilog.

Cet effort de 7.440 kilog. est le 1/8 du poids du moteur (59.700 kilog. avec son approvisionnement complet); il est les 2/15 du poids de 56 tonnes de la locomotive ayant déjà marché.

Les conditions d'adhérence étant comprises entre le 1/7 et le 1/8 sont très-bonnes; aussi la locomotive n'a-t-elle pas patiné.

Il est évident, d'après ces calculs, que cette locomotive serait en état de remorquer une charge plus grande que celle qui lui a été donnée, mais il a paru convenable de rester dans une prudente limite.

L'expérience, au reste, n'avait pas pour but de constater le maximum de la puissance de la locomotive, mais de voir comment, avec une charge raisonnable, elle se comportait dans des courbes d'un petit rayon.

La locomotive à six essieux couplés n'a point circulé dans la courbe de 80 mètres de rayon. Le service dans cette courbe et dans les courbes analogues qui existent dans l'usine de Chauny appartenant à la même compagnie, est fait par la compagnie du Nord avec des locomotives de fortes rampes, montées sur quatre essieux couplés, dont l'écartement est de 5^m,80 pour les essieux extrêmes. Ce service se fait tous les jours sans inconvénient. Il est très-probable que si on avait quelque intérêt à faire circuler les locomotives à six essieux couplés dans des courbes d'un aussi faible rayon, on y parviendrait en augmentant le jeu déjà existant aux deux essieux extrêmes et en donnant du jeu aux deux essieux du milieu.

Principales conditions d'établissement des locomotives à marchandises du chemin de fer du Nord.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT.	PETITES machines.	MOYENNES Creuzot.	GROSSES Engerth.	FORTES rampes.	A QUATRE cylindres.	
	3 essieux couplés.	3 essieux couplés.	4 essieux couplés.	4 essieux couplés.	6 essieux couplés.	
Grille.	Longueur.	0 ^m ,910	1 ^m ,400	1 ^m ,440	1 ^m ,475	1 ^m ,850
	Largeur.	0 ,934	1 ,020	1 ,350	1 ,775	1 ,800
	Surface.	0 ^m ²,88	1 ^m ²,43	1 ^m ²,94	2 ^m ²,62	3 ^m ²,33
Hauteur du ciel du foyer au- dessus de la grille.	à l'avant.	1 ^m ,277	1 ^m ,660	1 ^m ,655	1 ^m ,327	1 ^m ,330
	à l'arrière.	1 ,130	1 ,320	1 ,300	1 ,210	1 ,160
Diamètre intérieur de la chaudière.	0 ,950	1 ,500	1 ,500	1 ,278	1 ,150	
Tubes.	Nombre.	125	250	235	356	464
	Longueur.	3 ^m ,800	3 ^m ,243	5 ^m ,045	3 ^m ,500	3 ^m ,500
	Diamètre extérieur.	0 ,050	0 ,050	0 ,055	0 ,040	0 ,040
	Épaisseur.	0 ,002	0 ,002	0 ,0022	0 ,0015	0 ,0015
Section de passage de la fumée dans les tubes	0 ^m ²,2076	0 ^m ²,4152	0 ^m ²,472	0 ^m ²,3827	0 ^m ²,4988	
Surface de chauffe.	Foyer.	5 ,50	9 ,07	10 ,75	10 ,06	10 ,00
	Tubes.	68 ,60	117 ,53	196 ,23	144 ,76	189 ,00
	Sécheur.	"	"	"	22 ,00	22 ,00
Total.	74 ,10	126 ,60	196 ,98	176 ,82	221 ,00	
Tension de la vapeur.	7 ^{at}	7 ^{at}	8 ^{at}	9 ^{at}	9 ^{at}	
Cylindres.	Diamètre.	0 ^m ,380	0 ^m ,460	0 ^m ,500	0 ^m ,480	0 ^m ,440
	Course des pistons.	0 ,610	0 ,680	0 ,660	0 ,480	0 ,440
Diamètre des roues motrices.	1 ,250	1 ,425	1 ,258	1 ,065	1 ,065	
Contenance de la soute à eau.	5.800 ^h	7.000 ^h	8.300 ^h	5.800 ^h	8.000 ^h	
Approvisionnement de combustible.	1.500	1.500	2.000	2 000	2.200	
Poids.	Machine pleine comme au départ	22.900	32.800	62.800	45.000	59.700
	Tender plein comme au départ.	16.100	17.800	"	"	"
	Machine vide.	20.900	28.800	45.770	33.500	44.500
	Tender vide.	8.500	9.000	"	"	"
Répartition du poids sur les rails avec approvisionnement complets.	1 ^{er} essieu (avant)	8.600	12.600	10.100	11.000	9.200
	2 ^e essieu.	7.300	12.600	9.200	11.200	9.200
	3 ^e essieu.	7.000	7.600	9.900	11.200	9.200
	4 ^e essieu.	7.900	9.100	11.100	11.600	10.700
	5 ^e essieu.	8.200	8.700	10.900	"	10.700
	6 ^e essieu.	"	"	11.600	"	10.700
Poids sous les roues motrices.	22.900	33.900	40.300	41.100	54.600	
Diamètre des roues motrices.	1 ^m ,258	1 ^m ,425	1 ^m ,258	1 ^m ,065	1 ^m ,065	
Circonférence des roues motrices.	3 ,952	4 ,477	3 ,952	3 ,346	3 ,346	
Rapport de la vitesse de la roue à la vitesse des pistons	3 ,24	3 ,29	2 ,99	3 ,48	3 ,50	
Traction théorique par atmosphère effective.	723 ^k	1.043 ^k	1.355 ^k	1.072 ^k	1.632 ^k	
Traction calculée avec coefficient de 0,65 de la pression effective (a)	2.820 ^k	4.070 ^k	6.165 ^k	5.574 ^k	8.590 ^k	
Rapport de la traction calculée au poids fournissant l'adhérence.	0,123	0,118	0,152	0,136	0,157	
Traction calculée par de grille.	3.204	2.840	3.171	0,150	0,175	
mètre carré. de chauffe.	38 ^k	32,2	31,4	2,127	2,580	
Poids de la machine, etc., par mètre carré de chauffe.	526 ^k	400 ^k	319 ^k	254 ^k	270 ^k	
Nombre de wagons à 10 tonnes, remorqués sur rampes de 5 millimètres.	20	30	40	35	45	

(a) Ce coefficient n'a rien d'absolu.

NOTE

SUR L'APPLICATION DU SYSTÈME BEUGNIOT A UNE LOCOMOTIVE DU CHEMIN DE FER DU NORD.

Par M. BEUGNIOT, ingénieur des établissements de MM. Kœchlin, à Mulhouse.

Les locomotives à quatre cylindres et à six essieux couplés par groupes de trois de M. J. Petiet, n'ont pas été construites pour circuler, en service normal, dans des courbes au-dessous de 300 mètres de rayon. Toutefois, le jeu donné aux essieux dans les boîtes à graisse leur permet de passer dans les courbes de 150 mètres.

L'essai fait le 2 octobre dernier (*), sur le chemin de la compagnie des glaces de Saint-Gobain, de l'une de ces machines, a prouvé qu'elle pouvait passer sans embarras dans la double courbe de 125 mètres de la station de Saint-Gobain.

Les résultats généraux de l'essai, consignés dans le compte rendu du 6 octobre, ont donné l'idée d'essayer de faire faire à l'une de ces machines l'ensemble du service des usines de Chauny et Saint-Gobain dans lequel on rencontre des courbes de 80 mètres de rayon, en lui adaptant le système d'articulation E. Beugniot, déjà expérimenté avec succès sur les lignes du Nord, de la Méditerranée, du Lombard-Vénitien, du Central suisse, de Giovi et des Apennins.

Les avantages de ce système, déjà consacré par une expérience de plusieurs années, ont été exposés de la manière suivante par M. Couche, dans un rapport adressé le 17 fé-

(*) Voir ci-dessus, page 137.

vrier 1863 à Son Excellence M. le Ministre des travaux publics (*).

« M. E. Beugniot a prouvé que le parallélisme n'oppose à
« la circulation en courbe qu'un obstacle très-faible, pourvu
« que les essieux possèdent tous (**) un jeu transversal suffi-
« sant, mais aussi convenablement réglé. Dans les essais
« faits sous les yeux d'un des membres de la commission,
« la machine *l'Apennin*, à huit roues couplées, et à empa-
« tement de 4 mètres, a franchi avec une grande facilité,
« sans le moindre grippement des boudins, la courbe de
« 80 mètres de rayon qui termine dans l'usine de Saint-
« Gobain la ligne qui relie cet établissement à la station de
« Chauny sur le chemin de fer du Nord.

« On sait que dans la machine de M. E. Beugniot chacun
« des quatre essieux a un jeu total transversalement à la
« voie de 0^m,05. Comme ils ne pourraient (surtout l'essieu
« antérieur) flotter impunément en toute liberté sous la
« machine, qui contracterait un mouvement de lacet exces-
« sif, le premier essieu et le second, ainsi que le troisième
« et le quatrième, sont reliés par un balancier, oscillant
« autour d'un axe fixé au bâti, et qui ne permet pas à
« l'un des essieux de se déplacer transversalement à la ma-
« chine, sans que son conjugué se déplace en sens inverse
« de la même quantité. En courbe, les deux déplacements
« concourent pour permettre l'inscription des mentonnets
« entre les rails. En alignement droit, les deux tendances
« opposées se détruisent sensiblement. On a reproché au
« système Beugniot une complication inutile; on obtiendrait,
« a-t-on dit, le même résultat en rendant les essieux ex-
« trêmes complètement fixes et donnant seulement aux deux
« essieux intermédiaires le jeu nécessaire pour racheter la
« flèche correspondante au rayon minimum; les balanciers

(*) *Annales des mines*, 1863, page 69.

(**) Il s'agissait d'une machine à quatre essieux seulement.

« seraient dès lors inutiles. Cette opinion ne nous semble
« nullement fondée. La mobilité du premier essieu, de l'es-
« sieu directeur, a, au contraire, selon nous, une très-
« grande influence sur l'allure et sur la résistance de la
« machine, principalement à l'entrée et à la sortie des
« courbes. Si cet essieu est solidaire avec le châssis, il faut
« que toute la machine change brusquement de direction;
« les impulsions du rail sur le boudin de la roue extérieure
« doivent, dès lors, avoir une intensité très-considérable. Si,
« au contraire, l'essieu directeur peut exécuter son mouve-
« ment centripète sans avoir besoin d'y entraîner instantané-
« ment toute la masse de la machine, celle-ci prend peu
« à peu, à loisir, pour ainsi dire, la direction convenable,
« sans choc et avec des mouvements beaucoup moindres. La
« douceur d'allure remarquable de la machine *l'Apennin*,
« lors de l'entrée en courbe, s'explique donc facilement.»

On ne saurait décrire plus clairement les avantages de l'articulation E. Beugniot. Toutefois les dispositions adoptées jusqu'ici par l'inventeur ne pouvaient s'adapter sans modifications aux locomotives à six essieux couplés du Nord. La soute à eau placée sous la chaudière, la position des roues sous le foyer, le passage des tuyaux de vapeur et de communication d'eau entre la grille et les essieux, exigeaient des organes différents et plus simples que ceux employés jusqu'ici pour arriver à la même solution.

La disposition adoptée aux locomotives du Nord est représentée sur les Pl. VI, *fig. 2* à 6, et Pl. VII, *fig. 2* et 3.

Les deux essieux moteurs de chaque groupe sont maintenus fixes dans leurs boîtes à graisse. Cela conserve à la machine un empatement rigide de 3^m,720, un peu considérable sans doute pour des courbes de 80 mètres. Mais les conséquences nuisibles de cet empatement sont notablement atténuées par l'application de boudins aux roues motrices laissant un jeu possible de 0^m,023 dans la voie, mines ordinaire.

Les joues intérieures des fusées des essieux extrêmes de chaque groupe moteur ont été enlevées et les glissières des boîtes à graisse

convenablement appropriées pour permettre aux essieux un jeu transversal de 0^m,046.

Ces mêmes essieux extrêmes ont été réunis entre eux par des balanciers en tôle B, B munis, à leur centre, de crapaudines C, C' posées sur pivots mi-sphériques P, P' faisant corps avec les traverses T, T' reliées solidement aux longerons par des entretoises.

Les balanciers B, B' portent à leurs extrémités (Pl. VI, fig. 2 à 6 et Pl. VII, fig. 3) des fourches destinées à s'emboîter dans les manchons A, A, rapportés sur chacun des essieux. Ces manchons sont en bronze et rivés; ils seraient venus de forge si les essieux étaient construits à neuf. Ce sont donc de fait les balanciers et leurs fourches emboîtées dans les manchons qui remplacent les embases supprimées aux collets des essieux; de telle sorte qu'en ligne droite les deux essieux se maintiennent réciproquement en place, et qu'en courbe, la rigidité de l'embase ordinaire contre la boîte à graisse soit remplacée par un système essentiellement mobile qui, en s'infléchissant suivant les sinuosités de la voie, permet aux essieux conjugués de se déplacer de quantités toujours proportionnées au rayon des courbes, et aux boudins ou mentonnets de s'inscrire sans effort dans la courbe.

Les boutons autrefois cylindriques des mannetons des essieux extrêmes de chaque groupe ont été remplacés par des boutons sphériques a, a', a'', a''', afin de moins fatiguer l'accouplement dans le mouvement transversal des essieux.

Les coussinets en bronze des bielles d'accouplement ont été modifiés dans le même sens, et l'on a de plus introduit une articulation sphérique en D.

Il est inutile d'insister davantage sur les fonctions d'un appareil si simple; disons seulement que son emploi n'entraîne aucuns frais supplémentaires de traction, et qu'il est facile, dès aujourd'hui, d'espérer les meilleurs résultats, relativement à la conservation des boudins de roues, par suite de l'emploi de l'articulation, pour des machines ayant à circuler régulièrement dans des courbes de petit rayon.

COMPTE RENDU

DE L'EXPÉRIENCE FAITE LE 21 JANVIER 1864 SUR UNE DES LOCOMOTIVES A MARCHANDISES A QUATRE CYLINDRES ET A SIX ESSIEUX COUPLÉS, MUNIE DES APPAREILS D'ARTICULATION DE M. BEUGNIOT.

Par M. PETIET, ingénieur en chef du matériel et de la traction au chemin de fer du Nord.

La compagnie du chemin de fer du Nord a fait construire dix puissantes locomotives à marchandises à quatre cylindres et six essieux couplés. Ces locomotives remorquent très-aisément sur des rampes de 0,005 45 wagons chargés de 10 tonnes, ce qui représente un poids brut de 635 tonnes. Elles sont en service régulier, et elles ont fait, en novembre et décembre 1863, un parcours total de 59,305 kilomètres, soit un parcours moyen journalier de 97 kilomètres. Je cite ce travail, afin qu'il soit bien établi qu'il ne s'agit pas ici d'une simple expérience sur une ou deux locomotives. Les locomotives en question ont fait leurs preuves, et elles sont aussi pratiques que toutes les autres.

Ces locomotives diffèrent cependant pour quelques détails des machines généralement en usage. Elles ont un retour de flamme destiné à sécher la vapeur, et leur cheminée est horizontale, faute de place pour la mettre verticale.

Elles présentent une grande surface de chauffe (221 mè.) avec des tubes relativement assez courts (3^m,50). Elles ont une énorme surface de grille (3^m,33) qui permet de brûler des charbons menus.

Elles sont portées sur roues de petit diamètre (1^m,06), afin que le poids ne soit pas exagéré; l'écartement des essieux extrêmes est de 6 mètres et dépasse notablement les limites que l'on s'était fixées jusqu'ici. Néanmoins, grâce au jeu considérable (0^m,03) donné à quatre des essieux, ces

locomotives passent facilement dans des courbes d'un faible rayon, comme cela résulte du procès-verbal de l'expérience faite le 2 octobre 1865 (*).

Le poids de la locomotive, avec son approvisionnement de 8.000 kilog. d'eau et de 2.200 kilog. de combustible, n'est que de 59.700 kilog., et la charge sur chaque essieu est au maximum de 10.700 kilog.; elle est loin d'atteindre les limites que l'on peut se permettre sans craindre de fatiguer les rails ni les bandages.

Pour apprécier sous divers rapports les conditions avantageuses d'établissement de cette locomotive, il y a lieu de la comparer aux grosses locomotives Engerth à marchandise qui circulent sur le réseau français du Nord au nombre de quarante, et qui font un service très-satisfaisant.

	GROSSES		LOCOMOTIVES	
	Engerth.		à quatre cylindres.	
Surface de chauffe totale.	197 ^m .00		221 ^m .00	
Surface de grille.	1 ^m .94		3 ^m .35	
Poids de la locomotive vide.	45.770 ^k		44.500 ^k	
Poids des approvisionnements.	8.300 ^k	10.300 ^k	8.000 ^k	10.200 ^k
Poids de la locomotive en feu avec approvisionnement complet.	62.800 ^k		59.700 ^k	
Poids brut remorqué facilement sur rampe de 0.005.	40 wag.	564 ^t	45 wag.	685 ^t
Poids total, y compris la locomotive.	627 ^t		695 ^t	
Effort correspondant calculé à 10 kilog. par tonne.	6.270 ^k		6.950 ^k	
Poids adhérent.	10.300 ^k		59.700 ^k	
Rapport de la traction au poids fournissant l'adhérence.	0,156		0,118	
			0,127	
			0,140	

Ces locomotives ont plus de puissance que les machines Engerth, puisqu'elles ont plus de surface de grille et plus de surface de chauffe. Elles ont une plus grande adhérence, même lorsque les approvisionnements sont à peu près épuisés, et cependant elles pèsent moins.

(*) Voir ci-dessus, page 137.

Leur effet utile est donc meilleur. Elles circulent facilement dans les courbes de petits rayons, malgré le grand écartement de leurs essieux extrêmes.

Ces locomotives paraissent devoir réussir sur les rampes d'une inclinaison exceptionnelle. Mais après l'expérience satisfaisante du 2 octobre dernier, il y avait un intérêt à rechercher, au point de vue du progrès, si cette locomotive ne pourrait pas circuler dans les courbes de 80 mètres de rayon, qui existent dans les établissements de Saint-Gobain et de Chauny. MM. les administrateurs du chemin de fer du Nord ont décidé, sur ma proposition, que le système breveté de M. Beugnot serait appliqué à une de ces locomotives. Les modifications suivantes ont été faites dans les ateliers de MM. André Kœchlin et compagnie à Mulhouse. Les boudins des bandages des deux essieux moteurs fixes (le deuxième et le cinquième) ont été réduits d'épaisseur. Le jeu des quatre autres essieux a été porté de 30 à 46 millimètres; ils ont été réunis deux à deux par un balancier horizontal qui oblige l'un des essieux à se déplacer à droite quand son conjoint se déplace à gauche, et réciproquement. Grâce à cette disposition, les boudins des six paires de roues se déplacent de manière à suivre les rails dans les courbes.

Le train d'expérience du 21 janvier était composé de 21 véhicules (*):

3 fourgons à frein à plancher de fonte pesant ensemble	36.000	kil.
4 wagons à frein à contre-poids chargés chacun de 10 tonnes de houille.	59.260	
10 wagons chargés chacun de 10 tonnes de houille.	159.950	
4 voitures de voyageurs de 1 ^{re} classe avec chauffettes.	24.690	
Environ 100 voyageurs.	7.120	
21 véhicules pesant ensemble.	267.020	

Le poids total du train n'avait été, dans la première expérience, que de 250 tonnes.

(*) Voir le tableau, page 154.

Afin de bien constater la vitesse de marche du train sur la rampe de 0,018 par mètre, l'heure de passage du train à chaque hectomètre a été relevée par un observateur placé dans le dernier wagon, c'est-à-dire à 100 mètres environ en arrière de la locomotive.

Ces heures de passage et les vitesses qui en sont les conséquences sont indiquées dans le tableau de la page 155. Le ralentissement considérable qui a eu lieu du poteau 11^t,9 au poteau 12^t,7 ne peut être attribué au manque de pression, puisque la vapeur s'échappait par les soupapes, mais bien au manque d'adhérence, les roues de la locomotive ayant patiné violemment sur cette partie du parcours. Il est possible que les attelages des wagons à voyageurs aient été un peu trop serrés.

1.200 mèt.	ont été parcourus en	218"	vitesse moyenne	20 kil.	à l'heure.
800	<i>id.</i>	348"	<i>id.</i>	8	<i>id.</i>
500	<i>id.</i>	91"	<i>id.</i>	20	<i>id.</i>
1.100	<i>id.</i>	251"	<i>id.</i>	17	<i>id.</i>
3.600	<i>id.</i>	887"	vitesse moyenne	14 kil.	600 mèt.

La vitesse moyenne de marche sur l'ensemble de la rampe a été un peu moindre que 15 kilomètres à l'heure, mais si l'on défalque la période dans laquelle la machine a manqué d'adhérence, on voit qu'elle a repris sa vitesse et a marché en moyenne entre 17 et 20 kilomètres à l'heure, ce qui est la vitesse normale à la remonte des fortes inclinaisons pour des trains de marchandises.

Je rappellerai, en outre, que l'expérience n'avait pas pour but de constater l'adhérence de la locomotive, mais de voir seulement comment elle se comporte dans les courbes. L'adhérence de ces locomotives, comme celle de toutes les autres, dépend du poids sur les roues et de l'état plus ou moins humide de la surface des rails.

La locomotive 605, après avoir amené son train dans la gare de Saint-Gobain, a été se placer en queue d'un petit

train de wagons de marchandises qu'elle a poussé dans l'usine de Saint-Gobain où la voie est en courbe de 80 mètres et en rampe de 0,025 par mètre. Elle a parcouru ainsi tout le demi-cercle que forme cette courbe : arrivée à l'extrémité supérieure, on a serré les freins des wagons et on a fait patiner sur place les 6 essieux de la locomotive. Elle a fait plusieurs manœuvres en avant et en arrière, sans qu'il en résultât aucun indice de fatigue exagérée.

Il n'a malheureusement pas été possible de constater d'une manière suffisamment exacte la position de chaque boudin par rapport aux rails. Mais en marche, le boudin de la roue d'avant appuyait contre le rail extérieur, et le boudin de la roue d'arrière se rapprochait beaucoup du rail intérieur de la courbe.

En tendant un fil entre les faces latérales extérieures des bandages du premier et du sixième essieu, on a constaté que les essieux n^{os} 2 et 5 étaient sortis de 0,019, les deux essieux du milieu n^{os} 3 et 4 étaient sortis de 0,040. Les boudins des roues formaient donc une courbe dont la flèche était de 0,040 sur une corde de 6 mètres de longueur. Or, pour cette même corde de 6 mètres, la flèche d'une courbe de 80 mètres de rayon est exactement de 0,056. Les essieux se plaçaient donc naturellement, par l'influence du balancier du système de M. Beugnot, dans une courbe dont le rayon était un peu plus grand que celui de la courbe des rails.

Composition du train d'essai.

NUMÉROS des wagons.	DÉSIGNATION.	POIDS	POIDS
		paritéls.	totaux.
		tonnes.	tonnes.
6.763	Fourgon à frein à plancher en fonte des trains de petite vitesse.	12.000	36.000
6.863		12.000	
6.940		12.000	
200	Voitures de première classe avec chauffe- rettes.	6.250	24.990
42		6.340	
258		6.220	
225		5.880	
11.292		14.800	
13.204	Wagons à frein à contre-poids chargés cha- cun de 10 tonnes de houille.	15.000	59.260
11.168		14.660	
11.117		14.800	
13.021		14.390	
11.463		14.120	
5.074		13.960	
4.388		13.860	
5.626		13.840	
5.242		13.940	
11.481		14.160	
5.778	13.930	139.930	
4.445	13.920		
6.855	13.910		
	Environ 100 voyageurs.		7.120
	Poids total.		267.000

Vitesses du train d'essai sur la rampe de 0,048 millimètres.

NUMÉROS des poteaux kilo- métriques et hecto- métriques.	HEURES du passage a chaque poteau.	TEMPS employé pour parcourir un hecto- mètre.	VITESSE corres- pondante en kilomètre par heure.	TOTAUX ET MOYENNES.	
				kilom. hec.	secondes.
		m. s.			
10	7	Midi 50 47	15	24	
	8	— 51 02	16	22	
	9	— 51 18	17	21	
11	0	— 51 35	17	21	
	1	— 51 55	20	18	
	2	— 52 16	21	17	met. secondes. kil. à l'heure.
	3	— 52 35	19	19	1.200 en 120; vitesse moyenne, 20,0
	4	— 52 54	19	19	
	5	— 53 14	20	18	
	6	— 53 31	17	21	
	7	— 53 48	16	22	
	8	— 54 04	21	17	
	9	— 54 25	39	9	
12	0	— 55 04	71	5	
	1	— 56 15	43	8	
	2	— 56 58	35	10	800 en 347; vitesse moyenne, 8,3
	3	— 57 33	27	13	
	4	— 58	35	10	
	5	— 58 35	58	6	
	6	— 59 33	39	9	
	7	1 h. 0 12	23	16	
	8	— 0 35	18	20	
	9	— 0 53	15	24	500 en 91; vitesse moyenne, 20,0
13	0	— 1 08	17	21	
	1	— 1 25	18	20	
	2	— 1 43	22	16	
	3	— 2 05	23	16	
	4	— 2 28	24	15	
	5	— 2 52	20	18	
	6	— 3 12	21	17	
	7	— 3 33	19	19	1.100 en 231; vitesse moyenne, 17,0
	8	— 3 52	19	19	
	9	— 4 11	20	18	
14	0	— 4 31	21	17	
	1	— 4 52	20	18	
	2	— 5 12	21	18	
	3	1 h. 5 32			
Ensemble.				3.600 en 887; vitesse moyenne, 14,6	

La locomotive modifiée a fait, pendant huit jours, tout le service de la ligne de Chauny à Saint-Gobain, et elle a circulé dans la courbe de 80 mètres sans plus de difficulté que les locomotives de fortes rampes à quatre essieux couplés qui sont affectées à cette exploitation.

C'est là un résultat fort important, lorsqu'on voit qu'il

s'agit d'une locomotive des plus puissantes fonctionnant normalement sans qu'il soit nécessaire de recourir à la complication résultant de l'articulation du châssis.

RAPPORT

AU MINISTRE SUR LA MACHINE LOCOMOTIVE A QUATRE CYLINDRES
ET A DOUZE ROUES COUPLÉES DU CHEMIN DE FER DU NORD,
AVEC APPLICATION DU SYSTÈME BEUGNIOT.

Par M. COUCHE,

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

Monsieur le Ministre,

Par une lettre en date du 14 octobre 1863, M. Petiet, ingénieur en chef du matériel du chemin de fer du Nord, a signalé à Votre Excellence les résultats d'un essai fait le 2 du même mois sur une des locomotive à quatre cylindres et à douze roues couplées, récemment construites pour le service de ce réseau (Pl. VI, *fig. 2*, et Pl. VII, *fig. 1* et *2*). La machine dont il s'agit a circulé sans difficulté dans les courbes de 125 mètres de la ligne de Saint-Gobain, et M. Petiet pense « qu'à l'utilisation complète du poids du « moteur pour l'adhérence et à une charge modérée par « paire de roues, ce type réunit la faculté de franchir facilement les courbes de petit rayon; » qu'il paraît, en un mot, réunir les conditions essentielles de la solution du problème qui préoccupe à si juste titre les ingénieurs.

Votre Excellence m'a renvoyé, le 22 octobre, la lettre de M. Petiet, ainsi que les documents qui l'accompagnaient, en m'invitant « à les examiner et à les renvoyer avec mes observations et mon avis relativement au nouveau modèle « de locomotive qu'ils concernent. »

Depuis cette époque, la compagnie du Nord a jugé avec raison qu'il serait intéressant de pousser l'expérience, pour ainsi dire, à outrance, en cherchant à approprier une des machines du même type à la circulation dans des courbes de 80 mètres de rayon; expérience que la ligne de Saint-Gobain offrait également le moyen de réaliser.

Il fallait d'abord rendre possible l'inscription des boudins entre les rails; un accroissement convenable du jeu des quatre essieux mobiles transversalement à la voie (le seul jeu qu'ils possèdent dans la machine dont il s'agit) combiné avec le démaigrissement des boudins des deux paires de roues intermédiaires et fixes (et bien entendu avec l'augmentation du jeu de la voie corrélative au rayon), permettait d'assurer l'accomplissement de cette condition première. Mais la possibilité de l'inscription, au repos, sans aucune tension des boudins et des rails, ne suffit pas pour préjuger l'allure. Comment la machine se comporterait-elle en marche, non-seulement en courbe, mais aussi en alignement droit, à une vitesse notable eu égard à la petitesse du rayon des roues? Sur ce point, l'expérience seule pouvait prononcer.

M. Petiet s'est d'ailleurs décidé à appliquer à la machine d'essai le perfectionnement déjà introduit par M. Beugniot dans les machines la *Rampe* et la *Courbe*, mais dont cet ingénieur a, depuis, beaucoup simplifié l'exécution. Aux châssis spéciaux empruntés au constructeur américain Baldwin, et placés entre le bâti général et les ressorts de suspension, M. Beugniot a substitué de simples balanciers, reliant les essieux extrêmes de chaque groupe, et remplissant d'ailleurs les mêmes fonctions que les châssis primitifs. En courbe, l'essieu antérieur, guidé par le rail, guide lui-même l'essieu conjugué, par l'intermédiaire du balancier, en lui imprimant la déviation convenable transversalement à la voie. En alignement droit, les deux essieux se contiennent mutuellement, dans certaines limites, l'un ne pouvant osciller sans que l'autre se déplace à chaque instant et en sens contraire, de la même quantité. Leurs tendances à abuser, pour ainsi dire, d'une mobilité devenue alors inutile et même nuisible, doivent se détruire généralement puisqu'il arrive rarement qu'elles concordent (Pl. VI, fig. 2 à 6, Pl. VII, fig. 3 et 4).

Par une lettre du 25 novembre dernier, j'ai informé Votre Excellence du fait nouveau qui s'était produit; j'ajoutais que la compagnie du Nord ayant l'intention de faire une nouvelle expérience sur la machine modifiée, je croyais remplir vos intentions en attendant le résultat de cette expérience pour présenter à Votre Excellence les observations qu'elle m'avait demandées.

Cet essai a eu lieu; ses résultats ont eu de nombreux témoins; ils ont reçu déjà une assez grande publicité (*). Votre Excellence les connaît; il serait donc inutile de les reproduire dans ce rapport.

Le fait capital est celui-ci: une machine de plus de 200 mètres de surface de chauffe (sans compter le réchauffeur), à essieux rigoureusement parallèles et espacés de 6 mètres, a douze roues toutes munies de boudins, a circulé avec une grande facilité dans une courbe de 80 mètres de rayon. Elle y a démarré, refoulé sa charge, patiné sur place de manière à mettre en évidence la liberté des roues.

Après ce tour de force la machine est revenue à Chauny, en conservant, à la vitesse de 30 kilomètres, considérable déjà pour le diamètre de ses roues (1^m,06), une allure très-douce et une grande stabilité.

C'est là, assurément, un fait très-remarquable. Il confirme, et dans des limites beaucoup plus larges, l'opinion émise dans un précédent rapport, sur l'importance très-secondaire de la convergence des essieux au point de vue de la circulation en courbe; circulation à petite vitesse sans doute, mais qui aurait la prétention de marcher vite dans des courbes de 80 mètres de rayon?

Quant à la question d'usure du matériel, ce n'est ni une ni plusieurs expériences qui la trancheront, c'est la pratique. Certes, les rails et les bandages, jantes et boudins, s'useront en courbe plus qu'en alignement droit, ne fût-ce

(*) Voir ci-dessus, pages 137 et suivantes.

que par suite de l'insuffisance de la conicité (que rien n'empêcherait, au surplus, d'augmenter dans les machines spéciales, tout en conservant au rail la même inclinaison, comme on le fait d'ailleurs en Allemagne, au Sœmmering par exemple). Il y a, en courbe, un surcroît de résistance qu'on peut atténuer, mais non annuler. La mobilité de l'essieu antérieur, relativement au bâti, dans le sens transversal, me paraît d'ailleurs, comme j'ai déjà eu occasion de l'exposer à Votre Excellence, constituer un des moyens les plus efficaces de réduire le surcroît de résistance dû aux courbes.

Au surplus, la question étant de faire circuler dans une courbe de très-petit rayon, une machine de très-grande puissance, le grand point était de prouver que cette circulation est possible, facile même.

Comparaison avec les autres solutions proposées. — Ce n'est pas ici le lieu d'examiner les différents systèmes suggérés à divers inventeurs par l'étude plus ou moins judicieuse des conditions de ce grand problème : la traction en rampe et en courbe. Je ne puis cependant me dispenser d'en dire quelques mots, en me bornant aux principes. Plusieurs systèmes sont en présence. Quels sont ceux qui constituent ou qui promettent un progrès? N'y en a-t-il pas qui, au lieu d'être dans une voie progressive, tendent au contraire à faire reculer la science pratique des chemins de fer? Quels sont, en un mot, ceux qui méritent d'être encouragés et poursuivis? Il est impossible de ne pas aborder cette question quand on examine un de ces systèmes.

En semblable matière, la première condition d'une solution acceptable est la simplicité, obtenue même au prix de quelques inconvénients, tels que des résistances passives qui d'ailleurs affectent très-gravement aussi, si ce n'est plus encore, tout appareil compliqué, à transmissions multiples.

Ce caractère de simplicité, on ne peut à coup sûr le refuser à la machine du Nord. En laissant de côté, pour le

moment, un de ses traits essentiels sur lequel je reviendrai plus bas, les dispositions spéciales introduites en vue de la circulation en courbe ne sauraient certes, être accusées de complication. Elles se réduisent, en effet, au jeu transversal de quatre essieux (les deux extrêmes et les deux intermédiaires), aux articulations verticales permettant aux lignes de bielles d'accouplement de se briser pour s'inscrire dans les courbes, à la forme sphérique donnée aux mannetons d'accouplement extrêmes, et aux deux balanciers qui relient deux à deux les essieux extrêmes de chaque groupe. Certes, il est impossible de faire moins, et si cela suffit, il est inutile de faire plus.

1° *Systèmes fondés sur le double transbordement.* — Agir sur le matériel de *transport*, comme on l'a proposé souvent, en le transformant lui-même en matériel moteur et adhérent, en le localisant dès lors dans les sections très-accidentées, c'est sacrifier une des conditions les plus importantes des chemins de fer : la continuité des transports. Localiser le moteur est souvent indispensable, et n'a d'ailleurs aucun inconvénient. Cela se fait depuis longtemps; mais renoncer à faire passer les wagons partout, c'est ce qu'il ne faudrait faire qu'à la dernière extrémité, et même jamais sur des lignes importantes (*).

(*) Je ne puis partager l'avis de la commission d'enquête qui a admis le transbordement comme point de départ pour l'établissement des lignes du quatrième réseau. (Rapport de la commission d'enquête, page 154.) — Grever d'un transbordement, avec toutes les conséquences qu'il entraîne et dont on paraît avoir fait beaucoup trop bon marché, les matières encombrantes et de faible valeur qui formeront le principal élément du trafic de ces lignes secondaires, me paraît une condition économique des plus fâcheuses; et ce qu'il y a de pis, c'est qu'on l'admet sans nécessité, sans compensation. On veut des voies légères, peu coûteuses, rien de mieux assurément; mais comme on veut aussi que la traction soit faite, non par des chevaux (ce qui justifierait le principe admis), mais par des locomotives; comme ces locomotives devront, en raison de l'inclinaison des rampes, être capables de développer un

2° *Système à roues motrices horizontales pinçant un rail central saillant.* — Il ne semble pas non plus qu'il y ait rien à attendre du système proposé, il y a plus de vingt ans, par M. le baron Séguier dans un but tout spécial : celui d'empêcher les déraillements par la tête, et tout récemment tiré de l'oubli en France à titre de complément possible du système à patins glissants de M. Girard. Ce mécanisme est aussi, en ce moment même et sous un autre nom, l'objet d'une expérience en grand installée près de Manchester par M. Brassey. Ce qu'obtient M. Brassey, d'après M. Séguier, sur une courte rampe de 0,050 (*), avec sa machine à roues motrices horizontales pinçant un rail central, les Américains l'ont obtenu, avec des machines ordinaires, sur des rampes de 0,052 et 0,056 (montagnes Bleues). Ils ont même fait fonctionner des locomotives sur une rampe de 0,10 dans des conditions d'adhérence favorables il est vrai, sans être cependant exceptionnelles ($\frac{1}{4,1}$); mais les ingénieurs américains voyaient là un expédient temporaire applicable à un tracé provisoire, et nullement une solution

effort de traction considérable, c'est-à-dire être puissantes et lourdes, elles exigent des voies solidement constituées, et des voies capables de supporter de telles machines seront parfaitement en état de recevoir les wagons des grandes lignes.

(*) D'après M. Séguier (Compte rendu de l'Académie des sciences, séance du 11 janvier 1864), « Une machine construite dans les conditions de plus grande légèreté, et du poids de 15 tonnes, gravit la rampe de 0,05 traînant une masse de 50 tonnes. » C'est ce que ferait une machine ordinaire du même poids, avec une adhérence de 1/6. Et elle ferait plus avec ce coefficient, et autant avec un coefficient moindre, en renonçant à la construire « dans les conditions de plus grande légèreté, » la lestant au contraire, au besoin, et renonçant du même coup à toutes ces complications du moteur et de la voie.

La machine, au surplus, n'est pas si légère qu'on veut bien le dire, relativement à sa surface de chauffe, quoiqu'on n'ait certainement rien négligé pour cela; mais comment obtenir une machine légère en la chargeant d'une telle masse d'organes nouveaux?

définitive, vraiment pratique (*). Sur de telles rampes et même sur des rampes bien moindres, soit que l'adhérence suffise, soit qu'on lui substitue, comme le font MM. Séguier et Brassey, une sorte de touage, on arrive inévitablement à cette conséquence, que le rapport du poids du moteur au poids remorqué atteint des proportions vraiment intolérables. Je ne connais pas les détails de l'expérience de Manchester; mais voici l'épreuve comparative à laquelle je voudrais la voir soumettre avant tout : puisque la machine trop légère, dit-on, n'a pas assez d'adhérence pour transmettre l'effort de traction qu'elle exerce à une vitesse de 10 kilomètres environ (ce qui n'a rien que de très-admissible en général à une vitesse aussi réduite et aussi insuffisante pour un service important), qu'on l'estie une machine ordinaire du même type jusqu'à ce qu'elle ait l'adhérence nécessaire, en utilisant au besoin, bien entendu, les boîtes à sable; je suis très-porté à croire que sa charge utile atteindra alors, et même dépassera, malgré la lenteur exagérée, je le répète, qui accroît d'autant l'effort de traction, la charge que remorque la machine modifiée avec un attirail qui aggrave évidemment et son poids et sa résistance propre.

Compte-t-on pour rien, d'ailleurs, l'aggravation des dépenses d'établissement et d'entretien de la voie avec rail central?

Ce qui fait la simplicité, on pourrait dire la beauté de la locomotive, c'est la transmission de l'effort de traction par l'intermédiaire de l'adhérence; supposons un instant qu'on ait par malheur ignoré jusqu'à présent ce moyen si simple, qu'on ait appliqué les roues motrices horizontales proposées maintenant; qu'un inventeur vienne à découvrir que ces roues, la transmission qu'elles exigent, le rail central, que tout cela est inutile, que l'adhérence des roues portantes suffit, tant que la vitesse elle-même est suffisante; quel pro-

(*) Voir *Annales des mines*, tome IV, page 84, 1865.

grès! quelle juste admiration pour une si utile découverte!

On dira, il est vrai, que si l'adhérence suffit en général, elle ne suffira plus sur les rampes très-inclinées, qu'on franchira au besoin avec une vitesse réduite. Mais, si on peut parfaitement se contenter d'une vitesse de 10 kilomètres, ou même moindre encore, sur un chemin industriel, sur un embranchement secondaire, des motifs trop connus pour qu'il soit nécessaire de les rappeler ici ne permettent pas d'user aussi largement, à beaucoup près, sur les sections appartenant à une grande artère, de cet échange entre la vitesse et l'effort de traction. D'ailleurs, mieux vaut certainement augmenter un peu le poids du moteur, à force égale, que de se jeter dans de telles complications. Et si, ce que je crois, la locomotive devient inadmissible en rampes, au-dessous du degré d'inclinaison à partir duquel l'adhérence manquerait, par exemple à partir de 0,045 ou 0,050 au plus, ce n'est pas en recourant à de semblables artifices qu'on reculera la limite. Renoncer à l'adhérence, c'est renoncer à la locomotive. Vouloir conserver la seconde en abandonnant la première, c'est se priver gratuitement des avantages du système en subissant ses inconvénients. Il faut bien répéter que la condition de l'adhérence est inséparable de la considération de la vitesse. Une locomotive qui a assez d'adhérence sur niveau aura de même (sauf l'infériorité tout à fait négligeable même pour une inclinaison de 0,05 de la composante normale du poids, relativement à ce poids) assez d'adhérence en rampe, à vitesse égale, puisque l'effort de traction est le même. Il n'y a qu'un cas où l'adhérence puisse être insuffisante en rampe, quoiqu'elle suffise sur niveau : c'est celui où le coefficient de frottement aurait une valeur habituellement moindre dans les régions accidentées par suite de conditions atmosphériques plus défavorables. A égalité de coefficient, l'insuffisance de l'adhérence ne se manifeste en rampe que quand on y admet, pour augmenter l'effort de traction, une

vitesse moindre que sur niveau, ou parce que, sur niveau, la charge est habituellement incomplète; mais, si l'inclinaison est très-grande, il y a un autre fait qui se produit avant le défaut d'adhérence, surtout tant que la vitesse ne s'abaisse pas jusqu'à une limite inadmissible sur un tronçon d'une grande ligne, c'est l'insignifiance du poids remorqué.

Dans une seconde note insérée au Compte rendu de l'Académie des sciences (n° 9, 29 février 1864, page 396), M. Séguier évalue l'adhérence à $\frac{1}{20}$! c'est-à-dire le chiffre admis jusqu'à présent pour le frottement des pièces de machines, parfaitement rodées, avec graissage continu, et par exemple pour le frottement des fusées de wagons (*)! Et il ne donne pas ce chiffre comme une limite inférieure, extrême, atteinte seulement de temps à autre, ni même comme la valeur moyenne; c'est, d'après M. Séguier, celle qui correspond « à un temps sec, alors qu'aucune humidité ne lubrifie les rails. » — « Un train, ajoute-t-il, n'avance « que parce que les roues motrices de la locomotive éprouvent sur les rails un frottement que l'expérience a démontré être, en temps ordinaire, d'environ un vingtième du « poids qui pèse sur les roues motrices. Ainsi, une locomotive lourde de vingt tonnes, par un temps sec, alors « qu'aucune humidité ne lubrifie les rails, trouve dans le « coefficient de frottement de ses roues motrices une puissance de traction en plan horizontal d'une tonne... »

Certes, une fois de telles bases admises, on conçoit que l'auteur ne veuille plus entendre parler de l'adhérence pour transmettre l'effort de traction de la machine au train. Seu-

(*) Il est vrai que dans ces conditions, si radicalement différentes de celles de l'adhérence des roues sur les rails, le chiffre de $\frac{1}{20}$ est certainement exagéré. Des expériences récentes, et entre autres celles que M. Kirchweyer a faites à Hanovre, s'accordent très-bien sur ce point avec les conséquences auxquelles conduit la discussion des valeurs données par le dynamomètre pour l'effort de traction total, surtout à petite vitesse.

lement ce chiffre établi, dit-il, « par l'expérience, » comment le concilier avec les expériences connues de tous les ingénieurs, avec l'exploitation même des voies ferrées, qui lui donne à tout instant d'innombrables et de si complets démentis?

« Une locomotive de 60 tonnes et plus pour gravir des montagnes! » s'écrie (page 392) M. le baron Séguier en faisant allusion à la machine, objet de ce rapport; mais si elle pèse 60 tonnes, ce n'est pas, Dieu merci, parce que l'adhérence est de $\frac{1}{20}$; c'est tout simplement parce que cette machine a une puissance inusitée, c'est parce qu'elle a une surface de chauffe de plus de 200 mètres carrés. Spécifiquement, c'est au contraire une des plus légères qu'on ait jamais construites: elle pèse seulement, avec ses approvisionnements complets, 270 kilogrammes par mètre carré de surface de chauffe, moitié de ce que pèsent beaucoup de machines à marchandises construites il y a quelques années et encore en service sur le chemin du Nord!

Bien loin donc de faire à dessein les locomotives pesantes en vue d'augmenter leur adhérence, on s'attache au contraire à réduire leur poids par tous les artifices possibles; et cela précisément parce qu'il s'agit de machines qui doivent employer à leur propre déplacement une fraction de leur travail mécanique, fraction qui croît rapidement avec l'inclinaison des rampes qu'elles gravissent.

Cette réduction, si largement réalisée dans les machines de M. Petiet, constitue un de leurs caractères les plus remarquables; et c'est seulement, encore une fois, dans le cas où ces deux éléments: vitesse et coefficient de l'adhérence (ou un seul) auraient des valeurs moindres qu'au Nord, que la légèreté spécifique pourrait devenir exagérée.

Malgré le soin avec lequel on s'est attaché, et à très-juste titre, à réduire le poids de ces puissants appareils, ils possèdent assez d'adhérence pour les conditions normales du service en vue duquel ils ont été conçus, c'est-à-dire à une

vitesse de 20 à 25 kilomètres environ, et sur une voie dont les conditions d'adhérence sont généralement favorables. Il n'en serait plus de même à une vitesse moindre, comme celle qu'on pourrait admettre à la rigueur sur de fortes rampes, et avec l'adhérence réduite, fréquente dans les contrées montagneuses; la réduction du poids de la machine garnie ne devrait donc pas alors être poussée aussi loin qu'on s'est très-justement attaché à le faire au chemin de fer du Nord, et le poids remorqué s'en ressentirait.

Il est clair, en thèse générale, que les éléments d'une machine doivent toujours être proportionnés en raison des circonstances spéciales dans lesquelles elle doit fonctionner. Le rapport du poids mort au poids remorqué varie nécessairement suivant ces circonstances; mais les avantages essentiels du principe n'en subsistent pas moins.

Voie dans laquelle on doit chercher le véritable progrès.
— Améliorer la locomotive sans abandonner ses principes fondamentaux, et notamment l'adhérence; chercher à augmenter sa puissance, sa flexibilité, en utilisant tout son poids pour l'adhérence, et en le répartissant sur un assez grand nombre de roues pour ne pas trop concentrer la pression sur rails; diviser le mécanisme moteur et les roues en deux groupes indépendants; s'efforcer en même temps de ne pas dépasser, pour l'inclinaison des rampes, la limite au delà de laquelle une machine ainsi perfectionnée ne donnerait plus qu'un effet utile dérisoire; puis, s'il est absolument impossible de se maintenir au-dessous de cette limite, renoncer franchement à la locomotive et demander à d'autres principes ce qu'elle ne peut plus donner alors, *pas plus et même moins sans l'intermédiaire de l'adhérence qu'en l'utilisant*: telle est, selon moi, monsieur le ministre, la voie dans laquelle on doit chercher le progrès; et il me paraît difficile d'avoir quelque confiance dans des solutions bâtarde, qui accolent à la locomotive un attirail plus ou moins analogue à celui qu'exige jusqu'à présent la traction par machines fixes et qui

a tant contribué à la juste défaveur dont ce mode est l'objet.

Déjà, pour ces cas extrêmes où la locomotive fait défaut, où la machine fixe semble devenir une nécessité, une solution nouvelle se produit : c'est celle qui a été imaginée par M. Agudio, député et ingénieur italien. Je n'anticiperai pas ici sur le rapport que Votre Excellence m'a fait l'honneur de me demander sur ce système. J'espère d'ailleurs pouvoir, avant de rédiger ce rapport, assister aux expériences entreprises sur la ligne de Turin à Gènes. Quel que soit l'avenir réservé à ce système, il est incontestablement très-ingénieux. Il affranchit la traction au moyen de machines fixes, des vices les plus graves qui l'ont fait si justement repousser sur les grandes lignes. Peut-être n'est-il pas exempt lui-même d'inconvénients très-sérieux. Mais, si l'on ne peut affirmer qu'il constitue dès à présent, tel qu'il est, une solution pratique, son principe permet au moins de l'entrevoir.

Système américain. La machine du Nord doit le supplanter. — Parmi les dispositions appliquées pour approprier les locomotives aux exigences des tracés accidentés, on ne peut omettre une des plus anciennes, qui a rendu des services réels au delà de l'Océan, en Allemagne, en Belgique et en Angleterre : c'est le système américain. Mais ce système, conçu en vue des courbes, n'a rien fait pour les rampes, loin de là, puisqu'il exclut l'accouplement complet. Le principe de la nouvelle machine du Nord paraît donc devoir le supplanter généralement.

Machine Steierdorf. — Diverses tentatives, fruit de recherches ingénieuses, mais plus ingénieuses que pratiques, celle par exemple qui a abouti à la machine *Steierdorf*, construite pour une ligne à rampes de 0,020 et à courbes de 140 mètres (d'Orawicza à *Steierdorf*, dans le Banat), paraissent désormais sans intérêt en présence de la nouvelle machine; sa supériorité ne peut guère en effet être mise en doute, même par les personnes qui croient pouvoir compter sur le succès de ces tentatives. *La Steierdorf*, qui figurait à

l'exposition de Londres en 1862, n'a fait encore que quelques courses d'essai; je l'ai retrouvée, il y a quelques mois, dans les ateliers de Vienne, qu'elle n'a guère quittés, et qu'elle ne quittera probablement guère.

Nouvelle machine sans galets-directeurs de M. Arnoux.

— Il est juste de mentionner, dans cette rapide revue, le perfectionnement récemment apporté au système articulé par son ingénieux inventeur. Les galets-directeurs exigent pour les croisements de voie un mode de construction spécial, et la circulation sur les voies ordinaires leur est dès lors interdite. M. Arnoux a réussi à supprimer ces organes spéciaux. Il guide l'essieu antérieur par une application très-simple de la relation géométrique qui lie les déplacements angulaires des essieux relativement aux flèches, et les déplacements des flèches relativement aux timons.

En combinant ainsi le principe de la solution primitivement appliquée sur le chemin de Sceaux, avec les parallélogrammes articulés imaginés depuis, M. Arnoux a réussi à vaincre une objection que soulevait tout d'abord son système. La machine modifiée possède d'ailleurs une souplesse et une douceur d'allure dans les courbes, qu'on ne saurait contester.

Mais il ne s'agit là que de la convergence, condition plus théorique que pratique. La nouvelle solution exclut toujours l'adhérence totale, et son application serait dès lors restreinte aux lignes très-sinueuses, mais à rampes assez faibles pour qu'une adhérence partielle fut suffisante.

Désaccord actuel des opinions sur les machines d'une très-grande puissance. — Votre Excellence sait combien les avis sont partagés sur la valeur des locomotives d'une très-grande puissance. Un ingénieur italien, M. Biglia, à l'opinion duquel sa position spéciale donne une valeur réelle déclare (*) « qu'aucun ingénieur connaissant l'entretien et

(*) Réfutation de la note de M. Gouin, etc..., page 18. — Turin, 1863.

« la réparation des machines ne pourra hésiter à donner
« la préférence, les autres circonstances étant égales, à un
« moteur composé de deux pièces séparées de 26 tonnes
« chacune (comme celles de Giovi), sur une machine mons-
« trueuse de 47 tonnes, en une seule pièce. »

Lorsque, récemment, Votre Excellence a consulté les compa-
gnies de chemins de fer sur le projet de machine à articula-
tion, présenté par MM. Meyer, elles ont émis l'avis suivant :

1° *La compagnie de la Méditerranée.* — « Après de
« longs essais, la compagnie n'a pas hésité à adopter exclu-
« sivement le système de la double traction pour le transport
« des marchandises sur les lignes à profil très-incliné, ce
« qui revient à dire que la question (celle de la traction en
« fortes rampes et en courbes très-roides) se trouve réso-
« lue, en ce qui la concerne, par l'emploi des machines de
« types ordinaires. M. l'ingénieur en chef Couche a fait
« ressortir....., dans son rapport, les avantages de ce sys-
« tème tant au point de vue de l'économie qu'à celui de la
« sécurité. Il nous suffira de dire qu'une longue expérience
« nous fait partager entièrement les idées de M. Couche à
« ce sujet. »

2° *La compagnie de l'Ouest.* — « On exploite, dit la
« compagnie de l'Ouest, la rampe, courte il est vrai, de
« Saint-Germain (0,035) avec des machines à 2^m,80 seule-
« ment d'écartement.... Elles peuvent s'atteler dos à dos,
« et dans ces conditions, on remorque 24 voitures, dont 12
« à 14 à impériales, pesant 200 à 220 tonnes, moteur non
« compris. »

5° *La compagnie d'Orléans.* — « En vue des parties
« accidentées du réseau, dit la compagnie d'Orléans, nous
« avons donné la préférence à des machines à huit roues
« couplées, munies d'appareils spéciaux qui leur permettent
« de franchir des courbes de 150 mètres. »

Les « appareils spéciaux » auxquels la compagnie fait ici
allusion sont les *osselets* de M. Polonceau. Comme les res-

sorts de M. Caillet et comme les balanciers de M. Beugnot,
ces dispositifs ingénieux ont pour but de régler en quelque
sorte l'usage du jeu donné aux essieux, transversalement à
la voie. Mais le troisième expédient me paraît le meilleur,
non-seulement parce qu'il est exempt de quelques inconvé-
nients inhérents aux deux autres (par exemple la pertur-
bation apportée par le jeu des osselets dans la répartition
du poids suspendu entre les roues), mais aussi parce
qu'il réduit de moitié l'action directrice des rails sur les
mentonnets des roues.

Ainsi, parmi les compagnies françaises, les unes regar-
dent la machine à six roues comme devant suffire à peu près
dans tous les cas. La compagnie du Nord n'accepte pas la
traction multiple, et regarde l'unité du moteur comme la
condition d'une exploitation économique. La compagnie
d'Orléans estime qu'un moteur de puissance intermédiaire
suffira sur les sections les plus accidentées de son réseau.

Je persiste, pour mon compte, dans l'opinion à laquelle
la compagnie de la Méditerranée déclare se rallier, et à
l'appui de laquelle elle vient de fournir un nouvel argu-
ment en faisant disparaître une des objections adressées à
la double traction. Il n'y a pas de raison pour que deux
machines ne remorquent pas une charge double de celle
que remorque la machine simple. Cependant, en pratique,
il n'en était point ainsi. C'est cette anomalie que la com-
pagnie de la Méditerranée vient de supprimer (*), en aug-
mentant en même temps, dans une proportion considé-
rable, la charge rapportée à l'unité de surface de chauffe,
unité qui était beaucoup moins bien utilisée pour le travail
produit dans la traction des marchandises que dans celle
des voyageurs.

(*) Voir l'instruction n° 29, en date du 14 août 1863, du service
de matériel et de la traction de ce réseau, et le tableau qui y est
annexé pour chacune des trois grandes sections dont il est com-
posé.

Mais, d'une part, il est évidemment impossible de ne pas tenir grand compte de l'autorité des ingénieurs, favorables à l'emploi d'unités d'une grande puissance. Les divergences d'opinions sur une question économique dont les éléments sont très-complexes, s'expliquent d'ailleurs en partie par les conditions diverses dans lesquelles les ingénieurs sont placés, chacun d'eux puisant naturellement, dans sa pratique personnelle surtout, les motifs de sa conviction.

D'un autre côté, en admettant l'emploi de deux machines, en l'admettant même, ainsi que j'ai eu l'occasion de le dire ailleurs, comme imposé en quelque sorte, sur les fortes rampes, par une considération capitale, celle de la sécurité (*), on entrevoit dès à présent, comme inévitables, des rampes d'une inclinaison telle que deux machines ordinaires, c'est-à-dire de 120 mètres de surface de chauffe environ, ne pourraient remorquer que des trains par trop légers. Si donc la préférence donnée aux machines très-puissantes est sujette à discussion, quand il s'agit des lignes à faibles pentes, l'emploi de telles machines pourra devenir une condition *sine quâ non*, sur certaines sections à très-fortes rampes et à grand trafic, comme celles qui traverseront les grandes chaînes de montagnes. Sans doute, le débat pourra alors s'engager entre cette solution et celles qui, comme le système de M. Agudio, admettent les moteurs fixes (**). Mais rien de plus logique à coup sûr que

(*) Voir le rapport sur la locomotive de M. Rarchaert, *Annales des mines*, tome IV, 1863, page 78, note.

(**) Peut-on, par exemple, après le succès inespéré de l'air comprimé comme agent de transmission du travail mécanique, supposer que les magnifiques installations motrices de Bardonnèche et Modane ne seront pas utilisées pour la traction ?

« La solution du problème de la traction par l'air comprimé, dit M. Sommeiller (page 107 de son rapport), est une nécessité, et il y a tout lieu de croire que cette solution est très-prochaine. »

Sous la plume de l'illustre ingénieur, dont on connaît la réserve, cette affirmation a une valeur évidente.

de chercher à obtenir de la locomotive, de la vraie locomotive, celle qui remorque son propre poids et sa charge, par l'intermédiaire de l'adhérence, tout ce qu'elle peut donner ; et la machine de M. Petiet est une solution certaine, mesurable, qui ne laisse douteuse qu'une question, secondaire après tout, celle de la dépréciation du matériel. Elle constitue donc un progrès incontestable.

Il est à peine nécessaire d'ailleurs d'ajouter que si cette machine a circulé dans une courbe de 80 mètres, il n'en faut nullement conclure quelle pourrait faire un service régulier dans de telles conditions. Elle a fait, je le répète, un tour de force, et le fait est fort intéressant, car qui peut plus, peut moins. Mais il est clair que le principe de sa construction n'est nullement inséparable des dimensions qu'on lui a données en vue de son service sur la ligne du Nord. S'il arrivait, ce qui est douteux, qu'on dût se résigner à admettre sur des lignes importantes des courbes aussi excessives que celle de Saint-Gobain, rien n'empêcherait de réduire en conséquence la longueur, et par suite la puissance de la machine. Ajoutons, cependant, que le diamètre des roues n'est guère susceptible de réduction, et que leur nombre lui-même est une condition avantageuse à cause de la base fixe et à écartement modéré que forment les deux essieux intermédiaires de chaque groupe de six roues. Toutefois, les machines de M. Beugnot, prouvent que ce nombre pourrait être au besoin réduit à huit, sans inconvénient sérieux pour la stabilité.

Quel que fût d'ailleurs le nombre des roues, la division de l'appareil moteur en quatre cylindres, qui constitue un des caractères les plus importants de la machine du Nord, devrait évidemment être conservée. Cette division n'a pas seulement pour effet de limiter à six le nombre des roues solidaires pour la rotation ; elle facilite la répartition entre les essieux, du poids suspendu ; elle réduit la masse de chacune des pièces en mouvement ; elle rend, en cas d'a-

varies en marche, leur démontage beaucoup plus expéditif, et réduit par cela même la durée des détresses. Elle aura même souvent pour effet de les supprimer, puisque la rupture d'une pièce laisserait intact le jeu de trois pistons.

Conclusion. — En résumé, monsieur le Ministre, la nouvelle machine du Nord dote les chemins de fer d'un instrument puissant, possédant un ensemble de propriétés que les chemins de fer pourront mettre à profit dans des conditions diverses. Combinée en vue de la traction de lourdes charges, sur les faibles rampes et les courbes à grand rayon du chemin du Nord, elle convient également aux tracés placés pour ainsi dire à l'autre extrémité de l'échelle. Elle réalise, à ce dernier point de vue, un progrès d'autant plus remarquable qu'il est obtenu par des moyens plus simples.

J'ai l'honneur de proposer à Votre Excellence d'exprimer à M. Petiet sa satisfaction pour ce service rendu à la grande industrie dans laquelle il occupe une place très-distinguée.

Une juste part dans l'éloge doit revenir d'ailleurs à M. Beugnot, et je suis heureux de l'occasion qui m'est offerte de signaler à Votre Excellence le mérite de cet habile ingénieur. Il n'a pas peu contribué à placer la construction des machines en France au rang élevé qu'elle occupe aujourd'hui dans l'industrie européenne.

Veillez agréer, etc.

Signé C. COUCHE.

LETTRE

DE M. WUILLEMIN, INGÉNIEUR EN CHEF DU MATÉRIEL ET DE LA TRACTION DES CHEMINS DE L'EST, AU SECRÉTAIRE DE LA COMMISSION DES *Annales*.

J'ai l'honneur de vous faire connaître les résultats du dernier essai de l'appareil fumivore Friedmann, fait sur une de nos machines mixtes du dépôt d'Épernay.

La machine 362, munie de cet appareil, a été mise en service le 14 octobre 1865; elle a parcouru en service régulier, jusqu'au 18 janvier 1864, c'est-à-dire en trois mois, 9.412 kilomètres et a consommé, pendant ce temps, 110.200 kilog. de houille tout venant de Prusse, soit 11^k,708 par kilomètre.

Pendant les mois d'octobre, novembre et décembre 1865, les machines mixtes fumivores du dépôt de Paris ont consommé, en moyenne, 9^k,08 par kilomètre de houille tout venant de Prusse, et celles du dépôt d'Épernay 8^k,71 de houille ordinaire.

La hotte étant presque complètement usée, la machine a été conservée au dépôt, comme machine de rechange servant rarement. Le 4 mars, j'ai donné ordre d'enlever la hotte.

Veillez agréer, etc.

NOTICE

SUR LES SONDAGES EXÉCUTÉS PENDANT LES ANNÉES 1859 A 1862
DANS LE TERRITOIRE MILITAIRE DE LA PROVINCE D'ALGER; SUIVIE
D'ÉTUDES GÉOLOGIQUES ENTREPRISES AU POINT DE VUE DE LA RE-
CHERCHE DES EAUX JAILLISSANTES, DANS LE BASSIN DES ZAHREZ
ET LE LONG DE LA ROUTE CARROSSABLE D'ALGER A LAGHOUAT (*).

Par M. VILLE, ingénieur en chef des mines.

Pendant l'administration éclairée de M. le maréchal Randon, gouverneur général de l'Algérie, M. le général Jusuf, désireux de lancer les populations arabes de son commandement dans cette voie féconde ouverte d'une manière si brillante par M. le général Desvaux dans la province de Constantine, nous a chargé d'étudier le Sahara au point de vue de la recherche des eaux jaillissantes. A la suite de plusieurs longs voyages dans les régions comprises entre Boghar et Ouargla, nous avons reconnu que les sondages avaient des chances de succès dans un grand nombre de points de la province d'Alger, et notamment dans le bassin des Zahrez et les vastes plaines sahariennes traversées par divers affluents du haut Chélif.

Dans un rapport, en date du 8 septembre 1858, nous avons proposé un projet de réseau de sondages à exécuter dans le territoire militaire, au milieu des divers terrains stratifiés de ce territoire. Nous nous contenterons d'en reproduire les conclusions.

« On voit par ce qui précède que les puits artésiens peu-
« vent donner de l'eau jaillissante dans tous les terrains
« stratifiés du sud de la province d'Alger, et principale-
« ment dans le terrain tertiaire moyen et le terrain saha-

(*) Voir la Pl. VIII.



« rien (*). Dans ce dernier terrain la profondeur des sondages ne dépassera pas probablement 100 mètres; dans les autres terrains, elle ne dépassera pas probablement 3 à 400 mètres, profondeur qu'il est facile d'atteindre avec les moyens dont dispose aujourd'hui l'art du sondeur. Il n'est pas douteux que la réussite des puits artésiens ne soit un très-grand bienfait pour le sud, parce qu'on aurait alors de l'eau, soit pour abreuver les troupeaux et les hommes, soit pour cultiver le sol qui serait d'une très-grande fertilité surtout dans les vallées alluviennes découpant le terrain saharien. Les conséquences de la réussite des puits artésiens auraient une immense portée au point de vue de la colonisation de la région des steppes. Des plaines considérables qui, le plus souvent, ne sont qu'une désolante solitude changeraient d'aspect comme par enchantement, dès que l'eau courante pourrait les vivifier. Ce serait un champ de plus ouvert à la population européenne qui, jusqu'à ce jour, s'est à juste raison exclusivement concentrée dans le Tell. Il y a donc un véritable intérêt public à ce que des essais de sondage soient exécutés dans le sud de la province d'Alger.

« Les sondages qui nous paraissent offrir le plus de chances de succès sont ceux que nous proposons à proximité des bords du Zahrez Rharbi; puis viennent le sondage de l'Oued Chemmara; celui de Chabouniah, sur la

(*) Dans le tell des environs d'Alger, le terrain pliocène marin se distingue du terrain saharien, par une discordance de stratification bien caractérisée. Le facies des roches de ces deux terrains est essentiellement différent; les faunes sont également différentes. C'est surtout dans le Sahara que le terrain saharien prend un développement immense; de là vient le nom que nous avons cru devoir lui donner. Dans un mémoire que nous rédigeons en ce moment sur le Sahara algérien nous ferons connaître avec détail la constitution de notre *terrain saharien* et nous examinerons s'il doit être considéré comme l'équivalent du terrain quaternaire ou comme un étage supérieur d'eau douce du terrain pliocène. (VILLE.)

« rive gauche de l'Oued Oueurq; le sondage de l'Oued Ousserah, à l'aval du caravansérail de ce nom. »

Dans un deuxième rapport du 5 avril, nous disions encore :

« Nous désirerions vivement commencer par les sondages qui offrent le plus de chances de succès, afin qu'une première réussite encourageât à persévérer dans l'exécution de notre réseau. Nous pensons que les sondages du bassin des Zahrez Rharbi et Chergui sont dans les meilleures conditions. »

« Ces puits pourraient être l'objet de la première campagne. »

« Si l'administration ne partageait pas notre avis et ne trouvait pas une assez grande utilité à ces puits dont la réussite nous paraît être la plus probable, nous proposons de commencer la première campagne par les puits artésiens du bassin du haut Chélif et dans l'ordre suivant :

« 1° Puits de l'Oued Oueurq (rive droite) auprès de la redoute Marey, en amont de Chabouniah ;

« 2° Puits de Sbitéia, situé à 4 kilomètres N.-E. du confluent du Nahr Ouassel et de l'Oued Oueurq. . . . »

L'administration supérieure, en raison de l'intérêt immense que présente l'irrigation des magnifiques plaines alluviennes du haut Chélif, décida que le premier sondage d'essai serait exécuté auprès de Chabouniah, à 48 kilomètres S.-O. de Boghar. D'après l'avis du conseil général des mines, ce sondage a été entrepris avec un appareil du système Kind sous la conduite d'un maître sondeur envoyé par cet habile entrepreneur de forages. En conséquence, un matériel susceptible d'atteindre une profondeur de 300 mètres fut dirigé sur Chabouniah et le sondage fut commencé le 26 septembre 1859, au diamètre initial de 0^m.38, par M. le maître sondeur Engländer, qui a poussé le sondage jusqu'à la profondeur de 212^m.50. Il a été continué, à partir du 29 octobre 1860, par M. le maître sondeur Saury qui, en 1862, a poussé le sondage de 304^m.34 à 380^m.18, pro-

fondeur à laquelle le travail d'avancement a été abandonné le 27 mars 1862. Il a rencontré les couches suivantes :

N ^o d'ordre.	DÉSIGNATION DES COUCHES.	Épaisseur des couches.		Profondeur des couches.	Observations.	
		mèt.	mèt.			
1	Terre végétale.	4,93	4,93		(a)	
2	Sable blanc.	0,14	5,07			
3	Argile grise sableuse.	0,45	5,52			
4	Sable gris blanc donnant de l'eau salée.	0,12	5,64			
5	Argile bleue.	0,76	6,40			
6	Argile bleue avec coquilles d'eau douce, mélanopsides, unios.	1,45	7,85			
7	Sable gris.	0,35	8,20			
8	Argile bleue avec coquilles d'eau douce, paludines, péritines, unios, mélanopsides.	1,50	9,70			
9	Argile bleue avec fragments de grès.	1,55	11,25			
10	Grès quartzeux.	2,90	14,15	(b)		
11	Marne jaune.	0,71	20,86			
12	Grès quartzeux.	0,64	21,50			
13	Marne jaune rougeâtre avec cailloux roulés.	2,20	23,70			
14	Sables rougeâtres.	0,40	24,10			
15	Marne rougeâtre et sableuse.	1,30	25,40			
16	Marne rougeâtre très-grasse.	1,80	27,20			
17	Marne rouge sableuse.	8,40	35,60			
18	Marne rougeâtre argileuse.	1,60	37,20			
19	Marne rougeâtre sableuse avec petits cailloux roulés de calcaire gris.	4,30	41,50			(c)
20	Marne rougeâtre avec gypse.	1,40	42,90			
21	Marne jaunâtre avec cailloux roulés.	0,35	43,25			
22	Marne jaune grisâtre très-grasse.	3,75	47,00			
23	Marne jaune verdâtre.	1,30	48,30			
24	Marne grisâtre avec cailloux roulés.	4,70	53,00			
25	Marne bleu-verdâtre avec cailloux roulés.	20,18	73,18	(d)		
26	Marne bleu-verdâtre ou grisâtre pure.	225,77	298,95			
27	Grès grisâtre.	0,05	299,00			
28	Marne grise très-dure.	10,30	309,30			
29	Marne grise un peu sablonneuse.	8,08	317,38			
30	Marne grise très-sablonneuse.	4,50	321,88			
31	Sables gris jaunâtres un peu argileux.	2,00	323,88			
32	Grès vert très-dur et très-fin à ciment calcaire.	4,50	328,38			
33	Grès vert mélangé d'argile.	19,50	347,88			
34	Marne grise.	12,30	360,18			
35	Grès gris fin.	13,70	373,88			
36	Marne grise très-dure.	6,30	380,18			

(a) Terrain alluvien.

(b) Le terrain saharien commence à la profondeur de 11^m,25 et s'étend probablement jusqu'à la profondeur de 73^m,18; ce terrain ne présente ici que des coquilles terrestres ou d'eau douce, hélix, bulimes, physes.

(c) Nappe ascendante à 37 mètres environ, et dont le niveau s'arrête à 3^m,19 en contre-bas du sol.

(d) Le terrain pliocène marin caractérisé par les fossiles suivants : *Ieda subnicobarica pecten* voisin du *muticus*.

Sommet d'une *pinna cristallaria cassis tornatella*, nummuline, commence probablement vers la profondeur de 73^m,18 et s'étend jusqu'au fond du trou de sonde (la détermination des fossiles marins du terrain pliocène est due à l'obligeance de M. Deshayes).

Du 29 octobre 1860 au 27 mars 1862, il y a eu plusieurs longs chômages motivés, soit par le manque de tubes de retenue sur place, soit par l'intensité des chaleurs de l'été. On a employé en tout 556 journées de 24 heures de travail pour faire 380^m,18 d'avancement, ce qui donne en moyenne 0^m,684 par jour, tubage compris. Les premiers 212^m,77 creusés par M. Engländer ont exigé 247 jours de travail, ce qui donne un avancement moyen de 0^m,69 par 24 heures; les 167^m,41 restants et creusés par M. Saury ont exigé 247 jours de travail, ce qui donne un avancement moyen de 0^m,68 par 24 heures; les derniers 76^m,18 ont été creusés par M. Saury en 78 journées de travail, ce qui donne un avancement moyen de 0^m,97 par 24 heures.

Le trou de sonde de Chabouniali, a été arrêté au diamètre de 0^m,19; il renfermait la série suivante des tubes de retenue en tôle :

1° Une colonne de 0^m,54 de diamètre intérieur qui descendait à la profondeur de 30 mètres;

2° Une colonne de 0^m,27 de diamètre intérieur qui descendait à la profondeur de 91^m,50 et qui était engagée de 61^m,50 dans les terrains ébouleux;

3° Une colonne de 0^m,24 de diamètre intérieur qui descendait à la profondeur de 269^m,20 et qui était engagée de 177^m,70 dans le terrain.

Ces trois colonnes partaient du niveau extérieur du sol;

4° Une colonne perdue de 39 mètres de longueur et 0^m,19 de diamètre intérieur avait été descendue au fond du trou de sonde entre 265 mètres et 304 mètres.

L'introduction de cette colonne a permis de faire sans tuber 76^m,18; mais à cette limite l'avancement est devenu impossible, à cause des éboulements nombreux qui se produisaient à la partie inférieure du trou de sonde. Pour pousser le sondage plus loin d'une manière sûre, il fallait remplacer la colonne perdue de 39 mètres par une colonne continue de même diamètre partant du jour, et qu'on aurait

enfoncée en suivant les progrès de l'avancement du trou de sonde.

Dans un rapport, en date du 30 avril 1862, nous avons évalué à 58.000 francs la dépense à faire pour prolonger le sondage jusqu'à 500 mètres de profondeur. Aussi avant d'engager l'administration à se lancer dans une dépense aussi considérable, fallait-il être à peu près certain du succès : c'est malheureusement une certitude qui nous manque.

Voici, en effet, quel est le résultat de nos longues études sur la constitution géologique du bassin du haut Chélif et de ses affluents en amont de Chabouniah, et les conséquences à déduire du sondage exécuté en ce point jusqu'à la profondeur de 380 mètres.

A nos yeux, Chabouniah est de tous les points de la vallée du haut Chélif celui qui offre le plus de chances de fournir un volume considérable d'eau jaillissante, à la surface du sol. Nous ne pouvons évaluer ce volume au-dessous de celui qui a été trouvé à Mellath dans le bassin du Hodna, province de Constantine, où M. l'ingénieur Jus a fait jaillir une source qui débitait à l'origine 28 litres par seconde. Le bassin du haut Chélif et de ses affluents, en amont de Chabouniah, est de beaucoup plus considérable que celui de tout le Hodna, dont le bassin hydrographique de Mellath n'est qu'une partie. Ainsi que nous avons eu l'occasion de le développer dans divers rapports, les eaux qui tombent à la surface du terrain saharien, en amont de Chabouniah, forment une immense patte d'oie qui remonte jusqu'au Djebel Amour au S.-O., et dans les montagnes de Tiaret au N.-E.; et toutes ces eaux viennent se concentrer dans une portion fort rétrécie de 24 kilomètres de largeur, comprise sous l'aplomb de Chabouniah, entre le terrain tertiaire moyen au nord et le terrain secondaire au sud. Dès lors, si l'on pouvait arriver sur la nappe souterraine formée par les eaux absorbées dans les parties hautes du bassin, on doit prévoir qu'on aura un succès magnifique.

La succession des couches traversées au sondage de Chabouniah et des fossiles ramenés au jour de diverses profondeurs, prouve qu'au-dessous de 11^m,25 de terrain alluvien, on a trouvé 368^m,95 de terrain pliocène composé d'une alternance de couches marneuses ou argileuses imperméables et de couches sableuses perméables. Entre 11^m,25 et 48^m,50, c'est-à-dire sur 37^m,05, il y a une alternance de marnes jaunâtres ou rougeâtres et de sables de mêmes couleurs, qui rappellent par leurs facies les roches du bassin de l'Oued Rhir et de la partie la plus superficielle de la plaine du Hodna. A 37 mètres environ au-dessous du sol, on a rencontré dans ce terrain une nappe ascendante qui débite environ 10 litres par minute et dont le niveau s'est arrêté à 5^m,19 en contre-bas du sol. Cette eau, peu agréable à boire en raison de sa composition chimique, renfermait, le 7 novembre 1859, 7^{gr},526 de sels divers par kilogramme; malgré cela, elle était bien meilleure que les eaux d'infiltration remplissant le puits de service du sondage. Celles-ci sont fortement salées au goût et tout à fait impropres. A la date du 7 novembre 1851, elles renfermaient 28^{gr},731 de matières salines par kilogramme d'eau. En approfondissant le trou de sonde, la qualité de l'eau contenue dans les tubes de garantie s'est améliorée sensiblement. A la date du 13 mars 1860, cette eau ne renfermait plus que 3^{gr},1818 de matières salines par litre, alors que le sondage était parvenu à la profondeur de 157^m,63. Il est très-naturel d'expliquer le changement de qualité de l'eau du trou de sonde de Chabouniah par la rencontre de l'eau de diverses nappes ascendantes superposées; et les variations, légères il est vrai, du niveau de l'eau dans les tubes de retenue, viennent à l'appui de cette manière de voir. Du reste, la coupe du sondage amène aux mêmes conclusions. En effet, sous les marnes très-grasses situées à 58^m,40 viennent des marnes grisâtres ou bleu verdâtre avec cailloux roulés qui ont pu donner passage à des eaux souter-

raines entre 48^m,30 et 73^m,18 de profondeur; puis vient une couche de marne pure grisâtre ou bleu verdâtre de 256^m,12 d'épaisseur interrompue à la profondeur de 295^m,95 par une plaquette de grès de 0^m,05. L'existence de cette plaquette de grès nous avait fait soupçonner un changement prochain dans le terrain, et peut-être la fin de la grande couche de marne pure, sous laquelle nous espérons trouver un volume considérable d'eau jaillissante; c'est ce qui nous a fait proposer, à notre retour de notre mission dans le Sahara, de continuer le sondage jusqu'à 400 mètres au moyen d'une colonne perdue de 100 mètres de long et de 0^m,19 de diamètre. Nos explorations dans le Hodna et le Sahara de la province de Constantine nous avaient montré que le bassin du haut Chélif, en amont de Chabouniah, était comparable au bassin géologique du Hodna; de part et d'autre, il y a des couches épaisses de marnes grisâtres ou bleu verdâtre; seulement, dans les sondages du Hodna, ces couches ont beaucoup moins de puissance qu'à Chabouniah, et elles sont interrompues par des bancs de grès et de sables aquifères. Il était rationnel d'admettre que cette alternance devait également se présenter à Chabouniah, et c'est ce que la continuation du sondage est venue confirmer. En effet, la grande couche de marne pure grisâtre s'est arrêtée à la profondeur de 309^m,30; elle a été remplacée par une série de couches composées de marnes sableuses, de sables argileux et de marnes pures. La dernière couche traversée est formée de marne grise sur 6^m,30 d'épaisseur.

Quand on a sous les yeux la série des échantillons traversés, il est impossible de ne pas reconnaître qu'on a rencontré entre 321^m,88 et 325^m,88 une couche de sables perméables de 2 mètres d'épaisseur, et prouvant par conséquent que le terrain traversé à Chabouniah contient une série de couches imperméables et de couches perméables, bien disposées pour donner de l'eau jaillissante, en raison

de la pente générale de ces couches parallèlement au relief extérieur des plaines sahariennes. Nous avons tout lieu d'espérer qu'une belle nappe d'eau jaillissante surgirait de la profondeur de 324 mètres.

De ce que notre espoir a été déçu, s'ensuit-il que le succès est impossible à Chabouniah? Non certes, car il suffit de rappeler ce qui s'est passé au sondage de Passy: à la profondeur de 576^m,60, on a rencontré une nappe ascendante dont le niveau s'est arrêté à 3^m,50 environ en contrebas du sol et qui a augmenté le débit de tous les puits ordinaires du voisinage. Après de vains efforts pour faire remonter cette eau jusqu'au niveau du sol, on s'est décidé à aller plus bas et l'on a rencontré, à 586^m,50, une magnifique source jaillissante débitant 188^l,65 par seconde au niveau du sol. En raison de la constitution géologique du sol dans le bassin du haut Chélif et de l'analogie de ce bassin avec celui du Hodna, la présence d'une couche perméable à 322 mètres du sol sous Chabouniah permet d'espérer qu'il y a, à une profondeur malheureusement inconnue, une nappe d'eau jaillissante d'un débit considérable et au moins égal, sinon supérieur, à celui de l'Oued Mel-lath. C'est pour nous une conviction bien arrêtée et basée, non sur des hypothèses gratuites, mais sur des études géologiques que nous avons faites pendant trois longs voyages dans le Sahara algérien. Ces études, au point de vue théorique, ont été entièrement confirmées par les résultats obtenus à Chabouniah. On a constaté, en effet, qu'il existe à Chabouniah plusieurs nappes ascendantes superposées, contenues dans des couches perméables situées à diverses profondeurs. Il n'y a donc à Chabouniah qu'un seul obstacle qui puisse arrêter les travaux d'approfondissement: c'est la dépense qui reste encore à faire, dépense que l'administration peut trouver beaucoup trop élevée en raison des résultats pratiques à obtenir.

En résumé, le succès est certain à Chabouniah, si avec nos

moyens d'action nous pouvions arriver jusqu'à l'assise perméable où se sont concentrées les eaux souterraines jaillissantes; mais il nous est impossible de rien dire sur la profondeur à laquelle il faut descendre : c'est là une inconnue dont la recherche peut entraîner dans des dépenses excessives.

En présence de l'incertitude d'un pareil résultat, nous avons eu le regret de ne pouvoir engager l'administration à faire de nouveaux sacrifices pour le sondage de Chabouniah. Aussi, sur notre proposition, ce sondage a été abandonné; les tubes de retenue ont été retirés du trou de sonde à l'exception de 175 mètres de tubes de 0^m,24 de diamètre qu'il a été impossible d'arracher, parce que la colonne de 269^m,20 de long s'est divisée en deux tronçons; le tronçon supérieur seul a pu être enlevé. Le matériel a été transporté pendant le troisième trimestre de 1862 au confluent de l'Oued Malah et du Zahrez Rharbi, où nous avons obtenu l'autorisation d'exécuter un nouveau sondage.

Le sondage de Chabouniah aura été une expérience coûteuse, il est vrai, mais qui du moins aura servi à éclairer l'administration et le public sur les ressources hydrologiques du bassin du Haut Chélif en amont de Chabouniah. Nous pensons que les nappes jaillissantes qui existent très-probablement sous les couches sahariennes de ce vaste bassin, sont à une trop grande profondeur pour qu'il y ait lieu de les rechercher. On doit se contenter de faire des recherches d'eaux potables par des sondages d'une profondeur maximum de 100 mètres qui donneront de l'eau ascendante qui s'arrêtera, suivant les localités, à une profondeur variable de 4 à 15 mètres en contre-bas du sol. Il suffira donc, lorsque la nappe d'eau ascendante aura été trouvée, de creuser un puits ordinaire jusqu'à 1 mètre en contre-bas du niveau atteint par cette nappe dans le trou de sonde. L'eau du sondage se déversera dans le puits d'où on la retirera au moyen d'une pompe, d'une noria ou d'un seau mû par une corde passant sur une poulie.

L'exécution de puits artésiens ascendants pour eau potable, rendrait de très-grands services dans le bassin du Nahr Ouassel et de l'Oued Oueurq, en amont de Chabouniah. On sait, en effet, que les vastes plaines de cette région sont couvertes de pâturages et manquent presque partout d'eau potable, tant pour les hommes que pour les bestiaux. Il serait donc fort utile aux nomades qui font pacager leurs troupeaux dans ces steppes, d'y multiplier avec la sonde les puits susceptibles de donner de l'eau potable. Si l'administration se décidait à entrer dans cette voie, elle ferait connaître au service des mines les régions dans lesquelles il serait à désirer de créer des puits, et un agent du service des mines se rendrait sur les lieux pour choisir les emplacements les plus favorables.

Le sondage de Chabouniah avait coûté au 31 juillet 1862, les sommes suivantes :

	fr.
Achat de matériel permanent	56.511,10
Fournitures diverses d'entretien	17.550,86
Indemnités diverses	2.191,22
Main-d'œuvre militaire	28.649,375
Appointements du maître sondeur	10.188,75
175 mètres de tubes de 0 ^m ,04 qu'on n'a pu retirer du trou de sonde	4.025,00
Prime à M. Kind	2.400,00
Total	101.516,285

Le prix moyen du mètre courant d'avancement, non compris l'achat de matériel permanent est de 170^f,98.

La plus grande partie des transports entre Alger et Chabouniah a été faite gratuitement par les prolonges de l'intendance militaire ou de l'artillerie.

La main-d'œuvre militaire a coûté à Chabouniah 75^f,35 par mètre courant; elle a été fournie en général par les soldats du bataillon d'Afrique. Les manœuvres recevaient 0^f,80, les caporaux 1 franc et les sergents 1^f,20 par poste

de 8 heures. Les caporaux et les sergents ont toujours été employés comme chefs de poste. Le détachement était commandé par un officier chargé de la discipline, de la solde des ouvriers, de la tenue de la comptabilité et des observations météorologiques.

Sondage de Sbitéia.

Le sondage de Sbitéia, situé à 18 kilomètres environ au nord-est du précédent, a été exécuté par M. le maître sondeur Engländer, avec le système Kind, pendant une suspension de travaux du sondage de Chabouniah. Commencé le 27 mars 1860 au diamètre initial de 0^m,58, il a été arrêté le 19 mai 1860 à la profondeur de 78^m,03; il a rencontré les couches suivantes :

No ^r d'ordre.	DÉSIGNATION DES TERRAINS TRAVERSÉS.	Épaisseur	Profondeur	Observations.
		des couches.	des couches.	
		mét.	mét.	
1	Sables tenaces jaunâtres	1,30	1,30	(a)
2	Cailloux roulés	0,55	1,85	
3	Marne jaune pure	7,75	9,60	
4	Marne sableuse	3,20	12,80	
5	Marne pure	2,70	15,50	
6	Sable jaune argileux	6,00	21,50	
7	Marne rougeâtre sableuse	9,90	31,40	
8	Marne rouge pure	2,70	34,10	
9	Marne jaune sableuse	2,70	36,80	
10	Marne grisâtre avec cailloux roulés	3,20	40,00	
11	Marne bleu verdâtre	38,93	78,93	

(a) Le terrain saharien, ou pliocène supérieur d'eau douce, commence au niveau du sol et s'étend probablement jusqu'à la profondeur d'environ 40 mét.
 (b) Le terrain pliocène inférieur marin s'étend de 40 mètres environ jusqu'au fond du trou de sonde.

On a employé 51^h,50 de 24 heures de travail pour faire 78^m,03 d'avancement tubage compris, ce qui donne un avancement moyen de 1^m,51 par jour. La couche de marne bleu verdâtre ou grisâtre avec cailloux roulés formant

l'assise inférieure du terrain saharien commence à Chabouniah à la profondeur de 48^m,50 et se retrouve à Sbitéia à la profondeur de 56^m,80. La différence de niveau 11^m,50 est, comme on le voit, assez minime, si l'on observe que la distance en ligne droite entre ces deux points est d'environ 18 kilomètres, et cela donne lieu de penser que les principales couches sahariennes sont généralement stratifiées parallèlement au relief extérieur du sol, ainsi que nous l'avons indiqué dans nos rapports antérieurs. Le niveau de l'eau dans le trou de sonde de Sbitéia s'est maintenu constamment à 3^m,80 au-dessous du sol, et l'on n'y a pas observé de variations brusques. L'analyse chimique de l'eau recueillie à diverses époques nous a permis de constater que l'on avait trouvé à Sbitéia des nappes d'eau ascendante semblables à celles rencontrées à Chabouniah. En effet, l'eau recueillie le 8 avril 1860 dans le trou de sonde de Sbitéia renfermait 7^g,1246 de sels divers par kilogramme. A cette époque, le sondage était parvenu à la profondeur de 15^m,80 et avait donc rencontré la partie supérieure de la couche de sable jaune argileux n° 6, couche qui est recouverte par 15^m,65 d'argile. Il est très-probable que l'eau du trou de sonde était due à une nappe ascendante venant de la profondeur de 15^m,80; car l'eau des puits à boire situés dans le voisinage, dont la profondeur est d'environ 4 mètres, contenait à la même époque 1^g,144 de matières salines par kilogramme. La composition est donc essentiellement différente de celle de l'eau du trou de sonde. Cette dernière eau avait, le 8 avril 1860, une composition comparable à celle de l'eau du trou de sonde de Chabouniah recueillie le 7 novembre 1859. Le poids total des sels est à peu près le même: ce sont les proportions respectives des divers sels qui diffèrent, ce qui empêche d'identifier complètement les deux nappes. Du reste, le relevé du journal de sondage montre qu'elles viennent de profondeurs essentiellement différentes.

A la date du 10 juin 1860, après l'achèvement du sondage, l'eau du trou de sonde de Stibéa avait complètement changé de composition : elle ne contenait que 0^e,4724 de matières salines par litre ; c'est une eau d'excellente qualité pour la boisson, et l'on ne peut attribuer ce changement qu'à la présence d'une nappe ascendante rencontrée au-dessous de la première.

L'analyse des eaux nous a donc permis de constater que le bassin saharien du haut Chélif renferme plusieurs nappes ascendantes superposées, dont les unes sont de qualité très-médiocre pour la boisson, et dont les autres, qui sont les plus profondes, sont au contraire de très-bonne qualité.

L'abandon du sondage de Chabouniah a entraîné forcément celui du sondage de Sbitéa, qui se trouvait dans les mêmes conditions géologiques. Aussi M. Saury a enlevé en juillet 1862 une colonne de tubes de retenue en tôle de 0^m,34 de diamètre descendant à la profondeur de 57^m,80 dans le sondage de Stibéa. Celui-ci a coûté les sommes suivantes :

	fr.
Achat de matériel permanent	3.822,50
Fournitures diverses	266,25
Main-d'œuvre militaire	2.645,55
Main-d'œuvre du contre-maître	558,53
Indemnités diverses	359,70
Prime à M. Kind	1.200,00
Total	8.852,33

Ce qui donne un prix de revient de 64^f,20 par mètre courant, non compris la valeur du matériel permanent.

Sondage de l'Oued Malah (Ain-Malakoff).

Après l'abandon des sondages de Chabouniah et de Sbitéa, et l'extraction des tubes de retenue de ces deux sondages, tout le matériel a été transporté, pendant le troisième trimestre de 1862, auprès du confluent de l'Oued Malah dans l'extrémité orientale du Zahrez Rharbi. M. le maître sondeur Saury est arrivé sur les lieux le 15 octobre 1862 ; il a procédé immédiatement à l'édification de la chèvre et a creusé un puits de service de 2^m,50 de profondeur au fond duquel le forage a été commencé le 20 octobre au diamètre initial de 0^m,38 ; il a rencontré la série des couches suivantes :

N ^o d'ordre.	DÉSIGNATION DES COUCHES.	Épaisseur des couches.	Profondeur totale.
<i>Terrain saharien ou pliocène supérieur.</i>			
		mèt.	mèt.
1	Terre végétale sablonneuse	0,40	0,40
2	Sable jaunâtre très-fin	2,00	2,40
3	Sable argileux	0,10	2,50
4	Sable blanc très-fin	3,00	5,50
5	Argile bleuâtre	0,20	5,70
6	Sable jaune roux	0,90	6,60
7	Sable blanc sulfuré	2,25	8,85
8	Argile verte	0,20	9,05
9	Sable rougeâtre	0,25	9,30
10	Argile verte	4,70	14,00
11	Argile gypseuse	1,50	15,50
12	Gypse en petites paillettes	0,50	16,00
13	Gravier contenant une première nappe ascendante remontant de la profondeur de 18 mètres et s'arrêtant à 1 ^m ,33 sous le sol	2,50	18,50
14	Argile rougeâtre mélangée de cailloux	10,10	28,60
15	Argile rougeâtre pure	15,10	43,70
16	Sables et graviers assez gros, mélangés d'argile rougeâtre	11,40	55,10
17	Sable blanc très-fin	3,10	58,20
18	Sable blanc mélangé d'argile rougeâtre	18,15	76,35
19	Sable blanc et graviers, contenant la nappe jaillissante	4,85	81,20

Une première nappe ascendante a été trouvée à la profondeur de 18 mètres. Le niveau de l'eau, qui était primitivement à 4^m,10 sous le sol, s'est élevé à 1^m,33 sous le sol. Cette eau, dont la température était de 18°, était beaucoup moins

salée que celle du puits de service. Le 9 novembre 1862, le forage était parvenu à la profondeur de 69^m,30 en 17 journées de 24 heures de travail, ce qui donne pour 66^m,80 de forage un avancement moyen de 3^m,93 en 24 heures.

Les premiers 16 mètres, se composant d'une alternance de sables, d'argile et de gypse, ont été creusés, soit au pic pour le puits de service, soit pour le reste avec une tarière mue par rotation. On a fait avec cet instrument 13^m,50, de 2^m,50 à 18 mètres, en 36 h. de travail. Dès qu'on est tombé sur le gravier (couche n° 13), la tarière n'a pu servir, et on l'a remplacée par l'outil à chute libre de Kind, qui a constamment servi jusqu'à la fin du travail. Grâce à cette combinaison, le sondage a pu marcher avec une grande rapidité. A partir de 69^m,30, le travail s'est ralenti au milieu de la couche de sable blanc n° 18; il était parvenu, le 14 novembre, à la profondeur de 76^m,55, ce qui donnait pour toute la période du travail un avancement moyen de 3^m,25 par 24 heures; mais alors un accident a malheureusement interrompu l'avancement du sondage pendant 8 jours: le guide des tiges s'est trouvé engagé sous une colonne de tubes de retenue de 0^m,27 de diamètre, et l'on n'est parvenu à retirer la sonde que le 23 novembre au matin.

Le 25 novembre au soir, à la profondeur de 78 mètres, on a rencontré une nappe jaillissante d'eau potable, à la température de 21°, dont le débit s'est bientôt élevé à 2^l,66 par seconde. Prévenu de ce succès par le télégraphe, nous avons donné le 25 novembre à M. Saury l'ordre de continuer l'approfondissement du trou de sonde pour rechercher les nappes inférieures qui pouvaient exister encore. Le travail a été poussé au milieu de la couche de graviers aquifères n° 19, jusqu'à la profondeur de 81^m,20. Le débit est toujours allé en augmentant, et le 8 décembre il a atteint 20 litres par seconde. Ce débit considérable a rendu le travail d'avancement presque impossible.

Il y avait dans le trou de sonde trois colonnes de tubes partant du jour:

L'une, de 0^m,35 de diamètre, descendait à la profondeur de 8 mètres;

L'autre, de 0^m,30 de diamètre, descendait à la profondeur de 54 mètres;

La troisième, de 0^m,27, descendait à la profondeur de 78 mètres.

L'enfoncement de cette troisième colonne, au milieu des sables de la couche n° 18, s'est fait avec beaucoup de difficulté, à cause de la pression exercée par les sables contre les parois du tube; c'est ce qui explique la lenteur du travail. A partir du 23 novembre, le débit de la nappe était le plus fort lorsque la colonne de 0^m,27 n'était qu'à 78 mètres de profondeur. En enfonçant la colonne d'un mètre seulement, le débit diminuait; l'affluence de l'eau à l'orifice du trou de sonde avait affouillé les terrains de la surface composés de sables très-fins sans beaucoup de solidité; l'eau sortait en bouillonnant, non-seulement par l'orifice du tube de 0^m,27 de diamètre, mais encore par les espaces annulaires compris entre la colonne de 0^m,35 et le terrain. La solidité de la chèvre se trouvait compromise, de telle sorte qu'il devenait très-difficile de pousser le sondage plus loin. La nappe jaillissante, trouvée à 78 mètres de profondeur était assez importante pour qu'on se contentât du résultat obtenu. Aussi nous avons donné par le télégraphe à M. Saury l'ordre de cesser le travail d'approfondissement et de procéder définitivement à l'aménagement de la source. La colonne de 0^m,30 a été enlevée et l'on n'a laissé dans le trou que les colonnes de 0^m,27 et 0^m,35 de diamètre. La colonne de 0^m,35 était nécessaire pour maintenir les terrains éboulés de la surface. En outre, un tube de 0^m,23 de diamètre, de 4 mètres de long et percé de trous dans toute sa hauteur a été descendu au fond du trou de sonde

pour maintenir les terrains au-dessous de la colonne de 0^m,27 de diamètre.

Nous nous sommes rendu nous-même immédiatement sur les lieux et nous avons pu constater à notre arrivée, le 16 décembre au soir, que la source artésienne avait un débit considérable à la température de 21°. Elle n'était nullement désagréable au goût, tandis que les eaux d'infiltration que l'on trouve à 2^m,10 sous le sol sont salées et tout à fait imposables. Les ouvriers militaires ne buvaient pas d'autre eau, depuis que la nappe jaillissante coulait hors du tube; ils la trouvaient de bonne qualité et leurs fonctions digestives n'en étaient nullement troublées. La soupe et le café préparés avec l'eau du puits artésien de l'Oued Malah n'avait aucun mauvais goût: on sait que c'est une des meilleures expériences que l'on puisse faire dans le Sahara sur la qualité des eaux potables. Cette eau, puisée le 20 décembre 1862, renfermait 4^s,14 de sels divers par kilogramme; elle est comparable aux meilleures eaux de l'Oued Rhir, et cela ne doit pas paraître étonnant, puisque les terrains du Zahrez et de l'Oued Rhir sont de la même époque géologique et présentent la même constitution minéralogique.

Voici du reste l'analyse de l'eau de la source jaillissante:

	Pour 1.000 gr. d'eau.	
	gr.	gr.
Silice	0,5050	0,0350
Oxyde de fer.	0,0100	0,0100
Carbonates. { Carbonate de chaux	0,1200	} 0,1425
{ Carbonate de magnésie.	0,0225	
Sulfates. { Sulfate de chaux.	1,5912	} 2,0351
{ Sulfate de magnésie.	0,4439	
Chlorures. { Chlorure de magnésium	0,1700	} 1,9259
{ Chlorure de potassium.	0,0265	
{ Chlorure de sodium	1,7274	
Matières organiques	indét.	indéter.
	4,1465	4,1465

Auteur: DE MARIGNY.

Ou bien en séparant les bases des acides:

Chaux	0,7224
Magnésie	0,2355
Peroxyde de fer.	0,0100
Soude	0,9156
Potasse.	0,0167
Total des bases.	<u>1,9002</u>

Acide chlorhydrique	1,2205
Acide sulfurique.	1,2289
Acide carbonique.	0,0644
Silice	0,0350
Total des acides.	<u>2,5488</u>

Sels hydratés. 4,4492

A déduire:

Eau correspondant à l'acide chlorhydrique. 0,5025

Reste, sels secs. 4,1497

Le 16 décembre 1862, nous avons fait le jaugeage de la source, en recevant les eaux dans un baquet de 258 litres de capacité, placé à 3 mètres de distance de l'orifice, au fond d'un fossé de 1^m,50 de profondeur et 250 mètres de longueur qui aboutit à l'Oued Malah. On avait été forcé de creuser ce fossé, afin de n'être pas gêné par les eaux de la nappe artésienne et d'assécher un peu les terrains de la surface. L'eau jaillissante s'épanchant hors du tube à 0^m,80 au-dessus du sol, le récipient a été rempli en 21 secondes, ce qui donne un débit de 12^l,28 par seconde.

Le 15 décembre, on a coupé le tube à 0^m,30 au-dessus du sol, afin de ne pas produire inutilement une charge d'eau qui devait diminuer le débit de la nappe. Le débit s'est élevé ainsi à 15^l,58 par seconde. On voit donc que l'enlèvement de la colonne de tubes de 0^m,50 de diamètre a diminué le débit primitif de la nappe et la perte a été de 8^l,72 par seconde, alors que les eaux s'épanchaient à 0^m,80 au-

dessus du sol. Nous avons cherché à mesurer le niveau hydrostatique de la nappe en allongeant au-dessus du sol le tube ascensionnel de 0^m,27 de diamètre; l'eau s'est tenue en équilibre dans ce tube à 1^m,80 au-dessus du sol; mais en même temps, il s'est formé, à 1 mètre de distance horizontale du trou de sonde, un bouillon qui a débité 7^l,16 par seconde et qui correspond à peu de chose près à la perte totale sur le débit primitif observé par M. Saury. Les échantillons retirés du sondage montrent que presque tous les terrains traversés sont meubles et susceptibles d'être délayés par l'eau. La perte sur le débit primitif de 20 litres à la seconde, provient d'un passage que l'eau jaillissante s'est créé entre le bas du tube de 0^m,27 de diamètre et les terrains encaissants. Il est possible que ces pertes diminuent avec le temps, lorsque les terrains se seront tassés; c'est ce que l'expérience nous montrera. En tous cas, le débit actuel de 13^l,58 par seconde est assez élevé pour que l'on puisse regarder le sondage de l'Oued Malah comme devant être de la plus grande utilité pour l'irrigation des terres cultivables des Zahrez.

Inauguration de la source jaillissante de l'Oued Malah. —

Le 17 décembre 1862, l'inauguration de la source jaillissante de l'Oued Malah a été faite par M. Suzzoni, commandant supérieur de Laghouat, au milieu d'un cercle immense de tentes des Ouled Nail et en présence de plusieurs officiers et de touristes accourus de Djelfa et Laghouat. Nous avons prononcé à cette occasion une allocution dans laquelle nous avons retracé l'historique des travaux de sondage exécutés sous la direction du service des mines et avec la main-d'œuvre militaire dans le territoire militaire de la province d'Alger.

Nous avons proposé dans cette allocution de donner à la source jaillissante de l'Oued Malah le nom d'*Aïn Malakoff*, comme un témoignage de gratitude pour les éminents services rendus à l'Algérie par Son Excellence le maréchal duc

de Malakoff, gouverneur général de l'Algérie. Son Excellence a bien voulu accepter cet hommage, et nous sommes heureux de pouvoir à l'avenir désigner sous le nom d'*Aïn Malakoff* la source jaillissante de l'Oued Malah.

Le sondage d'Aïn Malakoff a coûté les sommes suivantes :

	fr
Prime de M. Kind.	812,00
Fourniture diverses, approximativement.	800,00
Main-d'œuvre militaire.	1.568,00
Maître sondeur, indemnités diverses.	1.551,54
Total	4.712,14

Valeur des tubes laissés dans le trou de sonde :

6 mètres de tubes de 0,35 de diamètre.	207,00
78 mètres de tubes de 0,27 de diamètre.	2.063,00
4 mètres de tubes de 0,24 de diamètre.	97,00
	<hr/>
	2.567,00

Prix de revient total 7.079,14

Nous ne tenons pas compte du prix de transport entre Chabouniah et l'Aïn Malakoff, prix qui s'applique au matériel nécessaire à un sondage de 400 mètres de profondeur.

Le prix de revient du mètre courant d'avancement, non compris la valeur des tubes en tôle laissés dans le trou de sonde, est de 58^f,05.

Si l'on y comprend la valeur de ces tubes, il est de 87^f,18.

Sondage d'el Mesran.

Avant de partir d'Alger pour l'Oued Malah, nous avons obtenu de M. le général Jusuf l'autorisation de commencer un nouveau sondage auprès du poste-café d'el Mesran, situé sur la route carrossable d'Alger à Laghouat, à 21 kilomètres sud du caravansérail de Guelt-es-Settel, entre les deux Zahrez. Ce poste-café est à 8 kilomètres S.-E. du sondage d'Aïn Malakoff; en face, se trouve une auberge tenue

par le sieur Juan Mas, qui sert d'étape aux voitures et aux voyageurs qui se rendent à Laghouat. Le poste est situé au pied septentrional de la zone des dunes, qui s'étendent d'un bout à l'autre du bassin des deux Zahrez, entre le bord sud de ces lacs et la chaîne crétacée du Djebel Sahari; l'eau abonde à 5 ou 6 mètres de profondeur en beaucoup de points de ces dunes; mais dans un grand rayon autour d'el Mesran, cette eau est fortement saumâtre; elle donne à la soupe et au café un goût détestable, et l'on ne peut pas la boire, surtout en été. Il était donc d'une utilité incontestable d'essayer un sondage à el Mesran, s'il avait des chances de réussir. Nos études dans le bassin des Zahrez nous ont démontré cette possibilité. En effet, les couches sahariennes plongent avec régularité du sud au nord, entre le rocher de sel et l'axe longitudinal du bassin des Zahrez; el Mesran se trouve, comme l'Aïn Malakoff, sur la rive droite de l'Oued Malah; la pente entre ces deux points est très-faible: aussi le succès nous paraît-il tout à fait probable; c'est ce qui nous a déterminé à faire transporter immédiatement à el Mesran le matériel nécessaire à l'exécution d'un puits artésien de 100 mètres de profondeur, au diamètre de 0^m,35.

Le 20 décembre, on a dressé la chèvre, et le 21 on a creusé un puits de service de 1^m,50 de profondeur au fond duquel le sondage a été commencé. Le 31 décembre 1862, le sondage était parvenu à la profondeur de 10 mètres et l'on avait traversé les couches suivantes :

N ^o d'ordre des couches.	DÉSIGNATION DES COUCHES.	Épaisseur des couches.	Profondeur totale du forage.
<i>Terrain saharien.</i>			
1	Sables quartzeux et terre végétale, argilo-sableux par petites couches superposées.	mét. 6,00	mét. 6,00
2	Graviers et sables.	3,00	9,00
3	Argile jaune	0,20	9,20
4	Sable blanc	0,80	10,00

Le sondage a marché très-lentement parce que les sables des couches n^{os} 2 et 4 remontaient toujours dans la colonne de retenue au fur et à mesure qu'on les enlevait. On les a dépassés dans les premiers jours de 1863, et le sondage a pu marcher alors avec plus de rapidité. Le 22 janvier 1863, il était parvenu à la profondeur de 45^m,70.

Réseau de sondages à exécuter dans le bassin des Zahrez.

Des nappes jaillissantes existent très-probablement sous toute l'étendue de la cuvette des deux Zahrez; c'est indiqué d'une manière à peu près certaine, pour le Zahrez Rharbi ou de l'ouest, par des sources d'eau douce, potable, qui émergent à proximité des bords du lac dans un terrain tout à fait plat au milieu des couches sahariennes, et que nous avons toujours considérées comme des sources jaillissantes naturelles.

Sources d'Hamia Chergui. — L'une de ces sources se trouve à 1.800 mètres environ au nord du sondage d'Aïn Malakoff, sur le bord même du lac; elle porte le nom d'Aïn Hamia Chergui. Nous l'avons visitée pour la première fois le 13 juillet 1862, lorsque nous sommes allé fixer l'emplacement du premier sondage de l'Oued Malah; elle sortait du milieu d'un bouquet de joncs de 10 mètres de diamètre, et produisait divers écoulements débitant ensemble 1 litre environ par seconde à vue d'œil. La surface de la mare était couverte par une tourbe assez solide pour porter le poids d'un enfant, mais mobile sur la vase qu'elle recouvrait. Au centre de la mare, on voyait bouillonner l'eau en entraînant des sables. La température du cours d'eau était de 21°, à 11 h. 1/2 du matin, la température de l'air étant de 32° au soleil. L'aspect des lieux nous avait fait supposer alors que c'était une source jaillissante naturelle, et nous avait donné la conviction qu'au sondage de l'Oued Malah on trouverait de l'eau jaillissante à une profondeur

qui ne dépasserait pas 100 mètres, et qu'on atteindrait avant la fin de l'année 1862. Nous avons été fort heureux de voir nos prévisions se réaliser. La température de l'Aïn Hamia Chergui est à peu près constante pendant toute l'année, ce qui indique d'une manière incontestable que c'est une véritable source jaillissante.

Le 16 décembre 1862, nous avons pu mesurer cette température dans le bouillon central et nous avons trouvé 20°,50, la température de l'air extérieur étant de 12°,53 à l'ombre par un temps couvert à 5 h. 1/2 du soir. M. Saury a fait nettoyer le bassin d'émergence en facilitant l'écoulement de l'eau au moyen de quelques saignées. Il a essayé d'introduire un tube ascensionnel en tôle de 5 mètres de long au milieu du bouillon principal. Ce tube enfonçait facilement en refoulant les sables; mais bientôt ces derniers étaient entraînés par l'eau jaillissante au milieu du tube qui s'obstruait, et l'eau se faisait jour en dehors des parois du tube. Tous ces faits prouvent incontestablement que l'Aïn Hamia Chergui est une source jaillissante naturelle. Le débit de cette source, mesuré par M. le lieutenant Pomey, commandant du détachement de sondeurs militaires, a été trouvé de 40 litres par minute, soit 0^l,66 par seconde. La source jaillissante de l'Aïn Malakoff, qui est alimentée sans aucun doute par la même nappe souterraine, a eu d'abord un débit de 20 litres par seconde, c'est-à-dire trente-trois fois plus considérable. Ce rapport est très-remarquable, et nous aurons l'occasion d'en tirer une conséquence importante dans le cours de cette notice.

Petite source située à 1.500 mètres N. d'Aïn Malakoff. — Une autre petite source d'eau douce se trouve à 1 500 mètres N. de l'Aïn Malakoff sur le bord du Zahrez Rharbi; elle sort d'un petit bassin de 1 mètre de diamètre; sa température est de 18°,50; son écoulement très-minime est de 2^l,50 par minute. Sa proximité de l'Aïn Malakoff avait engagé M. Pomey à la faire aménager pour les besoins du

détachement de sondeurs militaires. Son goût est un peu douceâtre. On nous a assuré que l'usage de cette eau donnait la diarrhée aux hommes, et que cette maladie a disparu dès qu'on a pu se servir de l'eau d'Aïn Malakoff. Il est probable que cette petite source est alimentée par la première nappe ascendante qu'on a trouvée dans le sondage de l'Oued Malah, à la profondeur de 18 mètres, et qui donnait de l'eau légèrement saumâtre à la température de 18°.

Une troisième source, signalée par M. l'agent explorateur Nicaise, se rencontre dans un îlot s'élevant de 1 mètre environ au-dessus de la cuvette même du lac, à 4 kilomètres ouest de l'Aïn Malakoff. Elle sort d'une mare fangeuse de forme irrégulière recouverte de joncs; elle a cela de particulier qu'elle se perd dans un trou de 0^m,10 de diamètre situé sur les bords de l'îlot du côté nord; la température de cette source est de 19°.

Une quatrième source, signalée par M. Nicaise, se trouve dans un îlot situé à côté du précédent et de même hauteur; elle sort du milieu d'une mare fangeuse recouverte de joncs très-vivaces et se répand à la surface des sables vaseux du lac qui l'absorbent en partie.

Dans notre rapport du 8 septembre 1858 sur les chances de réussite que présente l'exécution des puits artésiens dans le sud de la province d'Alger, nous avons signalé l'existence d'autres sources jaillissantes du côté ouest du Zahrez. Nous en reproduisons les passages suivants :

Aïn Hamia Rharbi. — « Nous citerons d'abord l'Aïn « Hamia Rharbi qui se trouve sur le bord même du lac, à « 8 kilomètres N. de la pointe du Gourin Mtaa Zahrez, petit « îlot crétacé qui domine la plaine saharienne des Zahrez. « La source émerge du sein d'une roche formée d'argile « bleue, de calcaire friable blanc et de gypse farineux en « petits filets blancs; elle jaillit au milieu d'un terrain plat « et forme autour de son bouillon, qui est limpide, un ma-

« rais boueux et infect de 30 mètres de diamètre, traversé
 « en tous sens par les nombreux troupeaux de chameaux et
 « de moutons qui vont s'y abreuver. Les hommes sont
 « obligés d'aller jusqu'au bouillon même pour se procurer
 « l'eau nécessaire à leurs usages. Cette eau a un goût légè-
 « rement douceâtre; cependant elle est bonne à boire et
 « laissait dans la bouche, le 22 mai 1858, à 6 heures du
 « matin, une légère sensation de fraîcheur. Nous n'avons
 « pu aller jusqu'au bouillon central pour prendre la tem-
 « pérature de la source. Dans un grand rayon autour de
 « l'Hamia Rharbi, le sol est couvert de joncs. Il forme un
 « petit cordon sableux de 1 mètre de hauteur qui entoure
 « le terrain plat argilo-sableux d'où émerge l'eau. Celle-ci
 « n'a pas d'écoulement sensible au dehors du marais, bien
 « qu'on ait creusé des canaux de dégagement de 1 mètre de
 « large et 0^m,50 de profondeur. Le passage continu des
 « animaux rend ces canaux tout à fait inutiles.

« A une cinquantaine de mètres de la source principale,
 « on remarque une enceinte circulaire de 10 mètres de
 « diamètre et 1 mètre de profondeur dont le fond est hu-
 « mide et encombré de joncs.

« Les deux sources surgissent au niveau même du lac
 « dont le sol est à sec dans le voisinage des sources et n'est
 « pas couvert de sel.

« Sources jaillissantes de Mocta Djedean dans le Zahrez
 « Rharbi. — Deux sources d'eau douce, remarquables,
 « jaillissent en été, à travers la couche de sel qui tapisse
 « le fond du lac, à 100 mètres environ de la rive nord de
 « ce dernier, et à 100 mètres de distance l'une de l'autre;
 « elles sont à 12 kilomètres de l'extrémité occidentale du
 « lac. Chacune d'elles sort du milieu d'un bouquet de ro-
 « seaux de 25 mètres environ de diamètre et se répand
 « ensuite au-dessus de la couche de sel, en formant une
 « nappe d'eau saumâtre de 0^m,10 à 0^m,20 de hauteur. Le
 « bouillon des sources s'élève à 0^m,50 au-dessus de la cou-

« che de sel et s'échappe à travers un sol argileux noirâtre
 « sur lequel croissent les roseaux. Les sources sont pota-
 « bles et laissaient dans la bouche, le 22 mai 1858, une
 « sensation de fraîcheur. Les deux flots de verdure qu'elles
 « produisent servent de jalons pour les voyageurs qui pas-
 « sent d'un bord à l'autre du lac, en se dirigeant entre les
 « deux sources; celles-ci sont de véritables sources d'eau
 « douce jaillissante, et démontrent d'une manière incon-
 « testable la possibilité d'obtenir des sources de même na-
 « ture au moyen de puits artésiens qu'on creuserait dans
 « les terrains sahariens du Zahrez. »

Voici quelle est la composition des eaux de ces sources
 recueillies, le 22 mai 1858 :

	EAU d'Aïn Hamia Rharbi.	EAU d'Aïn Mocta Djedean.
	Pour 1.000 gr. d'eau.	Pour 1.000 gr. d'eau.
Potasse.....	»	traces.
Soude.....	0,3651	0,67450
Chaux.....	0,2263	0,2478
Magnésie.....	0,1327	0,1523
Peroxyde de fer.....	traces.	0,0040
Bases totales.....	0,7241	1,0786
Acide nitrique.....	»	traces.
Acide sulfurique.....	0,1485	0,2928
Acide chlorhydrique.....	0,6607	0,94710
Acide carbonique des sels neutres.....	0,1046	0,10320
Silice libre.....	0,0040	0,01400
Total des acides.....	0,9178	1,3571
Poids total des sels hydratés.....	1,6419	2,4357
A déduire : eau correspondant à l'acide chlor- hydrique.....	0,1631	0,2337
Reste poids des sels secs.....	1,4788	2,2020

En combinant les bases aux acides, on peut admettre les
 combinaisons suivantes :

	EAU d'Aïn Hamla Rharbi.	EAU d'Aïn Mocta Djedean.
	Pour 1.000 gr. d'eau.	Pour 1.000 gr. d'eau.
Chlorure de potassium.	»	traces.
Chlorure de sodium.	0,7120	1,2725
Chlorure de magnésium.	0,2647	0,2019
Chlorure de calcium.	0,0291	»
Chlorures.	1,0058	1,4744
Sulfate de chaux.	0,2525	0,3196
Sulfate de magnésie.	»	0,1588
Sulfates.	0,2525	0,4784
Carbonate de chaux.	0,1916	0,2070
Carbonate de magnésie.	0,0395	0,0240
Carbonates.	0,2311	0,2310
Silice.	0,0040	0,0140
Peroxyde de fer.	»	0,0040
Matières organiques.	Indéterminées	Indéterminées
Total des sels.	1,4934	2,2018
Auteurs.	De Marigny.	Simon.

Les eaux de ces sources sont bien moins chargées de sels que celles de l'Aïn Malakoff. Cela vient sans doute de l'influence que le rocher de sel du Djebel Sahari exerce sur les nappes qui en baignent le pied, et notamment sur celle qui produit la source d'Aïn Malakoff.

Aïn Sebakh. — Le 6 novembre 1855, nous avons observé sur le bord nord-est du Zahrez Rharbi, à 8 kilomètres environ N.-O. d'Hamia Chergui, une source d'eau douce portant le nom d'Aïn Sebakh. Dans notre itinéraire géologique de Médéah à Laghonat, en date du 6 avril 1858, nous disions : « La source d'Aïn Sebakh qui est due aux mêmes causes que celles de Mocta Djedean, s'échappe d'un dépôt assez considérable de gypse farineux de la période saharienne et qui rend le sol poli comme une glace. Les sources d'eau douce paraissent abondantes sur les bords du

« Zahrez; toutes peuvent être considérées comme des eaux « jaillissantes. »

Ce principe que nous énoncions alors comme une hypothèse probable, a acquis aujourd'hui un bien plus grand degré de probabilité par le succès du forage d'Aïn Malakoff, et l'on est fondé à admettre qu'il existe des nappes jaillissantes sous toute l'étendue de la cuvette du Zahrez, tant sur le bord sud que sur le bord nord du lac. C'est mis presque hors de doute par la présence des sources jaillissantes naturelles d'eau douce qui se trouvent autour du lac. En dehors de celles qui surgissent à la surface du sol, on remarque souvent auprès des bords du lac, des lignes de joncs indiquant la présence de l'eau douce à une faible profondeur. Il nous paraît probable que ces joncs sont alimentés par une nappe jaillissante qui, rencontrant près de la surface une couche de consistance médiocre, s'épanche au milieu de cette couche et entretient ainsi la végétation des joncs.

Le bassin du Zahrez Rharbi présente des terres cultivables de très-bonne qualité le long des vallées principales qui débouchent dans le lac. Nous citerons sur le côté sud du Zahrez l'Oued Malah, l'Oued Kourirech et l'Oued Hadjia. Ce sont des rivières assez importantes qui vont prendre leurs sources sur les hautes montagnes crétacées du Djebel Senelba. L'Oued Malah et l'Oued Hadjia roulent de l'eau en tout temps à leur débouché dans la plaine des Zahrez. L'Oued Kourirech roule moins d'eau que les précédents; à son débouché dans la plaine, son lit est à peine tracé, et nous l'avons vu entièrement cultivé par les Arabes au mois de mai 1858. Sur le côté nord du lac, le terrain saharien occupe beaucoup moins de développement que sur le côté sud. Les cours d'eau y ont en général très-peu de développement. Nous citerons toutefois l'Oued Kaïder qui va prendre sa source auprès de Guelt-es-Settel, se dirige du N. au S. et tourne ensuite à l'ouest pour se jeter à l'extrémité

orientale du Zahrez Rharbi. La source d'Hamia Chergui est située sur la rive droite de l'Oued Kaïder auprès de son confluent dans le lac. Nos études géologiques dans le bassin des Zahrez nous ont démontré que les couches sahariennes sont disposées souterrainement parallèlement au relief extérieur du sol. Aussi les cours d'eau superficiels indiquent d'une manière générale la pente des nappes souterraines. Il suit de là que les puits artésiens doivent être placés autant que possible le long de ces cours d'eau pour se trouver dans les meilleures conditions de succès. En nous basant sur ce principe dans notre rapport précité du 8 septembre 1858, nous avons proposé dans le bassin du Zahrez Rharbi les puits artésiens suivants :

1° Puits artésien, situé auprès du confluent de l'Oued Malah dans le Zahrez Rharbi. C'est celui qui nous a donné la belle source jaillissante d'Aïn Malakoff;

2° Puits artésien, situé dans la vallée de l'Oued Kourirekh, à proximité du Zahrez Rharbi ;

3° Puits artésien, situé auprès du confluent de l'Oued Hadjia dans le Zahrez Rharbi, à proximité de l'Hamia Rharbi;

4° Puits artésien situé à l'extrémité N.-O. du Zahrez Rharbi, à proximité des sources jaillissantes naturelles de Mocta Djedean.

Pour compléter le réseau des premiers puits à forer autour du Zahrez Rharbi.

Nous ajouterons :

5° Un puits artésien, situé à proximité de la source jaillissante naturelle, dite Aïn Sebakh, vers l'extrémité N.-O. du Zahrez Rharbi;

6° Un puits artésien sur la route carrossable d'Alger à Laghouat auprès de la rive gauche de l'Oued Kaïder, à 8 kilomètres nord du poste-café d'El Mesran. Ce sondage est très-important, parce qu'il se trouve sur la route au milieu

d'excellentes terres argilo-sableuses et plus rapproché du caravansérail de Guelt-es-Settel que le poste-café d'El Mesran. Comme Guelt-es-Settel manque d'eau en été, il serait urgent d'avoir une source abondante aussi près que possible de ce caravansérail. C'est pour ce motif que nous avons demandé à exécuter le sondage n° 6 après celui d'El Mesran, qui constitue le sondage n° 7 du réseau proposé autour du Zahrez Rharbi.

Pour que les sondages n° 2, 3, 4, 5, soient dans les meilleures conditions de succès, il convient qu'ils soient placés le plus près possible du lac. On choisira seulement un point qui permette d'arroser une centaine d'hectares de terrain de bonne qualité. Ainsi dans notre rapport précité du 8 septembre 1858, nous proposons de placer le puits n° 4 à 5 kilomètres N.-N.-E. des sources de Mocta Djedean. Nous pensons aujourd'hui que cette distance serait peut-être trop considérable pour le premier puits à forer dans cette région. Mieux vaut se placer à 1,000 mètres et même plus près, si on trouve à cette distance des terrains susceptibles de culture.

Le réseau de sondages que nous proposons autour du Zahrez Rharbi, servira plus tard de cadre pour l'exécution d'un plus grand nombre de sondages. Ainsi les distances qui séparent chaque puits du puits le plus voisin pourront être jalonnées ensuite par des sondages intermédiaires qu'on aura soin de placer au milieu de bonnes terres cultivables. La plaine saharienne comprise entre le bord sud du lac et le pied de la chaîne crétacée du Djebel Sahari ayant 10 kilomètres environ de large, il y aura lieu plus tard de faire une deuxième ligne de puits artésiens au sud du Zahrez Rharbi. Le sondage actuel du poste-café d'El Mesran nous éclairera sur le débit que cette deuxième ligne de puits artésiens sera susceptible de donner.

Sondages dans le bassin du Zahrez-Chergui.

Exploration géologique autour du Zahrez Chergui. — Les 19, 20 et 21 décembre, nous avons fait une exploration avec M. le commandant Suzzoni dans le bassin du Zahrez-Chergui, afin de rechercher les points où les puits artésiens auraient des chances de succès. Nous avons fait avec un baromètre holostérique un nivellement qui nous a démontré que les deux Zahrez se trouvaient à peu près à la même cote de niveau, et que le seuil qui les sépare n'avait qu'une hauteur de quelques mètres. Le changement subit de temps qui s'est manifesté du 19 au 21 décembre, a fait éprouver à la colonne barométrique des variations telles que nous n'essayerons pas de traduire en chiffres les faibles différences de niveau qui peuvent exister entre les deux lacs et le seuil qui les sépare.

Le terrain saharien qui, entre Guelt-es-Settel et le rocher de sel, présente une largeur d'environ 25 kilomètres, se rétrécit beaucoup à l'est d'El Mesran et n'offre plus du N. au S. qu'une largeur de 8 kilomètres sur le méridien de Raïan Chergui. C'est ici une sorte de détroit compris entre deux chaînes de terrain crétacé et qui fait communiquer le bassin du Zahrez Rharbi avec celui du Zahrez Chergui. Une large croupe crétacée se détache du Seba Rous vers le sud-est et vient s'arrêter sur les bords de l'Oued el Fesekh, auprès de Raïan Chergui, pour former la limite nord de ce détroit.

Hot crétacé de Kresin el Hatob. — A 6 kilomètres environ à l'ouest de Raïan Chergui, on remarque un petit mamelon appelé *Kresin el Hatob*, qui s'élève de 50 mètres environ au-dessus de la plaine saharienne qui l'entoure de tous côtés. Il est formé de calcaire gris cendré, compacte, en couches légèrement inclinées au nord. Au sommet, on voit encore les ruines de l'enceinte d'un ancien fort

romain. Le terrain saharien qui est au pied se compose de sables siliceux jaunes et de gypse farineux blanc. Il a une largeur de 2 kilomètres environ entre le mamelon de Kresin el Hatob et la croupe crétacée qui descend du Sebaa Rous. Le sol est ici de bonne qualité pour les cultures ; mais, comme on se trouve sur la limite extrême du bassin saharien, il serait imprudent d'essayer dès aujourd'hui un sondage dans cette localité, au pied du Kresin el Hatob, pour rechercher de l'eau jaillissante ; c'est un sondage à faire, après plusieurs succès, démontrant qu'il y a une nappe artésienne au pied du Kresin el Hatob.

En descendant de ce mamelon, nous avons longé le pied du massif crétacé venant du Sebaa Rous jusqu'auprès de Raïan Chergui. De ce côté, les dunes de sables d'El Mesran se rapprochent de la chaîne crétacée qui limite le bassin des Zahrez au nord, et s'avancent jusque sur les flancs de cette chaîne auprès de Raïan Chergui.

Puits de Raïan Chergui. — Les puits de Raïan Chergui se trouvent dans la plaine saharienne, entre les dunes de sables et le massif crétacé du Sabaa Rous, à 3.000 mètres du pied de ce massif. Ils sont indiqués au voyageur par des traînées de joncs ; l'eau s'y trouve à 0^m,30 sous le sol ; elle est de bon goût ; sa température variait de 5°,50 à 9°,50 le 20 décembre 1862 à 1 h. 1/2 du soir, la température de l'air au soleil étant de 11°.

Nous sommes monté sur la croupe crétacée qui limite au nord la plaine des Zahrez, en face de Raïan Chergui. Le terrain saharien, formé de carapace calcaire et de sables, se relève à mi-coteau. Puis le calcaire crétacé compacte gris cendré, parfois un peu rose, à cassure esquilleuse, montre les tranches de ses couches qui plongent légèrement au nord. De là on reconnaît que la zone des dunes s'écarte vers le S.-E., en se rapprochant de l'extrémité occidentale du Zahrez Chergui, de manière à former une plaine

assez vaste entre la pointe occidentale du Zahrez et les montagnes qui limitent son bassin au nord.

Oued el Fesekh. — A partir de Raïan Chergui, le cours de l'Oued Fesekh commence bientôt à se dessiner dans la plaine, en se tenant à 1.500 mètres ou 2.000 mètres des dunes. Il s'encaisse de 1^m,50 à 2 mètres; il roulait, le 21 décembre 1862, un volume d'eau d'environ 10 litres à la seconde. Le terrain compris entre l'Oued et les dunes se couvre de joncs, dont l'abondance augmente de plus en plus; l'eau forme des mares fréquentes au milieu de ceux-ci.

Dessèchement à faire des terrains qui longent la rive droite de l'Oued Fesekh. — *Barrage à faire sur l'Oued Fesekh.* — Il serait facile de dessécher le terrain par des tranchées perpendiculaires au lit de la rivière; on augmenterait ainsi le débit de cette dernière, et on tirerait ensuite parti de ces eaux au moyen d'un barrage qui servirait pour l'irrigation des terrains inférieurs. Les terrains couverts de joncs s'élèvent à des hauteurs variables de 2 à 4 mètres au-dessus du point le plus rapproché du thalweg. A proximité du confluent de l'Oued Fesekh, dans le Zahrez Chergui, il y a sur la rive droite de cette rivière une plaine de 4 kilomètres de long, à fond très-plat, couverte d'une plante grasse ligneuse, d'un vert sombre, qui affectionne les terrains salés et qui est une soude, *la salsola articulata*. Les joncs se continuent sans interruption au pied des dunes, sur une largeur de 100 à 150 mètres; et à la tête du Zahrez, il sort de ces joncs un petit cours d'eau débitant 1 litre environ à la seconde. L'eau en est très-bonne au goût. Sa température était de 11° le 21 décembre 1862, à 3 heures du soir, la température de l'air au soleil étant de 16°.

Un sondage aurait des chances de succès près du confluent de l'Oued Fesekh et du Zahrez Chergui, sur la rive droite de l'Oued. — Un sondage nous paraît avoir de

chances de succès à la tête de ces terrains, dans le delta compris entre les dunes et la rive droite de l'Oued el Fesekh. C'est la région la plus favorablement située, parce qu'elle correspond à l'un des points les plus bas du bassin du Zahrez Chergui et qui se trouve sur les bords d'un des principaux affluents de ce Zahrez. On devrait choisir une localité où il n'y aurait pas de *salsola articulata*. Les Arabes ont reconnu par expérience que les terrains où cette plante grasse croît spontanément sont trop salés pour être propres à la culture. Le mot arabe Fesekh signifie *improductif*. Nous avons suivi le pied des dunes, sur 4 kilomètres environ, le long du bord méridional du lac; de ce côté, les dunes arrivent jusqu'au lac même. De loin en loin, il y a des espèces d'anses couvertes de *salsola articulata*. Un guide du pays nous a assuré que ces dunes forment la limite méridionale du lac d'un bout à l'autre, et que les joncs existent presque partout à leur pied.

Nous avons traversé le Sebkha sur 6 kilomètres de largeur en face de l'Aïn el Hamman, source d'eau douce qui émerge du terrain crétaé au pied du versant sud du Djebel Hamman. Le fond du lac est argilo-sableux et assez solide pour supporter le poids des animaux; mais il paraît qu'il n'est pas aussi résistant plus à l'est. On nous a assuré que dans ces points il y a des terrains mouvants où des chevaux ont été engloutis. Il se pourrait que ces points correspondent à des sources jaillissantes naturelles. Dans la partie occidentale que nous avons traversée, il n'y avait ni eau ni sel dans le milieu du lac. A proximité du bord nord, on remarque une pellicule de sel plus mince qu'une feuille de papier; parfois le sol se déprime légèrement et se couvre d'une nappe d'eau très-fortement salée. Les ruisseaux qui, du Djebel Seba Rous et du Djebel el Hamman, débouchent dans le bord N.-O. du lac, roulent à leur confluent des eaux salées imposables. On nous a assuré que, de ce côté, il n'y a d'autre source d'eau douce que celle d'Aïn el Hamman

qui, le 30 avril 1858, débitait par seconde environ 4 litres d'eau excellente à boire, à la température de 22° à 11 h. du matin, la température de l'air extérieur en plein soleil étant de 31°.

Entre l'Aïn el Hamman et l'embouchure de l'Oued el Fesekh, le terrain saharien forme un plateau d'environ 12 kilomètres de long, sur 8 kilomètres de largeur comptée de l'O. à l'E. Le sol extérieur se compose de sables quartzeux, grossiers, jaunâtres, contenant des cailloux roulés de diverses dimensions. Aussi les vents n'ont pas modifié le relief de la surface, et le plateau présente aujourd'hui la même configuration que lorsqu'il est sorti du sein des eaux où se déposaient les couches sahariennes. Ce plateau sableux, qui longe le bord nord du Zahrez Chergui, est le représentant géologique des dunes qui longent le bord sud de ce Zahrez. Il n'est pas cultivé parce qu'il n'y a pas d'eau douce; il se couvre après les pluies de plantes fourragères que broutent les troupeaux arabes. L'alfa y est très-abondant. A 1.000 mètres environ de distance du bord du Zahrez, le plateau se déprime et constitue un plateau inférieur, à sol argilo-sableux, où croît abondamment la *salsola articulata*, et qui, dès lors, est impropre à la culture.

Un sondage aurait des chances de succès dans le plateau sableux compris entre l'Aïn el Hamman et l'Oued Dejal. — Un sondage peut être entrepris avec des chances de succès dans le plateau sableux compris entre l'Aïn el Hamman et l'Oued el Fesekh. Il devrait être placé un peu en amont des terrains à *salsola articulata*, entre l'Oued Dejal et l'Aïn el Hamman, aussi près que possible du Zahrez.

Constitution géologique des dunes des Zahrez. — Nous avons campé le 20 décembre 1862 au lieu dit Zebaret Sidi Aïssa dans le delta compris entre les dunes, l'Oued el Fesekh et le lac. L'eau fournie par les joncs y est de bonne qualité. De ce point, nous nous sommes dirigé vers le sud, en coupant les dunes dans toute leur largeur, qui peut être

de 2 kilomètres environ. Après avoir traversé quelques ondulations de sables, la route monte sur le plan supérieur des dunes qui bientôt s'affermir, se couvre de végétation et se relie d'une manière insensible à un plateau sableux, tenace, qui se relève régulièrement en pente douce contre le massif crétacé du Djebel Alia, limitant au sud le bassin du Zahrez Chergui. Dans la région des dunes éminemment sableuses, nous avons observé sur les flancs de quelques-unes d'entre elles des couches sensiblement horizontales de quelques centimètres d'épaisseur, formées par des sables argileux colorés en gris noirâtre par un peu de bitume.

Un échantillon de cette roche nous a donné la composition suivante :

	Pour 1 gr.
Sable quartzeux blanc	0,7512
Argile pure	0,1072
Peroxyde de fer.	0,0154
Carbonate de chaux.	0,1250
Carbonate de magnésie	traces.
Carbonate de fer	0,0029
Eau, matières organiques ammoniacales.	0,0171
Total.	0,9988

Auteur : VILLE.

Enfin, au sommet même d'une dune nous avons vu une couche horizontale (Pl. VIII, fig. 2), de travertin calcaire de 0^m,30 d'épaisseur qui a présenté la composition suivante

Carbonate de chaux.	0,9353
Carbonate de magnésie	0,0040
Carbonate de fer.	0,0014
Sulfate de chaux.	0,0077
Eau évaporée à 130°	0,0040
Matière organique ammoniacale	0,0130
Sable quartzeux blanc.	0,0256
Argile	0,0016
Peroxyde de fer et phosphates terreux.	0,0050
Total.	0,9976

Auteur : VILLE.

Quant aux sables des dunes, ils présentent la composition suivante :

Sable et argile.	Sable quartzeux et silice combinée.	0,9180	
		Alumine.	0,0080
		Peroxyde de fer.	0,0140
		Chaux.	0,0101
	Magnésie.	0,0002	
	Carbonate de magnésie.	0,0150	
	Carbonate de chaux.	0,0329	
	Sulfate de chaux.	0,0007	
	Chlorure de sodium.	0,00008	
	Eau	»	
	Total.	1,00735	

Auteur : DE MARIGNY.

En rentrant au poste-café d'el Mesran, sur la route d'Alger à Laghouat, nous avons coupé de nouveau les dunes, en marchant du S.-E. au N.-O., et nous avons remarqué, à diverses hauteurs au milieu des sables, des assises de grès argilo-calcaires, grisâtres, contenant à l'état fossile le *bulimus decollatus* et l'hélix *candidissima*. Tous ces faits prouvent d'une manière incontestable que les dunes du bassin des Zahrez ne sont pas, comme le pensent beaucoup de personnes, le résultat de l'accumulation des sables apportés par les vents. Ce sont des couches régulières de sables de la période saharienne qui ont été déposées par les eaux douces ou saumâtres. Parfois ces sables ont été agrégés par un ciment calcaire; il en résulte alors des couches régulières de grès calcaires qui permettent de déterminer la stratification des couches de sable qui les enclavent. Les vents modifient légèrement le relief extérieur des dunes qui peut varier d'un jour à l'autre; mais la masse générale des sables ne se déplace pas, et les dunes sont aujourd'hui dans la même position qu'elles occupaient à l'origine de la période géologique actuelle. Nous avons déjà reconnu ce fait pendant notre voyage à Ouargla en 1861. Les grandes dunes des environs d'Ouargla sont également

de la période saharienne comme celles du bassin des Zahrez. A notre retour d'Ouargla, nous avons coupé les dunes du Zahrez Rharbi, du sud au nord, en suivant le cours de l'Oued Malah, et nous avons remarqué également, à diverses hauteurs au milieu de ces dunes, des couches tenaces de sables argileux de couleur grisâtre, indiquant d'une manière incontestable que les sables formant les dunes étaient le résultat d'un transport par les eaux et non d'un transport par les vents. Du reste, l'exécution des sondages de l'Oued Malah et d'el Mesran (dans le bassin du Zahrez Rharbi) vient à l'appui de cette manière de voir. On a trouvé en profondeur des couches de sables fluides qui ont opposé une grande résistance à l'enfoncement des tubes de retenue; puisqu'il y a des couches de sables en profondeur dans le terrain saharien, on ne doit pas trouver étonnant qu'il y en ait également à la surface du sol. La lenteur du travail du sondage d'el Mesran vient précisément de ce que le sondage est commencé au pied même de la région des dunes. Les sables qui les composent ont été retrouvés dans ce sondage à 6 mètres au-dessous du sol.

On nous pardonnera cette digression sur les dunes, car elle nous a permis d'éclairer un fait intéressant de géologie pratique, et de rectifier une erreur fortement accréditée chez la plupart des voyageurs qui ont traversé le Sahara algérien.

La coupe (Pl. VIII, fig. 5), menée par Aïn el Hamman du N.-N.-O. au S.-S.-E., à travers le Zahrez Chergui, fait connaître les relations qui existent entre le terrain saharien qui a comblé le fond du bassin du Zahrez et les massifs crétacés qui limitent ce bassin au nord et au sud. Elle montre que les dunes ne sont qu'une manière d'être des couches sableuses plus tenaces, formant les plaines sahariennes au nord et au sud du Zahrez. Ces dunes ont une hauteur maximum de 10 à 12 mètres au-dessus du niveau du lac.

La plaine saharienne comprise entre les dunes au nord

et la chaîne crétacée des Djebts Alia, Matmoura, Driouha au sud, a une largeur moyenne de 8 à 10 kilomètres; elle présente un relief fort peu accidenté et est accessible partout aux voitures. Les cours d'eau qui la traversent du sud au nord ont en général très-peu d'importance, et leur thalweg est à peine indiqué dans la plaine. C'est le long de ces cours d'eau que l'on trouve les meilleurs terrains de culture, parce qu'il y a des détritits argileux entraînés par les eaux venant de la montagne. Les pluies abondantes de l'hiver de 1862 ont engagé les Arabes à développer leurs cultures dans cette région, et nous avons traversé des terres récemment labourées sur plus de 10 kilomètres de parcours. En été, cette région est désolée par la sécheresse. On doit aller chercher l'eau, soit dans les montagnes crétacées du sud, soit dans les bas-fonds contenus au milieu des dunes de sables. L'eau qui se trouve dans ces dunes, est due probablement à la même cause que l'eau de la zone de joncs que nous avons signalée au pied du bord des dunes, le long de la rive droite de l'Oued Feseckh. Ce sont des eaux qui se sont infiltrées dans le haut plateau sableux compris entre le Djebel Alia et les dunes, et qui coulent souterrainement à la surface d'une des couches argilo-sableuses, dont l'existence nous a été démontrée par l'étude attentive des dunes. Les couches sahariennes plongeant en général comme le relief extérieur du sol, les eaux souterraines s'écouleront du sud au nord. Le phénomène qui a donné lieu à la cuvette des Zahrez a entaillé les sables supérieurs jusqu'à la couche argilo-sableuse à la surface de laquelle coule l'eau souterraine, et dès lors celle-ci a surgi à la surface du sol et alimente aujourd'hui la zone de joncs qui longe le bord sud du Zahrez Chergui. Cette explication montre également que les puits artésiens ont des chances de succès dans la plaine saharienne qui s'étend au pied sud des dunes de l'E.-N.-E. à l'O.-S.-O.; seulement les chances de succès sont ici moins fortes que si l'on se plaçait au pied nord des

dunes, puisque le point d'émergence des eaux jaillissantes sera plus élevé.

Sondage proposé au milieu de la plaine qui est au sud des dunes sur le méridien de Raïan Chergui. — En conséquence, nous avons proposé un troisième sondage au milieu de la plaine qui est au sud des dunes sur le méridien de Raïan Chergui. On choisira l'un des thalwegs qui débouche du Djebel Matmoura, afin que les terres y soient d'excellente qualité pour les cultures; ce sondage offrant moins de chances de succès que les deux précédents, ne devrait être exécuté qu'après eux.

Sondages proposés à proximité des débouchés de l'Oued Medjedd dans le Tizihh Mtaa el Beliah et de l'Oued Gouliah dans l'extrémité orientale du Zahrez Chergui. — D'après le principe que nous avons posé de faire des sondages autant que possible dans les thalwegs principaux traversant le terrain saharien des Zahrez, il y aurait lieu de faire encore deux autres sondages, l'un à proximité du débouché de l'Oued Medjedd dans le Tizihh Mtaa el Beliah, l'autre à proximité du débouché de l'Oued Gouliah, dans l'extrémité orientale du Zahrez Chergui près d'Oglat el Béida.

On aura ainsi cinq sondages pour l'exploration des nappes jaillissantes qui peuvent exister dans le bassin du Zahrez Chergui. Les résultats de ces sondages montreront s'il y a lieu d'en exécuter d'autres plus tard.

Sondages à exécuter sur la route carrossable de Djelfa à Alger en territoire militaire.

La route carrossable de Djelfa à Alger, entre le Rocher de Sel au sud et Boghari au nord, est en général dépourvue d'eau potable de bonne qualité. On a construit sur cette route les caravansérails ou postes-café dont les noms suivent :

- Rocher de sel.* Eau en abondance, potable, dans l'oued Malah.
El Mesran. . . Auberge et poste-café. — Eau saumâtre, détersable, en abondance.
Guelt-es-Settel. Caravansérail. — Eau potable en très-petite quantité, mais de bonne qualité.
Bou Cedraïa. . . Poste-café, point d'eau en été; eau d'un rédir en hiver.
Aïn Ousserah. Caravansérail. — Eau potable, abondante et d'assez bonne qualité.
El Krechem. . . Poste-café. — Eau saumâtre, impotable; eau des redirs en hiver.
Bou Ghezoul. . . Caravansérail. — Eau potable, de bonne qualité, peu abondante.
Boghari Auberge. — Eau potable, de bonne qualité, sur le versant sud des montagnes du Tell.

Ainsi, entre les deux points extrêmes du Rocher de Sel et de Boghari, qui sont séparés par une distance de 144 kilomètres et qui ont de l'eau potable de bonne qualité et en abondance, il n'y a que le caravansérail intermédiaire d'Aïn Ousserah qui soit alimenté en eau potable d'une manière convenable. Il serait donc de la plus haute importance pour les voyageurs de toute nationalité que l'ont pût alimenter abondamment de bonne eau potable tous les points intermédiaires de la route comprise entre le Rocher de Sel et Boghari; c'est ce qui nous paraît facile pour la plupart des points dont nous avons fait l'énumération tout à l'heure.

Les sondages d'el Mesran et de l'Oued Kaïder sont destinés à fournir de l'eau potable sur la route carrossable d'Alger à Laghouat, entre les caravansérails du Rocher de Sel et de Guelt-es-Settel.

Moyen d'augmenter les ressources en eau potable du caravansérail de Guelt-es-Settel. — Le caravansérail de Guelt-es-Settel est bâti près du sommet du col qui termine à l'est la chaîne crétacée du Djebel Oukeil, chaîne longue et étroite dirigée du N.-E. au S.-O. Les pentes qui descendent au N. et au S. de part et d'autre du col sont très-douces, et l'on

peut étudier sur les berges encaissantes la constitution intime du cœur de la chaîne crétacée. Tout le côté E. de la vallée, descendant vers le nord, se compose de couches de grès quartzeux blanc, grisâtre, de 2 mètres à 5 mètres de puissance, alternant avec des bancs subordonnés de calcaire compacte et de marnes jaunâtres. Ces couches se prolongent au loin vers l'est, et le voyageur qui arrive d'Aïn Ousserah peut remarquer une série de lignes parallèles à peu près de niveau, produites par les tranches de ces couches de grès qui forment vers le nord des talus très-escarpés. Ces grès diffèrent entièrement par leur aspect physique des grès du terrain tertiaire moyen de Boghar; ils sont beaucoup plus durs, moins calcaires, plus essentiellement quartzeux, d'un blanc grisâtre à l'intérieur, un peu jaunâtre à la surface extérieure; ils donneraient de magnifiques pierres d'appareil pour les constructions; ils renferment quelques petits nids de marnes, parfois ils sont formés de grains de quartz laiteux, à angles vifs, gros comme des petits pois.

A l'ouest du col de Guelt-es-Settel, les grès s'enfoncent en stratification concordante sous des couches de calcaire gris clair, à cassure cristalline, alternant avec des marnes, ainsi que l'indique la coupe (fig. 4) menée en travers du col du S.-E. au N.-O.

Un sondage n'aurait aucune chance de succès dans l'intérieur du caravansérail, ou sur la rive gauche de l'Oued dans le terrain crétacé. — Derrière le caravansérail, les couches de grès *a* sont dirigées N. 145° O. m. et plongent au N. 55° O. m. presque verticalement. D'après cette stratification, un sondage n'aurait aucune chance de succès dans l'intérieur du caravansérail, ou sur la rive gauche de l'Oued Guelt-es-Settel au milieu des couches crétacées.

Un sondage pourrait donner de l'eau ascendante dans les grès crétacés de la rive droite de l'Oued Guelt-es-Settel; mais le succès est problématique et le débit de l'eau serait probablement très-faible. — Sur la rive droite, les couches de grès

ont une pente beaucoup plus faible; elle n'est que de 23° en face du caravansérail. On trouverait peut-être de l'eau ascendante au milieu des grès crétacés, en choisissant un point où les assises ne seraient pas trop fortement inclinées. Les eaux pourraient surgir à la séparation des grès et des marnes qui s'y trouvent enclavés; mais on ne doit pas se dissimuler que le succès serait très-problématique, parce que les grès des environs de Guelt-es-Settel se montrent très-peu riches en eau. Les quelques sources qu'on y trouve ont un débit excessivement faible. En face du caravansérail, il y a une sorte de ravin dont le lit, formé par le plan même des couches de grès, est incliné comme elles de 23° à l'horizon. Ce lit est assez large sur le flanc de la montagne; mais en arrivant au col, il s'étrangle entre des bancs de grès qui sont en saillie de 3 mètres à 4 mètres au-dessus de la couche qui sert de thalweg au ravin.

Barrage servant à alimenter Guelt-es-Settel en eau potable.

— Il a été facile d'établir un barrage, au débouché de ce ravin, au moyen d'un mur en maçonnerie qui laisse en arrière de lui un réservoir de 4^m, 10 de profondeur moyenne et de 810 mètres cubes de capacité. Ce réservoir appelé Guelta par les Arabes, se remplit en hiver par les eaux de pluies, et par les petites infiltrations qui se font jour du dedans en dehors, à travers les fissures des bancs de grès. Celles-ci sont très-minimes et se réduisent en été à quelques pleurs insignifiants; en été, l'évaporation solaire enlève beaucoup d'eau à ce réservoir qui est découvert. Aussi est-il exposé à s'épuiser rapidement si de fortes colonnes passent par le caravansérail et vont s'abreuver au bassin. On remédierait à cet inconvénient en recouvrant ce dernier par une voûte en maçonnerie; mais l'administration recule devant la dépense d'un pareil travail.

Citerne du caravansérail. — Dans l'intérieur du caravansérail il y a une citerne qui reçoit les eaux de pluies tombant sur les toitures.

Barrage proposé dans un ravin situé à 2 kilomètres en amont de la Guelta actuelle. — Il serait facile d'augmenter les ressources en eau de Guelt-es-Settel en faisant un barrage semblable au précédent, dans un ravin qui est à 2 kilomètres en amont de la Guelta, sur la rive droite de l'Oued Guelt-es-Settel. Le lit de ce ravin est à fond plat; il a 15 mètres de largeur entre deux têtes de roches de grès en place, qui pourraient servir d'attaches au barrage. Il faudrait enfoncer ce dernier jusqu'au grès en place pour que l'eau ne s'écoule pas à travers le sable du fond du lit actuel. On accumulerait facilement derrière ce barrage beaucoup plus d'eau que dans la Guelta actuelle.

Troisième barrage proposé dans un ravin situé entre le précédent et la Guelta actuelle. — Un troisième réservoir pourrait être construit à moins de frais sur le ravin compris entre le précédent et la Guelta. Ce ravin, au sortir de la grande formation de grès gris blanchâtre, s'épanouit en une petite plaine alluvienne *a b* (fig. 5).

Puis vient un rapide *b c*, de 100 mètres de long environ et 16° de pente avec un encaissement maximum de 10 mètres, où il y a des creux naturels dans lesquels s'accumule l'eau de pluie. Au-dessus de ce rapide, on observe une partie *c d* dont la pente est moins forte; c'est une sorte d'éventail formé par la réunion de plusieurs ravins. Au point de convergence des eaux en *C*, la vallée n'a que 7 mètres de largeur entre deux têtes de bancs de grès. Il serait facile d'y établir un barrage qui emmagasinerait beaucoup d'eau au moment des pluies d'hiver.

Terrain saharien de la vallée de Guelt-es-Settel. — Le lit de l'Oued Guelt-es-Settel est encaissé de 4 mètres à 5 mètres dans une roche jaunâtre, récente, formée par des débris de calcaire crétacé et de grès, englobés dans une gangue de sables siliceux jaunâtres. Il est difficile souvent de dire si cette roche est de la période saharienne, ou si elle constitue les alluvions actuelles de la rivière; son épaisseur, est du reste,

très-faible, 8 mètres ou 10 mètres au plus, dans la vallée de Guelt-es-Settel; souvent les couches crétacées surgissent au dehors de cette formation relativement récente. En montant sur la croupe crétacée qui domine au S.-E. le caravansérail de Guelt-es-Settel, on voit que la carapace calcaire blanche, jaunâtre, saharienne, s'élève à 20 mètres environ au-dessus du sol du caravansérail.

Source artificielle à créer par le drainage sur la rive gauche de l'Oued, en amont du caravansérail. — Sur la rive gauche de l'Oued Guelt-es-Settel, en amont du caravansérail, il y a un plateau régulier de 100 mètres de large et plusieurs centaines de mètres de long, couvert d'une couche de terre végétale argilo-sableuse de 0^m,80 d'épaisseur. Les déchirements de la surface montrent que ces sables reposent sur une couche de carapace calcaire blanc jaunâtre, formant un sol imperméable. On pourrait créer une source artificielle dans ce terrain en drainant une étendue d'un hectare. Le tube collecteur de tous les petits drains devrait être pourvu d'un robinet qu'on ouvrirait seulement lorsqu'on aurait besoin d'y puiser de l'eau.

Au sommet du col de Guelt-es-Settel, le terrain présente la coupe (fig. 6).

Au sommet *a* du mamelon qui longe la route à l'ouest, on observe des plaques de carapace calcaire brun jaunâtre, ayant tous les caractères du calcaire d'eau douce et encaissant de petits débris de roches étrangères. Son épaisseur maximum est de 0^m,20. Sur le mamelon *b* qui longe la route à l'est, il y a un petit dépôt de 1 mètre d'épaisseur formé de cailloux roulés, englobés dans de la carapace saharienne blanchâtre. On voit par là que la mer saharienne passait du bassin des Zahrez dans le bassin de Bou Cedraïa à travers le col de Guelt-es-Settel. Seulement le dépôt saharien a été très-faible sur ce col, sans doute parce que la mer y était très-peu profonde. Ce col était un récif de la mer saharienne.

Poste-café de Bou Cedraïa. — Le poste-café de Bou Cedraïa est situé sur la rive droite d'une dépression dirigée du S.-O. au N.-E. et encaissée d'une dizaine de mètres dans le plateau saharien qui la renferme. Dans le thalweg, il y a au pied d'un betoum décrépît un redir où s'accumulent les eaux de pluie, et qui sert à l'alimentation du poste, tant qu'il renferme de l'eau. Quand le redir est à sec, ce qui arrive très-fréquemment, on est obligé d'aller chercher de l'eau à Guelt-es-Settel ou à Aïn Ousserah. Le génie militaire a fait dans la vallée un sondage qui a donné de l'eau potable d'infiltration à la profondeur de 22 mètres, d'après ce qui nous a été assuré. Lors de notre passage le 15 décembre 1862, on creusait un puits ordinaire de 2 mètres de diamètre qui avait atteint 12 mètres de profondeur. On a traversé à partir du sol un dépôt alluvien de 4^m,50 d'épaisseur, formé par des débris crétacés à angles vifs; au-dessous viennent des grès tendres d'un gris blanchâtre, contenant quelques empreintes végétales. A 6^m,50 du sol, on remarque au milieu des grès une couche de marne d'un bleu jaunâtre de 0^m,20 d'épaisseur, plongeant de 8° à 10° vers le N. 6° E. m. Ainsi les couches sahariennes sont bien disposées pour donner ici de l'eau jaillissante.

Un sondage donnerait de l'eau ascendante potable auprès du poste-café de Bou Cedraïa. — En raison de l'étendue du bassin hydrographique de l'Oued Bou Cedraïa, en amont du poste-café, nous pensons qu'il serait convenable d'essayer auprès du poste-café un sondage de 100 mètres environ de profondeur. Il est probable que le poste-café serait alimenté ainsi d'une manière plus certaine que par le puits ordinaire que l'on creuse en ce moment.

Bassin géographique de l'Oued Ousserah. — L'Oued Bou Cedraïa s'encaisse à l'aval du poste-café entre le massif crétacé du Djebel Fech à l'est, et le massif crétacé du Djebel Saïda à l'ouest, et forme alors la vallée de l'Oued Ousserah qui passe au pied du caravansérail de ce nom. L'eau

courante se montre dans la vallée à 1.500 mètres en amont du caravansérail. En 1856, elle donnait lieu à un marais infect qui était une cause d'insalubrité pour les environs. Le génie militaire a desséché ce marais et facilité le cours des eaux, en arrachant tous les végétaux qui encombraient le lit de l'Oued, et faisant, suivant le thalweg de celle-ci, un grand fossé de drainage qui a été rempli de pierres sèches. Ce travail a augmenté le débit de la rivière qui est aujourd'hui d'environ 5 litres à la seconde. Il serait facile de l'augmenter encore au moyen de tranchées coupant les deux rives, normalement à la conduite faite dans le thalweg. On observe, en effet, sur les berges du coteau longeant ces deux rives, de nombreuses infiltrations qui se perdent la plupart avant d'arriver au lit principal. Parmi ces infiltrations, les unes viennent de bas en haut, à travers les fissures d'une couche de marne bleu jaunâtre, ce qui indique qu'elles sont animées d'une force ascensionnelle; les autres viennent latéralement et sont fournies par les roches gypso-sableuses perméables qui forment la partie supérieure des berges. L'une des sources alimente un abreuvoir en maçonnerie, situé sur la rive gauche au pied du caravansérail. L'eau de l'Oued est verdâtre et de mauvais goût, à cause surtout de la grande quantité de matières organiques qu'elle renferme. Un barrage l'utilise pour l'irrigation de quelques cultures. La vallée répand encore dans les environs une odeur infecte comme celle d'Aïn Chemmara, et qui provient de la réaction réciproque des sulfates terreux et des matières organiques.

Le lit de la rivière a été déblayé sur 1.000 mètres environ de longueur et le cours de l'eau superficielle s'arrête là où l'on a cessé de déblayer le thalweg. En amont, celui-ci est couvert de joncs sur 500 mètres de longueur, et l'on pourrait en obtenir par le drainage un volume d'eau assez notable.

Les berges sont formées à la partie supérieure de sables

siliceux jaunâtres, mêlés de filets de gypse blanc. Parfois au même niveau, ces sables sont remplacés par du gypse farineux ou par du calcaire blanc à tissu très-compacte. Celui-ci présente un assez grand développement à 1,500 mètres sud du poste. Il y forme sur 5 mètres de hauteur des couches régulières de 0^m,50 de puissance. Il est rempli de cavités grossièrement cylindriques, verticales et sinueuses, comme si elles avaient été produites par des gaz se dégageant au milieu de matières pâteuses. On y trouve aussi des hélix et des physes? fossiles, toutes coquilles terrestres ou fluviatiles. Les couches sont régulières et plongent très-légèrement au N.-N.-O. comme la vallée elle-même, c'est-à-dire comme le relief extérieur du sol.

La coupe *fig. 7* a été menée à 1.500 mètres sud du caravansérail en travers de la vallée; elle correspond à une cascade formée par les couches calcaires d'eau douce servant de lit à la rivière; tandis que sur la rive droite la berge se compose principalement de calcaire compacte ou terreux, sur la rive gauche elle se compose de sables quartzeux mêlés de gypse. Ces sables dominent auprès du caravansérail; ils renferment de nombreux hélix et nous y avons trouvé des ossements fossiles très-fortement brunis.

Le 14 juillet 1862, nous avons pris la température des eaux suivantes d'Aïn Ousserah :

		TEMPÉRATURES.
		degrés.
a.	L'eau s'y tient à 4 ^m ,50 sous le sol.	17,66
b.	Eau de l'Oued, à l'aval de toutes les infiltrations.	29,00
<i>Infiltrations de la berge de la rive gauche de l'Oued.</i>		
c.	Fontaine-abreuvoir n° 1.	25,00
b.	Bouillon n° 2.	25,00
e.	— n° 3.	22,00
f.	— n° 4.	25,00
g.	— n° 5.	25,00
h.	— n° 6.	20,00

	TEMPÉRATURES. degrés.
i. Température de l'air au soleil à 3 h. 1/2 du soir	39,00
Le 14 décembre 1862, nous avons repris la température de diverses eaux de l'Oued Ousserah; nous avons trouvé les résultats suivants :	
a. Puits de la cour du Caravansérail	15,00
b. Eau de l'Oued, à l'aval de toutes les infiltrations.	10,00

Infiltrations de la berge de la rive gauche de l'Oued.

c. Fontaine-abreuvoir n° 1	13,00
D. A 20 mètres en aval de l'abreuvoir, petite source débitant 0 ^m ,20 environ par seconde et bouillonnant à travers les sables à 0,80 au-dessus du lit de l'Oued	13°00
E. A 50 mètres en aval de l'abreuvoir, petite source débitant 0 ^m ,10 environ par seconde.	10,00
F. A 40 mètres en amont de l'abreuvoir, source bouillonnant dans les sables, à 0 ^m ,10 au-dessus du niveau de l'Oued	22,50
G. A 150 mètres en amont de l'abreuvoir, petite source où vont puiser les Arabes, bouillonnant à 0 ^m ,70 au-dessus du lit de l'Oued et débitant 0 ^m ,33 environ par seconde.	24,50
H. Plus en amont, sur la rive gauche, petite source débitant environ 0 ^m ,10 par seconde, bouillonnant dans les sables à 2 mètres au-dessus du lit de l'Oued, en face d'un ancien abreuvoir en maçonnerie, situé sur la rive droite.	15,00

Infiltrations de la berge de la rive droite de l'Oued.

I. Source s'échappant du pied de l'ancien abreuvoir en maçonnerie.	15,00
K. A 30 mètres en amont de l'abreuvoir en maçonnerie de la rive gauche, petite source.	22,50
L. Eau de l'Oued en face de l'abreuvoir de la rive gauche.	11,00
M. Température de l'air au soleil.	10,00

Heure, soir : 3 h. 1/2.

L'examen de ce tableau montre qu'en général la température de ces diverses eaux est plus élevée en été qu'en hiver. Il n'y a qu'une différence de 2°,66 dans les températures de l'eau du puits du caravansérail suivant les sai-

sons, ce qui donne pour cette eau une température moyenne de 16°,33.

La température de l'air extérieur influe beaucoup sur celle de l'eau de l'Oued Ousserah suivant les saisons : ainsi en été la température de l'eau est de 29°, et en hiver de 10° à la même heure (3 h. 1/2 du soir). La moyenne 19°,50 s'écarte peu de la moyenne 16°,33 trouvée pour l'eau du puits.

Les saisons influent beaucoup sur la température de l'eau de l'abreuvoir; on trouve, en effet, 25° en été et 13° en hiver. Le même fait se reproduit sur d'autres sources; mais, ce qu'il est très-important de considérer, c'est la température élevée des sources F, G, K pendant l'hiver; elle varie de 22°,50 à 24°,50, tandis que l'eau d'infiltration du puits n'est qu'à 15°. On retrouve en hiver à peu près les mêmes températures qu'on a observées pendant l'été pour les bouillons n° 2, 3, 4 et 5, situés sur la rive gauche de l'Oued. Cela démontre d'une manière incontestable que les sources F, G, K sont de véritables sources thermales, ayant à peu près la même température en été et en hiver, et par conséquent ce sont de véritables sources jaillissantes naturelles. Du reste, l'émergence de plusieurs des sources de l'Oued Ousserah à travers les interstices de la couche inférieure de marnes conduit aux mêmes résultats. On doit conclure de là que les eaux courantes qui surgissent dans le lit de l'Oued Ousserah, à proximité du caravansérail, sont produites par une nappe jaillissante souterraine qui remonte d'une certaine profondeur à travers les fentes du terrain saharien, et se dissémine en grande partie au milieu des sables gypseux qui constituent le sol. Ce sont ces eaux jaillissantes naturelles qui baignent le pied des joncs encombrant la vallée de l'Oued Ousserah et entretiennent leur végétation. Les résultats obtenus dans le sondage d'Aïn Malakoff nous permettent aujourd'hui de calculer la profondeur probable de la nappe jaillissante d'Aïn Ousserah. En

effet, dans ce sondage on a trouvé deux nappes jaillissantes, l'une à la profondeur de 18 mètres et à la température de 18°, l'autre à la profondeur de 78 mètres et à la température de 21°. Ainsi, pour 60 mètres de profondeur, l'accroissement de température a été de 3°, ce qui donne 1° pour 20 mètres; en Europe, on compte en moyenne 1° pour 30 mètres; mais ce calcul souffre de nombreuses exceptions. A Aïn Malakoff, pour avoir 24°,50, il faudrait aller 70 mètres plus bas, ce qui donnerait au forage 150 mètres de profondeur. Il est rationnel d'admettre qu'à Aïn Ousserah l'accroissement de la température avec la profondeur suit la même loi qu'à Aïn Malakoff.

Un sondage de 150 mètres à 200 mètres de profondeur trouverait une nappe jaillissante à Aïn Ousserah. — Dès lors, on voit que la nappe jaillissante d'Aïn Ousserah se trouve probablement à 150 mètres de profondeur; nous admettrons 200 mètres pour tenir compte de toutes les éventualités. Il est possible également de se faire une idée du débit probable d'un sondage qu'on ferait à Aïn Ousserah, au diamètre initial de 0^m,38 comme à Aïn Malakoff. On a vu que dans ce sondage le débit primitif a été de 20 litres à la seconde. La source jaillissante naturelle d'Hamia Chergui, qui est alimentée par la même nappe que l'Aïn Malakoff, n'a qu'un débit de 0',66 par seconde, c'est-à-dire trente-trois fois plus faible. Dès lors, on peut espérer que le sondage d'Aïn Ousserah donnera un débit beaucoup plus considérable que celui fourni aujourd'hui par l'Oued Ousserah, débit qui est d'environ 5 litres par seconde. On ne peut espérer qu'on trouvera par un sondage un débit trente-trois fois plus considérable, c'est-à-dire de 165 par seconde; cependant il est permis de penser que le sondage fournira un volume d'eau beaucoup plus considérable que celui que roule aujourd'hui l'Aïn Ousserah, et ce volume pourrait servir à l'établissement d'un centre de population à proximité d'Aïn Ousserah.

Le rapprochement des deux contre-forts crétacés qui resserrent la vallée saharienne de l'Oued Ousserah, a forcé les nappes souterraines à se concentrer dans un plus petit espace et a facilité dès lors leur jaillissement à la surface du sol. C'est une considération du même genre qui nous avait engagé à proposer Chabouniah pour le premier puits artésien à creuser dans le bassin du Haut Chelif.

L'existence d'une nappe artésienne à Aïn Ousserah donne un plus grand degré de probabilité à l'existence d'une nappe artésienne très-abondante à Chabouniah. — Chabouniah se trouve en effet au sommet d'un immense éventail formé par les terrains sahariens compris entre Tiaret au nord et le Djebel Amour au sud. Les couches de ce terrain pendent d'une manière uniforme vers Chabouniah et amènent les eaux souterraines sous l'aplomb de ce point dans une espèce de détroit qui n'a pas plus de 24 kilomètres de large. Il était donc très-probable que si à Chabouniah, avec nos moyens d'exécution, nous avions pu parvenir à la nappe jaillissante, nous aurions obtenu un volume d'eau très-considérable, que nous ne craignons pas aujourd'hui de comparer à celui du forage de Passy, débitant 186 litres par seconde au niveau du sol. Cette conséquence trouve un degré de probabilité plus grand encore dans les résultats auxquels nous sommes arrivé en prenant les températures des divers bouillons d'Aïn Ousserah.

Poste-café d'el Krechem. — Le poste-café d'El Krechem est situé à mi-chemin entre le caravansérail de Boughezoul et celui d'Aïn Ousserah, au pied d'une haute colline qui se relie au plateau supérieur d'Aïn Ousserah, dont elle est elle-même un témoin allongé. Un ancien Ksar est situé sur le plateau qui domine le poste d'El Krechem. Comme ce dernier, il ne pouvait être alimenté que par des redirs (1)

(*) On appelle *redir* (traître), de petites dépressions naturelles où s'accumulent les eaux de pluies pendant l'hiver, et qui servent

qui sont dans une grande dépression partant du sommet de la colline. Cette alimentation était donc intermittente, et en temps de sécheresse on devait recourir comme aujourd'hui aux puits de Boughezoul ou à la source d'Aïn Ousserah. Le Génie militaire a creusé plusieurs puits dans les alentours du poste-café pour rechercher de l'eau potable; mais ces puits n'ont donné que de l'eau saumâtre impotable aux profondeurs de 12 à 14 mètres.

Un puits artésien de 100 mètres de profondeur donnerait auprès des redirs d'El Krechem de l'eau potable de bonne qualité, ascendante, sinon jaillissante. — Un puits artésien de 100 mètres de profondeur que l'on creuserait au pied de la colline d'El Krechem, sur le bord de la route carrossable, tout à côté des redirs, serait dans de bonnes conditions pour donner de l'eau ascendante de bonne qualité, sinon jaillissante. On sait que le sondage de Sbitéïa, situé à 12 kilomètres environ N.-E. d'El Krechem, a donné de l'eau ascendante de très-bonne qualité à une profondeur inférieure à 80 mètres. Cette eau remonte à 5^m,80 au-dessous du sol. On peut espérer trouver un résultat semblable à El Krechem. Il ne serait pas étonnant en outre qu'on eût ici de l'eau jaillissante, parce que les redirs d'El Krechem se trouvent sur l'épanouissement de la vallée de l'Oued Ousserah et que la nappe jaillissante d'Aïn Ousserah peut se prolonger jusque sous l'aplomb d'El Krechem. Les dénudations subies par le terrain entre ces deux localités permettraient d'atteindre cette nappe à El Krechem à une profondeur moindre qu'à Aïn Ousserah.

Caravansérail de Boughezoul. — Le caravansérail de Boughezoul est situé sur le bord oriental du marais de Kseria, qui longe les deux rives du Chélif, à la tête de la cou-

à l'alimentation des voyageurs. Le nom donné par les Arabes vient de ce que souvent, en été, les redirs sont à sec et trahissent ainsi l'espoir des voyageurs qui comptaient pouvoir s'y désaltérer.

pure par laquelle cette rivière abandonne les steppes pour pénétrer dans les montagnes du Tell. A la partie supérieure de son cours, la petite vallée de l'Oued Boughezoul est encaissée dans le terrain tertiaire moyen (grès et marnes); elle s'évase en descendant dans la plaine saharienne; le lit en est argilo-sableux, et sur les crêtes de la vallée se trouvent de gros cailloux roulés noyés dans une gangue calcaire qui forme des croûtes de carapace saharienne à la surface du sol. Des puits nombreux de 5 à 4 mètres de profondeur ont été creusés par les Arabes dans le lit de l'Oued Boughezoul auprès du caravansérail. Ils ont traversé des alluvions argilo-sableuses avec de petites veines irrégulières de gypse blanc farineux; en hiver ils sont remplis jusqu'aux bords; mais ils se dessèchent bien vite parce que ce sont plutôt de larges fosses à ciel ouvert, sur lesquelles l'évaporation a beaucoup de prise. Un puits murailé et couvert d'un marabout a été creusé à 100 mètres du caravansérail par les soins de l'administration de la guerre; il a 6 mètres de profondeur et 0^m,50 de hauteur d'eau; celle-ci a un goût saumâtre et désagréable, aussi est-elle peu estimée des voyageurs; cependant elle est bonne pour les bestiaux; malheureusement elle s'épuise vite quand il passe des convois considérables. Le gardien du caravansérail nous a assuré qu'il a fait plusieurs puits sur le plateau de Boughezoul autour du caravansérail, et qu'il a trouvé dans tous de l'eau saumâtre. On ne trouve de l'eau douce que dans le lit même de l'Oued. On ne doit enfoncer le puits que de 0^m,20 en contre-bas des premières infiltrations de l'Oued; plus bas, on rencontre immédiatement l'eau saumâtre et le puits ne vaut plus rien. Quand on nettoie les puits de l'Oued, on les approfondit nécessairement un peu, aussi sont-ils bientôt hors de service à cause de la mauvaise qualité de l'eau qui afflue.

Un sondage de 100 mètres de profondeur maximum donnerait à Boughezoul de l'eau potable ascendante de bonne

qualité. — En raison du voisinage de Sbiteia, nous pensons qu'un puits artésien d'une profondeur maximum de 100 mètres donnerait à Boughezoul de l'eau potable ascendante de bonne qualité.

L'exécution du réseau de sondages du bassin des Zahrez et de la route carrossable d'Alger à Laghouat, entre Guelt-es-Settel et Boghari, a été approuvée par Son Excellence le gouverneur général de l'Algérie, avant la fin de l'année, nous pensons que deux appareils de sondage fonctionneront simultanément dans le territoire militaire de la province. Toutes les commandes de matériel sont faites en ce moment.

Résumé. — Nous résumerons en peu de mots les principaux faits contenus dans ce mémoire.

Le sondage de Chabouniah a été abandonné le 27 mars 1862, à la profondeur de 380^m,18 et l'on a procédé ensuite à l'extraction des tubes de retenue. On a procédé également, en 1862, à l'extraction des tubes de retenue du sondage de Sbiteia, arrêté le 19 mai 1860 à la profondeur de 78^m,03.

Le sondage d'Aïn Malakoff (Oued Malah, bassin du Zahrez Rharbi) a été commencé le 13 octobre 1862, et a été complètement terminé le 13 décembre 1862; après deux mois de travail, il a atteint 81^m,20 de profondeur; il a rencontré à la profondeur de 18 mètres une première nappe ascendante à la température de 18°, et à la profondeur de 78 mètres, une deuxième nappe jaillissante d'eau potable à la température de 21°. Le débit de cette nappe a été à l'origine de 20 litres par seconde. Après l'enlèvement de la colonne de tubes de 0^m,30 de diamètre, le débit a été réduit à 13^l,58 par seconde à 0^m,30 au-dessus du sol: il est possible que le débit augmente avec le temps lorsque les terrains se seront tassés autour de la colonne ascensionnelle de 0^m,27 de diamètre.

Le sondage d'Aïn Malakoff a coûté :

	fr.
Fournitures, main-d'œuvre militaire, surveillance.	3.900,14
Tubes de retenue.	2.367,00
Prime à MM. Kind	812,00
Total.	7.079,14

Frais de transport non compris.

Le sondage d'el Mesran a été commencé le 20 décembre 1862, à 8 kilomètres E. d'Aïn Malakoff, auprès du poste-café d'el Mesran, sur la route carrossable d'Alger à Laghouat. Il était parvenu le 31 décembre 1862 à la profondeur de 10 mètres. Une couche de sable blanc, fluide, trouvée à la profondeur de 6 mètres, a considérablement retardé les travaux d'avancement.

Il existe autour du Zahrez Rharbi des sources jaillissantes naturelles d'eau douce indiquant que la nappe jaillissante trouvée à Aïn Malakoff existe probablement dans toute l'étendue du bassin du Zahrez Rharbi. Nous citerons l'Hamia Chergui, l'Hamia Rharbi, Mocta Djedean et l'Aïn Sebakh.

Les nappes jaillissantes doivent être recherchées par un premier réseau de sondages placés à proximité des principaux cours d'eau qui vont se jeter dans le Zahrez Rharbi.

Ce réseau comprend les sondages suivants :

1° Puits artésien situé auprès du confluent de l'Oued Malah dans le Zahrez Rharbi c'est celui qui nous a donné la belle source jaillissante d'Aïn Malakoff;

2° Puits artésien situé dans la vallée de l'Oued Kourirech, à proximité du Zahrez Rharbi;

3° Puits artésien situé auprès du confluent de l'Oued Hadjia dans le Zahrez Rharbi, à proximité de l'Hamia Rharbi;

4° Puits artésien situé à l'extrémité N.-O. du Zahrez Rharbi, à proximité des sources jaillissantes de Mocta Djedan;

5° Puits artésien situé à proximité de la source jaillis-

sante naturelle d'Aïn Sebakh, vers l'extrémité N.-E. du Zahrez Rharbi ;

6° Puits artésien situé sur la route carrossable d'Alger à Laghouat, sur la rive gauche de l'Oued Kaïder, à 8 kilomètres N. du poste-café d'el Mesran ;

7° Puits artésien d'el Mesran, situé auprès du poste-café de ce nom.

Pour que les sondages nos 2, 3, 4, 5 soient dans les meilleures conditions de succès, il convient qu'ils soient placés le plus près possible des bords du lac. On choisira pour chacun d'eux un point qui permette d'arroser environ 100 hectares de terres de bonne qualité.

Le réseau de sondages nos 1 à 7 servira plus tard de cadre pour l'exécution d'un plus grand nombre de sondages destinés à mettre en coupe réglée les nappes jaillissantes du Zahrez Rharbi.

Les deux Zahrez se trouvent à peu près à la même cote de niveau et le seuil qui les sépare n'a qu'une hauteur de quelques mètres.

Le terrain saharien qui, entre Guelt-es-Settel et le rocher de sel présente une largeur d'environ 25 kilomètres, se rétrécit beaucoup à l'est d'el Mesran, et n'offre plus, du N. au S., qu'une largeur de 8 kilomètres sur le méridien de Raïan Chergui.

Les dunes de sables forment le bord méridional du Zahrez Chergui d'un bout à l'autre à ce qu'on assure. Nous avons constaté leur existence à l'extrémité S.-O. du lac.

Entre les dunes et le lac, il y a souvent une traînée de joncs d'où s'échappe une nappe d'eau douce qui est alimentée par les eaux d'infiltration qui ont traversé les couches supérieures du terrain saharien.

Entre la rive droite de l'Oued Fesekh, les dunes et le Zahrez Chergui, il y a des marais produits par les eaux sortant du milieu des joncs. Il serait facile de dessécher ces

marais par des tranchées perpendiculaires à l'Oued Fesekh.

Les sondages donneront probablement de l'eau jaillissante dans le bassin du Zahrez Chergui.

Nous proposons d'explorer ce bassin au moyen des sondages suivants d'une profondeur d'environ 100 mètres.

1° Sondage auprès du confluent de l'Oued Fesekh et du Zahrez Chergui sur la rive droite de l'Oued ;

2° Sondage dans le plateau sableux compris entre l'Aïn el Hamman et l'Oued Dejal, aussi près que possible du Zahrez ;

3° Sondage au milieu de la plaine qui est au sud des dunes sur le méridien de Raïan Chergui ;

4° Sondage à proximité du débouché de l'Oued Medjeddel, dans le Tizihh mtaa el Beliah ;

5° Sondage à proximité du débouché de l'Oued Gouliah, dans l'extrémité orientale du Zahrez Chergui.

Les dunes du bassin des Zahrez sont une couche superficielle de sables quartzeux déposés dans les eaux de la période saharienne. Elles ne sont pas, comme on le croit généralement, le résultat du transport des sables par les vents du désert. Les vents modifient légèrement le relief extérieur de ces couches de sable, tantôt dans un sens, tantôt dans un autre, mais la masse générale de sable reste toujours à la même place. On trouve intercalées au milieu des dunes des couches de grès calcaires un peu bitumeux, indiquant la stratification des sables.

Dans le massif de dunes qui est au sud du confluent de l'Oued Fesekh et du Zahrez Chergui, nous avons observé une couche de traversin calcaire tout à fait au sommet d'une dune.

La route de Laghouat à Alger entre Guelt-es-Settel et Boghari est en général alimentée par de l'eau potable en quantité insuffisante, ou par de l'eau saumâtre de mauvaise qualité.

A Guelt-es-Settel, on se procure de l'eau potable de bonne qualité au moyen d'un barrage formant un réservoir appelé *Guelta*.

On pourrait établir deux barrages semblables dans les deux ravins qui sont en amont de la *Guelta* actuelle sur la rive droite de l'Oued Guelt-es-Settel; on augmenterait ainsi le volume des eaux d'alimentation.

On pourrait également créer auprès du caravansérail de Guelt-es-Settel une source artificielle en drainant une certaine étendue de terrain sur le plateau sableux qui longe la rive gauche de l'Oued Guelt-es-Settel.

Un sondage n'aurait aucune chance de succès dans l'intérieur du caravansérail, ou sur la rive gauche de l'Oued dans le terrain crétaé.

Un sondage pourrait donner de l'eau ascendante dans les grès crétaés de la rive droite de l'Oued Guelt-es-Settel; mais le succès est problématique et le débit de l'eau serait probablement très-faible.

Un sondage de 100 mètres de profondeur donnerait probablement de l'eau ascendante potable auprès du poste-café de Bou Cédraïa.

Le caravansérail d'Aïn Ousserah est alimenté abondamment par des sources d'eau potable qui surgissent dans le lit de l'Oued Ousserah, dont un drainage exécuté par le Génie militaire a augmenté le débit primitif. Ce débit est aujourd'hui de 5 litres environ par seconde. Le fond de la vallée de l'Oued Ousserah est couvert de joncs dont la végétation est entretenue par une nappe jaillissante qui remonte d'une profondeur de 150 mètres à 200 mètres, et s'épanche au milieu de la couche de sables gypso-quartzeux qui constitue le sol extérieur.

Il y a dans le lit de l'Oued Ousserah, au pied du caravansérail, des sources thermales dont la température est de 22°,50 à 24°,50 au mois de décembre. En été leur température est à peu près la même.

Les observations de températures faites dans les deux sources jaillissantes du sondage de Malakoff montrent que dans la région des Zahrez, l'accroissement de température avec la profondeur est d'environ 1° pour 20 mètres. En admettant la même loi pour le terrain d'Aïn Ousserah, on en déduit que la nappe jaillissante d'Aïn Ousserah est à une profondeur d'environ 150 mètres. On devra compter sur 200 mètres, à cause des éventualités qui peuvent se présenter.

Le sondage d'Aïn Malakoff ayant donné un volume trente-trois fois plus considérable que la source jaillissante naturelle d'Hamia Chergui qui est à 1.800 mètres de distance, on doit en conclure qu'un sondage donnerait auprès du caravansérail d'Aïn Ousserah un volume d'eau de beaucoup supérieur à 5 litres par seconde.

Il y a donc utilité à faire à Aïn Ousserah un sondage de 150 à 200 mètres de profondeur sur 0^m,58 de diamètre initial. La source jaillissante qu'on trouvera très-probablement pourrait servir à l'établissement d'un centre de population.

Un sondage de 100 mètres de profondeur maximum donnera de l'eau ascendante de bonne qualité, et peut-être même de l'eau jaillissante auprès du poste-café d'El Krechem, qui n'est alimenté aujourd'hui que par de l'eau saumâtre impotable.

Un sondage de 100 mètres de profondeur donnera probablement de l'eau potable ascendante de bonne qualité auprès du caravansérail de Boughezoul, qui n'a qu'une quantité insuffisante d'eau potable.

RAPPORT

SUR L'EXPLOSION D'UNE LOCOMOTIVE SUR LE CHEMIN DE FER DE PARIS
A LYON ET A LA MÉDITERRANÉE (LIGNE DU BOURBONNAIS).

Par M. JUTIER, ingénieur des mines.

(EXTRAIT.)

§ 1. *Circonstances et causes de l'explosion
de la locomotive n° 1522.*

Une locomotive à marchandises du chemin de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, portant le n° 1522 (*le Beuvron*), a fait explosion sur la ligne du Bourbonnais, le 10 novembre 1862.

Les résultats causés par l'explosion, les causes qui l'ont déterminée présentent des circonstances singulières qui ont exigé un examen approfondi de la question. Nous allons en rendre compte avec tous les détails qu'elle comporte, d'autant mieux que cette étude nous a amené à des conclusions qui peuvent avoir quelque utilité pratique.

Exposé des faits. — Cette locomotive était à six roues accouplées et à cylindres extérieurs; elle avait été construite en 1858 dans les ateliers d'Oullins, par MM. J. J. Cail et compagnie, pour l'ancienne compagnie du Bourbonnais. Son timbre était de 8 atmosphères; sa mise en circulation, après les essais habituels, avait été autorisée par un arrêté de M. le préfet de police, en date du 15 juillet 1859.

Son poids total, avec eau et coke, était de 31.524 kilogrammes, et la charge était répartie par portions à très-peu près égales sur les trois essieux.

Ses principales dimensions sont consignées dans le tableau suivant :

Capacité de la chaudière.	5 ^{m3} ,425
Diamètre des pistons.	0 ^m ,450
Course des pistons.	0 ^m ,650
Diamètre des soupapes de sûreté.	0 ^m ,110
Surface de chauffe.	150 ^{m2} ,000
Diamètre des roues.	1 ^m ,260
Foyer. Longueur intérieure (parallèlement à l'axe de la chaudière entre les parois en cuivre).	
En haut.	1 ^m ,290
En bas (à ras de la grille)	1 ^m ,350
Longueur en haut.	1 ^m ,700
En bas.	1 ^m ,000

Cette machine, mise en service en mai 1858, avait effectué jusqu'au jour de l'explosion un parcours de 123.085 kilomètres. Depuis sa mise en service elle n'avait pas été envoyée aux ateliers pour y être réparée (*).

(*) Telle était du moins la déclaration faite par la compagnie; des recherches ultérieures ont montré que cette machine avait subi un certain nombre de réparations parmi lesquelles nous citerons les suivantes :

Roanne, du 7 juillet 1860 au 27 juillet 1860, mater une fente et faire une couture avec prisonniers en cuivre rouge dans la cornière du foyer (côté droit).

Clermont, du 4 décembre au 24 décembre 1860, réparer le foyer et remplacer des tubes à fumée.

Clermont, du 7 février 1861 au 4 mars 1861, réparer le foyer.

Clermont, du 17 novembre au 25 novembre 1861, remplacer des entretoises dans le foyer et dresser les tiroirs et leurs tables.

Nevers, du 1^{er} décembre au 4 décembre 1861, remplacer les entretoises du foyer.

On voit que l'état du foyer avait appelé l'attention et qu'on avait dû remplacer un certain nombre d'entretoises. Nous montrerons plus loin que l'explosion a eu précisément pour cause l'état défectueux des entretoises situées au-dessus de la porte du foyer.

Le train de marchandises n° 810, de Lyon (Vaise) à Nevers que cette locomotive remorquait depuis Saint-Germain-des-Fossés, était arrivé à Moulins à l'heure fixée par le livret, c'est-à-dire à 11^h,2' du soir; il était composé de 28 wagons. Le poids de ce train était de 157 tonnes, il était, par conséquent, bien inférieur à la charge normale de la machine dont il s'agit. L'arrêt du train à Moulins est de 18 minutes; le mécanicien piqua le feu, prit de l'eau comme c'est l'usage, puis il fut employé à faire diverses manœuvres sur les voies de garage. Il partit à 11^h,30', c'est-à-dire après un stationnement total de 28 minutes et un retard de 10 minutes sur l'heure réglementaire; il poursuivit alors sa route sur la voie descendante, dont le profil ne présente aucune difficulté à surmonter (*).

Le train était seulement à 2,9 kilomètres de distance de la gare de Moulins lorsqu'on entendit une violente détonation: la locomotive venait de faire explosion au moment où elle allait franchir le petit pont en dessus, dit pont du Rigolet, situé au kilomètre 309.600.

Cette explosion avait entraîné la chute de ce petit pont en tôle, composé simplement de deux poutrelles en tôle supportant le tablier, et cette circonstance extraordinaire était venue aggraver les résultats de l'explosion (fig. 7, Pl. IX).

État des lieux. — En effet, les débris du pont avaient barré la voie entre les culées en maçonnerie; le tender et tout le reste du convoi, retardés un instant dans leur marche par la secousse, rencontrèrent cet obstacle infranchissable contre lequel vint s'appuyer et se dresser le tender. Le fourgon de tête et huit wagons après lui s'écrasèrent contre le

(*) En quittant le palier de la gare de Moulins, le train avait à monter une rampe de 3 millimètres qui n'a pas 1 kilomètre de longueur; puis il rencontre une série de pentes ou de paliers sur une étendue de plus de 20 kilomètres.

tender; le reste du convoi demeura sans avarie sur les rails.

Le convoi portait cinq personnes, y compris le mécanicien et le chauffeur.

Le mécanicien ne fut retrouvé qu'après quelques recherches; il était couché sur la voie (n° 1 *fig. 7*, Pl. IX), renversé en arrière, la face tournée vers le ciel, et caché sous les débris des voitures. L'examen du cadavre montra que la mort avait dû être instantanée.

Le chauffeur (n° 2 *fig. 7*) avait été lancé dans un champ de la rive droite par derrière la palissade, bien que la voie fût bordée en ce point par un talus de 2 mètres de hauteur; il était couvert sur tout le corps de brûlures affreuses qui ont mis longtemps sa vie en danger. Ce n'est qu'un mois plus tard qu'on put l'interroger, et qu'il donna sur les circonstances de l'explosion les renseignements que nous rapporterons plus loin.

Le chef de train, placé dans la vigie du fourgon de tête, fut au contraire lancé en avant et retrouvé sur la berge gauche, en dehors du fossé (n° 3 *fig. 7*).

Les deux gardes-freins, placés au milieu et à la queue du convoi, avaient seulement éprouvé une violente secousse. Aucun de ces trois agents n'avait de blessures graves, mais ils ne pouvaient fournir aucun renseignement, et l'état du chauffeur paraissant désespéré, il semblait qu'il ne restât que l'inspection des débris pour jeter quelque lumière sur la cause de ce malheureux événement.

La locomotive était couchée sur le côté droit dans l'entrevoie (au point n° 4 *fig. 7*), à 25 mètres en avant du pont, la partie antérieure légèrement engagée dans le ballast. Un peu en arrière, sur la voie gauche, se trouvait (au n° 5 *fig. 7*) un trou assez considérable. Les deux rails de la voie gauche étaient, en cet endroit, enlevés et tordus; l'un d'eux, le rail intérieur, sans aucun doute, était si fortement ployé que ses extrémités se rapprochaient et qu'il

présentait la forme d'un demi-cercle (*). Entre le pont et la locomotive, le ballast était intact, il ne présentait aucune trace des sillons profonds qu'auraient nécessairement creusés les roues de la locomotive, si elle s'était traînée sur le sol jusque-là après avoir déraillé. Il était donc évident que la locomotive, enlevée par l'explosion, avait été lancée, sans toucher terre, jusqu'au point où la voie gauche était démolie, ce qui s'accorde avec la déformation profonde des rails et avec le trou observé en cet endroit, et que le contre-coup l'avait renvoyée en avant sur l'entrevoie au point où elle gisait. En avant de la locomotive se trouvait projetée la cuvette des soupapes, retenue encore par la tige du régulateur; la fonte s'était brisée circulairement à partir de son embase, retenue sur la locomotive par les écrous qui la fixent. La cheminée de la locomotive était sur le talus de la voie gauche, à peu près à la hauteur de la locomotive.

Détermination du point où l'explosion s'est produite. — Le point où se trouvait la locomotive au moment de l'explosion peut être déterminé avec précision. En effet, en examinant la voie droite, lorsqu'elle fut débarrassée des débris de wagons qui la couvraient, on ne la trouva nullement dérangée, sauf en un point où les deux rails se trouvaient cassés net, à la même hauteur. L'explosion ayant dû avoir pour premier effet de soulever brusquement la locomotive par l'arrière, la rupture de ces rails doit être attribuée à la pression exercée subitement par les roues d'avant. On avait, du reste, des témoignages plus certains encore: c'étaient les accessoires du foyer, lance à feu, barreaux de grille (n°s 11, 12, 13, *fig. 7*), projetés sur la rive droite suivant une bande étroite perpendiculaire à la voie. Quelques barreaux de grille avaient été lancés jusqu'à 50 mètres de distance de la voie, mais l'un d'eux s'était enfoncé

(*) 1^m,72 de flèche sur 2^m,50 de corde.

comme une flèche dans le talus, de façon qu'un tiers à peine de sa longueur était visible, et comme la direction était perpendiculaire à la voie, il est évident que l'explosion avait eu lieu précisément en cet endroit, situé à 26 mètres en arrière du milieu du pont; le trou observé dans la voie gauche, se trouvant à 12 mètres au delà du même point, il en résulte que la locomotive, dont le poids est de 31,5 tonnes, a franchi en l'air une distance de 38 mètres avant de toucher le sol pour la première fois, et qu'elle a été projetée à une distance totale de 53 mètres.

État de la locomotive après l'explosion. — La machine avait naturellement subi de profondes avaries.

Du côté de l'avant, les portes de la boîte à fumée étaient arrachées, le haut de la boîte à fumée était ployé en deux de l'extérieur à l'intérieur, comme s'il eût reçu un coup frappé suivant l'axe vertical de la locomotive.

Le seuil de la boîte à fumée portait sur le côté droit une empreinte creuse, demi-circulaire, fortement accusée et qui correspondait par sa forme et ses dimensions à l'empreinte du champignon d'un rail.

Les chasse-pierres, la traverse d'avant, les tampons étaient dispersés parmi les débris; les tampons portaient la trace du choc qu'ils avaient reçu, les tiges étaient arrachées et tordues; la traverse d'avant, dont le côté droit avait disparu, était réduite en menus fragments longitudinaux qui n'étaient retenus que par l'extrémité gauche demeurée intacte.

A l'arrière, le tablier de la machine avait été enlevé; on le retrouva avec le tender et les débris du pont. Tout ce qui était situé en arrière de la paroi verticale du foyer avait été rasé et les longerons se trouvaient cassés à cette hauteur. En haut et à gauche, à peu près à la place du tube indicateur, la paroi en tôle offrait une ouverture de 0^m,45 de hauteur sur 0^m,10 de largeur; les bords en étaient retournés en dedans et dans une direction telle qu'il était impossible

d'attribuer cette déchirure à l'action de la vapeur. Sur une partie de leur étendue, ils présentaient une tranche lisse et nette, comme s'ils avaient été coupés par un ciseau agissant du dehors au dedans. Après de cette ouverture, la surface extérieure de la tôle présentait plusieurs traces rectilignes fortement empreintes dans le métal et analogues à des coups de burin. La porte du foyer avait été arrachée; le manomètre et les balances, retrouvés au travers des débris et presque méconnaissables, ne fournissaient aucune indication utile.

Les pièces extérieures de la machine, sauf l'avant du cylindre droit qui avait heurté le sol, de même que l'enveloppe extérieure du corps de la chaudière, ne présentaient aucune déformation considérable, et lorsqu'on eut redressé et remis la machine sur la voie, on la remorqua sans difficulté jusqu'à la gare de Moulins.

État du foyer et des entretoises. — L'intérieur du foyer présentait un aspect intéressant: le ciel s'était rabattu contre la plaque tubulaire, emportant toutes ses armatures, en tournant autour de l'arête supérieure de la plaque tubulaire comme autour d'une charnière. Dans ce mouvement, il avait entraîné avec lui de chaque côté une partie des faces latérales; une autre portion de ces parois, se déchirant après avoir été détachée des entretoises, était restée sur les côtés; mais l'impulsion avait été si violente que ces lambeaux, malgré leur épaisseur considérable (11 millimètres), s'étaient enroulés complètement sur eux-mêmes, de façon à former des cylindres dont le diamètre intérieur n'était que de 3 centimètres. Du côté de l'arrière, une portion de la paroi en cuivre pendait rabattue comme un tablier devant la porte du foyer; cette portion avait 8 centimètres de longueur sur la largeur de la porte et 0^m,25 sur les deux côtés (*fig. 1*). L'autre portion de cette paroi, entraînée par le ciel, était repliée en S et pincée entre cette surface et la plaque tubulaire (*fig. 2 et 3*).

Il est évident, d'après cela, qu'au moment de l'explosion la paroi en cuivre a cédé et s'est gonflée vers l'intérieur, suivant une ligne horizontale correspondant presque exactement à la deuxième rangée de rivets. S'il en avait été autrement, si l'arrachement avait commencé par le haut, il est clair que le lambeau de cuivre entraîné par le ciel serait resté en avant et qu'il n'aurait pas été saisi et rabattu contre la paroi tubulaire, dans la position que représentent les *fig. 2 et 3*.

En examinant les dessins des faces latérales du foyer (*fig. 2 et 3*) ou la face postérieure du foyer (*fig. 1*), on est frappé de la symétrie remarquable qu'elles présentent, symétrie qui s'étend même aux détails des déchirures et aux singuliers enroulements dont nous avons parlé.

Les armatures du ciel n'avaient pas bougé, les petites cornières placées sous leur extrémité postérieure étaient convenablement disposées; la paroi en cuivre, mesurée en divers points, avait une épaisseur égale ou supérieure à 11 millimètres et par conséquent bien suffisante; le métal des entretoises aussi bien que des parois planes était d'excellente qualité, et la construction paraît irréprochable sous tous les rapports.

L'état des entretoises donnait lieu à des observations importantes: sur les côtés, elles étaient restées exactement à leurs places respectives, sans déformation; le pas de vis qui était engagé dans la paroi en cuivre était intact; il est remarquable que si l'on examinait dans la partie rabattue les trous de la paroi en cuivre correspondant à ces entretoises, on trouvait également le filet du pas de vis déformé mais sans aucun arrachement.

Sur la face postérieure, un nombre considérable d'entretoises appartenant aux première, deuxième et troisième rangées de rivets se trouvaient rompues antérieurement à l'accident; la surface de rupture était terne et lisse, elle contrastait avec l'aspect grenu et brillant des nombreuses

surfaces d'arrachement qui fournissaient, tout autour, des termes de comparaison. Du reste, en les examinant de plus près, on observait sur la tranche de la cassure des incrustations calcaires plus ou moins abondantes, suivant leur ancienneté mais qui ne permettaient aucun doute. La rupture avait toujours eu lieu à ras de la plaque de tôle ou de la plaque de cuivre et à peu près en nombre égal de part et d'autre. Sur 17 entretoises, il y en avait 8 rompues à ras de la paroi extérieure en tôle et 9 à ras de la paroi intérieure en cuivre.

Ces 17 entretoises se trouvaient ainsi réparties entre les diverses rangées.

	ENTRETOISES	
	rompues.	intactes.
Première rangée.	6	4
Deuxième rangée.	9	1
Troisième rangée.	2	8
Totaux.	17	13

Le nombre des entretoises étant de 10 sur chaque ligne horizontale, on voit que la paroi intérieure du foyer était presque complètement dégarnie de ses appuis sur toute l'étendue de la deuxième rangée.

Causes de la chute du pont. — La chute simultanée du pont, les déformations singulières que portait la locomotive aux faces extérieures d'avant et d'arrière étaient des circonstances peu ordinaires, et il se produisit, pour en rendre raison, plusieurs hypothèses qu'un examen approfondi a fait disparaître. Nous n'en citerons qu'une seule parce qu'elle s'appuyait sur des faits qui paraissaient avoir quelque importance. Des témoins, arrivés sur les lieux immédiatement après l'accident, affirmèrent, d'une part, que le frein du tender était serré à fond, de l'autre, que le levier

de changement de marche était à cinq crans sur la marche en arrière. Ne pouvait-on supposer d'après cela que le mécanicien, apercevant quelque obstacle sur la voie, peut-être le pont déjà écroulé, avait essayé d'arrêter le convoi; qu'il en était résulté un déraillement, puis une explosion à la suite du choc violent et du désordre qui en étaient résultés? Il eût été difficile dans cet ordre d'idées de rendre compte de la position occupée par la machine au delà des débris du pont; mais, du reste, une étude plus attentive fit bientôt perdre aux renseignements même sur lesquels s'appuyait cette explication la valeur qu'ils paraissaient avoir au premier abord. Ainsi, le secteur de marche avait brisé son attache du côté de l'arrière, il se trouvait décalé et écarté de sa position normale; le levier de marche était faussé et tordu, de façon à rendre impossible tout mouvement de la manette. Il était évident que toutes ces pièces avaient été déplacées, violemment ébranlées par la secousse et qu'on ne pouvait rien déduire de leur position relative. Quant au tender, l'essieu d'avant avait également été faussé par l'explosion et refoulé sur l'arrière, en sorte qu'il était impossible de faire marcher la vis de serrage, bien qu'il ne fut pas établi qu'elle était serrée à fond.

Du reste, n'était-il pas manifeste que le mécanicien aurait sifflé aux freins s'il s'était vu en face d'un danger imminent qui l'eût obligé à faire serrer le frein et à renverser la vapeur? Or les témoignages s'accordaient sur ce point que la marche du convoi était parfaitement régulière et qu'elle n'avait présenté aucun incident jusqu'au moment de l'explosion.

Restait encore à savoir comment le pont avait été arraché à ses supports, et la première explication qui se présenta à l'esprit fut que la locomotive s'enlevant en l'air l'avait heurté et renversé. Cependant il ne paraît pas possible que les choses se soient passées de la sorte. L'intrados du pont se trouve à 4^m,97 de hauteur au-dessus des rails; cette hau-

teur est considérable, il est vrai, mais à cet égard on ne saurait affirmer que la locomotive n'ait pu s'élever jusque-là, et c'est dans un autre ordre de considérations que nous devons chercher des preuves.

Et d'abord si le corps de la locomotive, dans son mouvement de projection en avant, avait rencontré les poutrelles du pont, la masse de celles-ci et du tablier qu'elles supportaient étant bien inférieure à celle de la machine, lancée en avant par l'effet d'une impulsion très-puissante, il est vraisemblable que toutes les pièces du pont auraient été elles-mêmes projetées en avant et qu'on les aurait retrouvées à quelque distance des culées, tandis qu'elles ne dépassaient pas sensiblement la section de la voie occupée par les maçonneries. Ces poutrelles, formées par une seule feuille de tôle maintenue verticalement par des cornières, n'offrent de résistance que dans le sens vertical; elles auraient été déformées et infléchies si elles avaient reçu par le côté un choc aussi violent, et il devrait être facile de distinguer le point qui aurait reçu le coup. Or il n'en est nullement ainsi: les deux poutrelles sont rompues presque exactement en leur milieu comme cela devait arriver si le pont était tombé tout entier sur le sol ou plutôt s'il était soumis à quelque effort considérable s'exerçant sur toute sa surface (*fig. 6*).

Si ce choc avait eu lieu, on devait également en retrouver la trace sur la locomotive elle-même en examinant soit les parties saillantes, telles que la cheminée ou le dôme de prise de vapeur, soit l'enveloppe du corps cylindrique. Les recherches à cet égard donnaient également un résultat négatif.

Enfin il était impossible d'expliquer ainsi la singulière déchirure produite à l'arrière de la locomotive qui ne pouvait avoir été causée ni par les pièces du pont, puisqu'elles ne présentent que des surfaces courbes ou rectilignes et non des angles aigus, ni par les pièces appartenant au tender ou au convoi lui-même.

C'est vraisemblablement la vibration de l'air, causée par l'explosion, qui a déterminé la chute immédiate du pont. Cette vibration, analogue à celle que cause l'explosion d'une poudrière, a été si violente que les herbes qui couvraient le talus ont été couchées à ras du sol, jusqu'à une distance assez considérable en arrière du pont. Ce pont, composé d'un tablier garni latéralement et en dessous par les deux poutres de support, formait une sorte de boîte ouverte par le dessous. La commotion causée par l'explosion elle-même, le dégagement presque instantané d'une grande quantité de vapeur, soit au moment même de l'explosion et à une aussi faible distance, soit pendant le trajet effectué en l'air par la machine, étaient bien suffisantes pour soulever le pont, ce qui n'exigeait pas une très-grande force en raison de sa forme, de l'étendue de sa surface inférieure, de sa légèreté.

L'extrémité de chaque poutrelle en tôle reposait sur une console formant saillie de 4 centimètres seulement sur la face intérieure de la culée; elle n'était maintenue dans cette position que par le poids même du pont. Il ne fallait donc pas un effort bien considérable, s'exerçant de bas en haut, pour briser le pont en son milieu et pour le détacher de ses supports comme cela est arrivé.

Origine de la déchirure de la paroi postérieure en tôle. — La chute du pont ayant eu lieu immédiatement après l'explosion, ses débris sont retombés au moment où la locomotive allait passer au delà. La machine, par suite de l'écrasement du ciel du foyer avait l'arrière relevé; l'angle du milieu de l'une des poutrelles rompues est retombé sur la face postérieure et l'a déchirée du haut en bas. Le mouvement de la locomotive, aussi rapide que celui de la chute du pont, a empêché que la déchirure n'allât plus loin et explique les entailles dans la tôle analogues à des coups de burin, dirigés également du haut en bas, que nous avons signalés dans le voisinage de cette déchirure.

Causes de l'explosion. — Quant à l'explosion ou, si l'on veut, à la chute du ciel du foyer, elle me semble suffisamment expliquée par le fait de la rupture antérieure de quelques-unes des entretoises placées au-dessus de la porte du foyer et qui relie en arrière la paroi en tôle et la paroi en cuivre. Cette partie des locomotives est, en effet, soumise à des efforts considérables et d'une nature toute particulière. En effet, le ciel du foyer présente une paroi plane rendue rigide à l'aide d'armatures; elle supporte, en raison de son étendue, et du nombre d'atmosphères, une charge qui n'est pas inférieure à 100.000 kilogrammes. Ce poids se trouve réparti uniquement sur les parois antérieure et postérieure du foyer. Quant aux faces latérales, comme les armatures latérales extrêmes reposent à une certaine distance de la projection horizontale de ces parois, il est difficile d'admettre que celles-ci contribuent bien efficacement à soutenir une portion de cette énorme charge. La paroi antérieure ou plaque tubulaire est renforcée dans son épaisseur; elle est encore consolidée par les tubes et par les viroles de serrage et il n'y a rien à craindre de ce côté, mais du côté de l'arrière, il s'exerce sur la tranche de cette paroi verticale un effort de 50.000 kilogrammes (moitié de la pression totale). Cet effort doit se transmettre sur toute la hauteur de la paroi du foyer qui a 1^m,50, et il n'est équilibré qu'à la base du foyer sur le cadre qui lui sert de support. Si l'on songe que cette paroi n'a que 11 à 12 millimètres d'épaisseur, on conçoit *a priori* qu'elle ne peut résister à la charge de 4 à 5.000 kilogrammes par décimètre courant qu'elle supporte qu'à la condition d'être maintenue dans un état de rigidité absolue. Les entretoises remplissent cette fonction et, sous ce rapport, cette paroi se trouve placée dans les conditions semblables à celles des feuilles de tôle employées habituellement dans les constructions, dans les ponts en tôle, etc. Mais il y a une différence essentielle dans l'espèce qui nous occupe : les entretoises

doivent encore maintenir la rigidité de la paroi en cuivre malgré la pression latérale de $7^k,231$ par centimètre carré qui tend à l'écartier de la paroi en tôle. La différence de dilatation des parois en cuivre et en fer les soumet en outre à des tractions répétées qui les fatiguent; si quelques-unes de ces entretoises viennent à se rompre par suite d'une cause quelconque, il en résultera nécessairement une légère convexité à l'intérieur. Cette déformation aurait déjà quelque importance au point de vue de la pression latérale, mais la rigidité se trouvant détruite, l'équilibre ne peut plus exister, la pression verticale de 4.500 kilogrammes par décimètre courant, combinée d'ailleurs avec la pression latérale dont l'action n'est pas suspendue, doit avoir pour résultat l'écrasement subit de cette paroi déformée et le rabattement du ciel contre la plaque tubulaire (*).

Or, lorsque nous avons décrit l'état du foyer, nous avons montré que sur 20 entretoises composant la première et la deuxième rangée, 15 se trouvaient rompues antérieurement à l'accident, et que 9 sur 10 de la deuxième rangée se trouvaient dans ce cas. On conçoit facilement que la feuille de cuivre, n'étant plus maintenue par les entretoises et étant refoulée horizontalement par la pression de la vapeur, a dû nécessairement s'infléchir vers l'intérieur suivant la ligne horizontale de cette deuxième rangée, ce qui a déterminé l'abaissement immédiat du ciel du foyer.

Nous trouvons une confirmation de cette explication dans la forme de la surface de cuivre serrée entre le ciel rabattu et la plaque tubulaire; il fallait, en effet, que la paroi postérieure du foyer fût bombée avant l'explosion, suivant une ligne horizontale, correspondant à cette rangée de rivets,

(*) On peut appliquer le calcul à ces données et montrer que la flèche suffisante pour produire la rupture a une valeur numérique excessivement petite, ce qui la rend, en pratique, tout à fait inappréciable.

pour qu'elle fût reployée dans la position qu'elle occupe.

Nous en trouvons encore la preuve dans la ligne de la déchirure de la paroi postérieure du foyer qui correspond précisément sur les côtés aux entretoises rompues, comme on peut le voir sur la *fig. 1*, (entretoises n^{os} 2, 3, 5 et 7).

Cette cause première de l'explosion est d'ailleurs la seule qui soit plausible; il n'est pas douteux que la locomotive était largement pourvue d'eau, et l'explication que l'on cherche péniblement pour des cas analogues (*) dans le défaut d'alimentation ne peut être invoquée ici, car il est bien certain qu'en arrivant à Moulins, le mécanicien avait rempli sa chaudière.

La pression que pouvait avoir la vapeur au moment de l'accident est l'objet d'une contestation actuellement soumise aux tribunaux; mais alors même que le mécanicien aurait dépassé la pression réglementaire, ce qui n'est rien moins qu'établi, il n'aurait fait que hâter le moment d'une explosion qui était tout à fait imminente et que devait nécessairement amener la rupture antérieure d'un grand nombre d'entretoises au-dessus de la porte du foyer (**).

(*) Je citerai, pour exemple, l'explosion d'une locomotive à Laybach dont il est rendu compte dans les *Annales des mines* (6^e série, tome I^{er}, page 637), d'autant mieux que, dans cette explosion, le foyer s'est déchiré exactement comme dans celle dont nous nous occupons, et que les effets ont été fort analogues. D'ailleurs, l'auteur de cette notice ne paraît pas complètement édifié sur la cause qu'il indique (le défaut d'alimentation), « il attend du mécanicien » et du chauffeur des renseignements plus précis. » il pense que l'expansion subite de la vapeur suffirait difficilement à expliquer la projection de la chaudière à une aussi grande distance que celle qui a été alors observée. L'exemple que fournit l'explosion de la locomotive n^o 1522 ne permet guère de partager ce doute.

(**) Le ministère public avait mis en cause le chef du dépôt auquel appartenait la machine n^o 1522, se fondant sur des témoignages qui tendaient à établir que cette locomotive se trouvait dans

§ 2. De la rupture des entretoises et du calage des soupapes considérés comme cause d'explosion.

La rupture des entretoises est un fait tellement fréquent qu'on est en droit de s'étonner que les accidents, qui en doivent être la conséquence, ne soient ni plus nombreux ni plus graves.

Il n'est pas douteux que ces ruptures ne soient dues, comme on l'a indiqué, à la différence de dilatation des parois en fer et en cuivre reliées par les entretoises.

En effet, si l'on désigne par

$l = 0^m,10$ la longueur moyenne de l'entretoise, c'est-à-dire sa saillie en avant de la paroi en tôle dans laquelle elle est encastrée;

$r = 0^m,009$ le rayon du cylindre sur lequel s'enroule le filet;

$P_1 =$ le poids de rupture;

$E =$ le coefficient d'élasticité;

Et $\frac{RI}{n}$ le moment de rupture,

on sait que la valeur du poids de rupture est donnée par l'équation,

$$P_1 l = \frac{RI}{n} \quad \text{ou} \quad P_1 = R \frac{\pi r^3}{4l}, \quad (1)$$

et que la flèche f correspondant à un poids quelconque P résulte de la formule

$$f = \frac{4Pl^3}{3\pi Er^3}, \quad (2)$$

un mauvais état d'entretien. La Compagnie, par l'organe de son défenseur, a soutenu que les soupapes avaient été calées et que le mécanicien avait été victime de sa propre imprudence.

Si l'on remplace les lettres par leur valeur numérique :

R par 21.000.000;

E par 15.100.000.000 (*),

on trouve que le poids de rupture

$$P_1 = 120 \text{ kilog.}$$

D'autre part, la température de l'eau correspondant à une tension effective de 7 atmosphères est de 172°. Les coefficients de dilatation du cuivre et du fer étant respectivement de 1/582 et de 1/819 (**), et la hauteur du foyer étant de 1^m,504, le déplacement relatif de l'arête supérieure du foyer par rapport à l'arête correspondant de la paroi en tôle est au minimum de

$$1,504 \times 1,72 \left(\frac{1}{582} - \frac{1}{819} \right) = 0^m,0013.$$

Si l'on introduit cette valeur de $f = 0^m,0013$ dans la formule (2) on en déduit :

$$P = 262^k,892.$$

Cette flèche correspond donc à l'action d'un poids bien supérieur au poids déterminant la rupture (120 kilog.), et il est probable que si celle-ci n'a pas lieu aussi facilement, c'est que l'encastrement n'est pas absolu et que les parois dans lesquelles est engagée l'entretoise par ses deux extrémités, se prêtent à une légère déformation qui réduit la valeur réelle de la flèche; mais il n'en est pas moins vrai qu'il y a une tension considérable, et que cet effort constamment répété doit amener la rupture de l'en-

(*) D'après les tableaux de M. Poncelet, cités dans les Formules, Tables, etc., par Claudel.

(**) Tables de Lavoisier et Laplace, de 0 à 100°.

tretoise à la surface de l'une ou de l'autre des parois dans lesquelles elle est encastrée, comme on l'observe habituellement.

Les entretoises en fer forgé, que quelques constructeurs considéraient comme plus avantageuses, paraissent au contraire condamnées par l'expérience (*). Et en effet, si le calcul, fondé sur les données et les coefficients ordinaires, conduit à des résultats différents, l'action du mâtage, de la chaleur, de la trépidation doivent rapidement changer la nature du fer et le rendre aigre et cassant.

Le choix du cuivre employé pour la confection des entretoises mérite d'appeler toute l'attention des constructeurs de locomotives, et des essais du métal faits avant son emploi, en vue de constater son élasticité, ont une grande importance pour assurer la résistance du foyer et son bon usage.

Il serait intéressant de provoquer un examen particulier des chaudières des locomotives lorsqu'on descend leur foyer pour cause de grande réparation, et de conserver des notes exactes sur l'état des entretoises qui ont été rompues pendant le service sans qu'on s'en soit aperçu. Ces faits ne sont pas rares, mais ils disparaissent dans le mouvement rapide des ateliers et leur étude fournirait sans doute des renseignements utiles sur cette partie importante de la construction des locomotives.

Nous joignons à notre rapport un dessin (fig. 5) représentant l'état d'une locomotive (n° 1514) appartenant à la même série que la machine n° 1522, et dont on a dû réparer le foyer vers la même époque, pour une cause analogue à celle qui a déterminé l'explosion du 10 novembre 1862.

(*) Voir le rapport de M. Le Bleu, ingénieur des mines, et l'avis de M. Couche, ingénieur en chef des mines sur l'explosion de la locomotive n° 262 (*Annales des mines*, tome XX, page 509).

La partie supérieure de la paroi de la porte du foyer s'était infléchie vers l'arrière en formant une courbe dont la flèche, au milieu, était de 0^m,115; mais, en même temps, le cuivre avait cédé et présentait dans l'angle de la cornière une fente par laquelle la vapeur devait s'échapper : cette machine a dû immédiatement rentrer aux ateliers de Paris.

En examinant l'intérieur de la chaudière, après que le foyer eût été descendu, on trouva 5 entretoises rompues d'ancienne date, à ras de la paroi en cuivre du foyer, dont trois sur la rangée supérieure (*).

On a soumis la locomotive à un essai au moyen de la presse hydraulique; on a atteint un instant la pression de 15 atmosphères, que l'on n'a pu dépasser en raison des fuites d'eau qui avaient lieu au travers de la fente. Cette épreuve n'a présenté aucun résultat digne d'être mentionné.

L'état de cette locomotive offre des analogies remarquables avec celui de la machine n° 1522. Si le cuivre ne s'était pas fendu dans la cornière, cette légère déflexion dans une paroi dont l'examen est presque impossible pendant le service, aurait peut-être passé inaperçue, et le moindre excès de pression aurait pu déterminer une explosion semblable à celle du n° 1522.

Peut-être y avait-il, indépendamment des 5 entretoises rompues à ras du cuivre, d'autres rompues à ras de la tôle comme dans la locomotive n° 1522, mais il n'était pas possible de s'en assurer.

D'ordinaire, la rupture des entretoises s'annonce par un boursoufflement de la paroi du foyer à l'intérieur: cette déformation est sans doute facilitée par la dilatation du cuivre et par la différence de température qui existe entre ses deux faces placées au contact, l'une, des gaz chauds du foyer, et

(*) Elles sont figurées en noir (fig. 5).

l'autre, de l'eau de la chaudière (*). Mais cette déformation, lorsqu'on s'en aperçoit, a presque toujours une certaine étendue correspondant à un nombre assez considérable d'entretoises qui ont toutes été rompues, et il suffit que quelques-unes résistent pour que la paroi se maintienne plane, bien qu'elle soit dans un état d'équilibre tout à fait instable. Dans certains cas même, on a peine à concevoir que le foyer, étant si mal soutenu, ait pu faire encore un certain service. On pourrait en citer de nombreux exemples : le plus remarquable, peut-être, est celui qui a été rapporté à l'occasion de l'explosion de la locomotive n° 242 du chemin de fer de l'Est (**). Cette locomotive avait été construite en 1856 ; à la fin de l'année 1860, on avait visité les armatures du ciel du foyer, qui avaient été reconnues en bon état ; en juin 1861, un chef de dépôt visita lui-même cette machine, dont le foyer fut trouvé dans de bonnes conditions ; cependant elle fait explosion le 17 août de la même année, et on constate alors que depuis longtemps un grand nombre d'entretoises étaient rompues. « Sur les 120 entretoises de la face gauche du foyer, 41 présentaient des traces de ruptures très-anciennes et ne servaient évidemment plus à rien avant le 17 août ; 53 entretoises de la face droite et 27 de la plaque de la porte étaient dans le même cas.... Sur les 70 entretoises supérieures de la face gauche du foyer, il n'y en avait plus que 21 réparties très-inégalement pour résister à l'action

(*) On a observé dans les ateliers de la compagnie de Lyon des foyers dont les parois intérieures étaient bombées dans l'intervalle des entretoises, et offraient une surface en quelque sorte capitonnée. Ce résultat, assez rare d'ailleurs, doit sans doute être attribué aux effets de la chaleur et de la dilatation plutôt que de la pression de la vapeur, mais il peut n'être pas sans influence sur la solidité du foyer, comme on le verra en se reportant à ce que nous avons dit plus haut sur l'importance de la rigidité absolue des parois et sur la faible valeur de la flèche, suffisante pour déterminer la rupture.

(**) Rapport déjà cité, tome XX, page 509.

« de la vapeur, et encore quelques-unes d'entre elles ne représentaient plus qu'une section de quelques millimètres carrés ; car elles étaient en grande partie corrodées » (ces entretoises étaient en fer).

Dans une circonstance analogue, on a dû soumettre à un examen minutieux la locomotive n° 77 appartenant à la compagnie de l'Est. On a pratiqué une ouverture dans l'une des parois latérales du foyer, et on a constaté ainsi qu'il y avait un nombre considérable d'entretoises rompues anciennement, comme le prouvaient les incrustations calcaires qui recouvraient la cassure ; néanmoins, cette paroi était à peine déformée. (Rapport inédit de M. de Billy, inspecteur général des mines, du 19 mars 1857.)

Lorsque la locomotive n° 1522, après l'explosion, fut rentrée aux ateliers, on enleva tout le dessus du foyer, de façon à mettre les parois latérales complètement à découvert : on pouvait alors les visiter avec une facilité que l'on est loin de rencontrer dans la pratique et en découvrir les moindres défauts. Cet examen fut fait, en ma présence, avec le plus grand soin, par les personnes les plus compétentes ; aucun signe extérieur n'annonçait qu'une seule entretoise eût cédé dans les parties que l'explosion avait respectées ; ce n'est qu'en démontant le foyer qu'on s'aperçut que 8 entretoises, formant un groupe assez compacte, se trouvaient rompues de vieille date dans la partie inférieure de la plaque tubulaire ; ces 8 entretoises étaient cassées, comme d'usage, moitié du côté de la tôle, moitié du côté du cuivre.

Le moyen habituellement recommandé pour vérifier l'état des entretoises par la percussion du marteau est peu praticable, et son efficacité est très-douteuse ; le seul fait certain, c'est que le foyer d'une locomotive examinée à froid peut paraître en parfait état, tandis qu'il est réellement dans un état de ruine imminente, qui peut amener son explosion

pour le moindre incident, lorsque la machine sera en pression.

Pour remédier à ce grave inconvénient, la seule disposition qu'on ait proposée jusqu'à présent consiste à disposer transversalement les armatures du foyer, et en outre, comme la maison Cail l'a déjà fait, à faire supporter l'extrémité des armatures sur des cornières solidement rivées aux parois extérieures de la boîte en tôle (*). Cette disposition, quoique bien motivée à certains égards, permet cependant quelques objections.

Avec la disposition actuelle des armatures, on possède dans la plaque tubulaire une paroi renforcée, qui offre une résistance très-grande, et on peut dire que de ce côté la sécurité est complète. Du côté de l'arrière, les armatures qui entourent la porte du foyer sont un moyen puissant de consolidation qui rend solidaires les parois intérieure et extérieure et amortit la charge verticale. On perd ce double avantage en disposant les armatures transversalement, et s'il est vrai qu'on diminue la charge par mètre courant, cette charge, encore très-considérable pour une paroi si mince, ne s'équilibre que sur le cadre du foyer après avoir traversé en quelque sorte chaque paroi sur toute sa hauteur; elle agit presque entière sur la partie inférieure soumise à une température excessive et dont la résistance doit être bien diminuée par l'action du coke incandescent.

Essaie-t-on de soulager les parois intérieures du foyer en rattachant les armatures à la partie supérieure de la chaudière, comme dans certains modèles de Sharp frères et de M. E. Gouin, ou en disposant les armatures transversalement et en faisant reposer leurs extrémités sur les cornières dépendant de la boîte à feu extérieure? alors même que l'ajustage à froid serait parfait, le ciel de la boîte à feu in-

(*) Voir sur ce sujet les *Annales des mines*, 6^e livraison de 1862, page 426.

érieure, dès que la machine est en feu, s'élève par l'effet des dilatations différentes emportant avec lui ses armatures; les parois latérales supportent tout le poids et l'appui qu'on voulait leur donner devient plus apparent que réel. Si, au contraire, l'on rend les armatures transversales solidaires des cornières qui les supportent, on s'oppose à l'effet de dilatation du cuivre, ce qui amène d'autres inconvénients.

Dans les nouvelles locomotives du chemin de fer du Nord, les armatures sont complètement supprimées, mais c'est là un type tout à fait exceptionnel.

On m'a signalé dans les ateliers de cette compagnie un système très-simple qui révélerait sûrement et sans retard la rupture d'une entretoise. Il s'agirait de forer un très-petit trou sur l'axe de chacune d'elles; il est clair que si une entretoise venait à se rompre, ce petit canal étant en communication avec la haute pression de l'intérieur de la chaudière, donnerait issue à l'eau ou à la vapeur et l'on serait immédiatement averti. La poussière qui s'accumulerait dans ces orifices suffirait sans doute pour empêcher l'accès de l'air dans le foyer, et du reste on pourrait y parer en arrêtant ce forage à une faible distance de la tête intérieure. Cette idée me paraît bonne et mériterait assurément d'être soumise à des essais réguliers; sa réalisation ne présente pas de difficultés sérieuses, et si l'on a à lui reprocher de diminuer quelque peu la force de résistance de l'entretoise, cela est largement compensé par l'avantage de pouvoir remplacer immédiatement toute pièce rompue. Il en résulte une sécurité complète sur l'état du foyer; quelques légères réparations faites en temps opportun éviteraient les réparations difficiles et coûteuses qu'il faut faire lorsqu'une paroi du foyer a soufflé, et qui laissent souvent quelque inquiétude après leur exécution.

Si la dilatation est la cause principale de la rupture des entretoises, il faut aussi faire une certaine part aux pressions

exagérées qu'amène parfois le calage des soupapes, et cela mérite d'autant plus d'appeler l'attention qu'on n'a, dans certains cas, aucun moyen de fixer, même approximativement la limite de la tension que peut alors acquérir la vapeur dans la chaudière.

Le calage des soupapes par les mécaniciens, surtout pour les trains de marchandises, est un fait qui n'est pas trop rare, et s'il est difficile de le constater officiellement, il n'en est pas moins avéré.

Ce n'est qu'à la dernière extrémité, et en cas d'accident, que le mécanicien, chargé de remorquer un train de marchandises, se décide à appeler du secours; cependant il est souvent pris au dépourvu, soit par l'état des rails et les variations atmosphériques, soit par les charges variables qu'on lui donne au passage, et ces difficultés sont accrues par les rampes, chaque jour croissantes, que comporte le profil des chemins de fer (*). D'autres fois, il est obligé de stationner longtemps dans de petites gares pour livrer passage aux trains qui le suivent; alors il cale ses soupapes voulant réserver une quantité de vapeur qui lui sera utile quelques instants plus tard, et, pour faire une économie insignifiante, il risque de fatiguer outre mesure la machine qui lui est confiée.

Du reste, les soupapes sont en général parfaitement disposées pour faciliter cette opération: le moindre morceau de fer, un crochet, au besoin une ficelle, suffisent en un moment pour condamner les soupapes sur leur siège. Si le mécanicien soupçonne une surveillance, il ouvre le robinet réchauffeur, la cale disparaît avec la même facilité qu'il avait eue à la mettre et il ne reste aucune trace. Ce qui est le plus fâcheux, c'est que dans ce cas, sur la ligne de Lyon,

(*) Le tracé de la ligne de Dôle à Pontarlier, exploitée par la compagnie de Lyon, présente des rampes très-longues de 20 millimètres.

le mécanicien n'est plus averti de la pression dans la chaudière. Les manomètres (système Bourdon) ne marquent que 9 atmosphères; les machines sont généralement timbrées à 8 et même à 9 atmosphères; il en résulte que, dès que la pression excède 9 atmosphères, ce qui est assez fréquent, l'aiguille étant arrivée à l'extrémité de sa course, on n'a plus aucun moyen de renseignement sur la pression; elle peut alors s'élever rapidement jusqu'aux dernières limites sans qu'on en sache rien (*).

L'intérêt public est d'accord avec l'intérêt bien entendu des compagnies pour exiger que la tension de la vapeur ait une limite réellement infranchissable, ou tout au moins que les excès momentanés de pression laissent une trace saisissable, car il est certain que les pressions exagérées se produisent fréquemment et qu'elles sont une cause, sinon d'accidents, à coup sûr de détérioration rapide du matériel. Pour obtenir ce résultat, il suffirait de le vouloir: on n'aurait qu'à choisir entre les divers moyens que l'esprit inventif de notre époque s'empresserait de fournir, si on lui faisait appel. On conçoit facilement, sans qu'il soit besoin de les décrire, les dispositions variées de sifflets d'alarme, de manomètre à maxima, de soupapes particulières qui peuvent être étudiées dans ce but. Il existe déjà des appareils qui paraissent très-satisfaisants: M. Couche a décrit, dans les *Annales des mines* (**), un manomètre à maxima dont l'application aux locomotives semblait n'offrir que des avantages, mais les espérances qu'il témoignait ne se sont pas

(*) Telle serait, d'après les agents de la compagnie, la cause essentielle de l'explosion de la locomotive n° 1522.

Il est évident qu'un manomètre, dont l'aiguille n'a qu'une faible course au-dessus du timbre de la chaudière, peut, dans certains cas, devenir une véritable cause de danger.

La compagnie de Lyon fait remplacer ces manomètres.

(**) *Annales des mines*, 6^e livraison de 1858, page 617.

réalisées, et l'appel qu'il adressait, en 1858, aux compagnies est demeuré jusqu'aujourd'hui sans succès.

La Compagnie de Lyon attribue l'explosion de la locomotive n° 1522 à l'habitude vicieuse qu'ont certains mécaniciens de caler leurs soupapes en trompant la surveillance de leurs chefs. Je ne partage pas cette opinion; mais puisque la Compagnie en paraît convaincue, il serait à souhaiter qu'un si malheureux événement la déterminât à adopter cet instrument ou tout autre analogue et à donner ainsi un utile exemple que les autres compagnies s'empresseraient de suivre.

DE L'ÉCHAPPEMENT DES LOCOMOTIVES.

ANALYSES ET EXTRAITS DE L'OUVRAGE ALLEMAND DAS LOCOMOTIVEN
BLASRIOR, ETC., DE M. ZEUNER, PROFESSEUR A L'ÉCOLE POLY-
TECHNIQUE FÉDÉRALE DE ZURICH.

Par M. PIRON, ingénieur des mines.

INTRODUCTION.

Sous ce titre : *De l'échappement des locomotives, recherches expérimentales et théoriques sur l'appel d'air que produit un jet de vapeur, et sur la force d'aspiration des veines fluides en général* (*), M. G. Zeuner, professeur de mécanique à l'École polytechnique fédérale de Zurich, vient de publier une étude qui appellerait l'attention par l'élégance de sa méthode et par la nouveauté des questions qu'elle aborde, si l'on n'y était frappé plus encore d'un caractère déjà remarquable dans d'autres publications du même auteur (**), la précision des résultats obtenus, la simplicité et l'utilité pratique des faits qui se dégagent de considérations extrêmement complexes.

M. G. Zeuner s'attache, en effet, à des questions d'hydrodynamique, dans lesquelles on était jusqu'ici presque sans guide. Il en dégage des solutions simples, d'une rigueur qui, sans être absolue sans doute, semble cependant suffisante en pratique; d'une netteté surtout qui en rend la vérification aussi facile qu'intéressante.

(*) Meyer et Zeller, à Zurich, 1865.

(**) *Die Schiebersteuerungen. — Grundzüge der Mechanischen Theorie der Wärme.*

Ses formules, déduites du calcul, et vérifiées par l'expérience, dans certaines limites et pour certaines hypothèses particulières; se présentent dès à présent comme applicables à plusieurs problèmes pratiques, dont un déjà, le plus important, celui de l'échappement des locomotives, est étudié avec détail par l'auteur lui-même. En même temps, elles font appel, sur les questions de tirage, si importantes en mécanique, à une série presque indéfinie de vérifications expérimentales et de recherches théoriques nouvelles.

A ce double point de vue, l'ouvrage de M. G. Zeuner nous a semblé mériter d'être signalé dans les *Annales*.

Cet ouvrage se compose de deux parties :

Dans la première, après avoir établi par le calcul les équations rigoureusement exactes de l'écoulement et de l'aspiration des fluides, l'auteur a cherché à ramener ces équations vraies à des formules approchées, moins exactes, mais plus simples et plus maniables; — puis, par une série d'expériences, il a étudié le degré de rigueur que comportent ses formules.

Dans la seconde, appliquant les résultats obtenus à l'examen de cet organe fondamental et essentiel des locomotives, l'échappement, il a examiné les conditions et posé la loi générale du tirage dans ces machines. — Au moyen de cette loi générale, il devient aisé de justifier un grand nombre de faits jusqu'à présent empiriques; on peut comparer sur des bases plus précises les divers systèmes d'échappement, on possède un guide pour établir de la manière la plus avantageuse les dimensions des divers organes qui concourent au tirage; enfin on calcule l'effet utile de cette vapeur autrement perdue qui, par le moyen de l'échappement, alimente et active la combustion.

Nous nous bornerons à analyser en quelques mots la première partie du traité de M. Zeuner; son caractère mathématique la rend facile à étudier, même aux personnes peu familiarisées avec la langue allemande, et d'ailleurs

l'Exposé des principes de la Théorie mécanique de la chaleur, par M. Ch. Combes, que publie en ce moment le *Bulletin de la Société d'encouragement* (1863-1864), présente sur ce sujet tous les développements nécessaires.

Nous avons, au contraire, traduit textuellement la seconde partie, celle qui traite de l'échappement même des locomotives: nous n'avons voulu altérer en rien le sens et l'originalité des conclusions de l'auteur, et chacun pourra apprécier l'utilité de ses résultats, la concordance de ses lois théoriques avec les faits que l'expérience a révélés et révèle encore tous les jours aux ingénieurs.

PREMIÈRE PARTIE,

CALCULS ET EXPÉRIENCES ÉTABLISSANT LES FORMULES GÉNÉRALES DE L'ÉCOULEMENT ET DE L'ASPIRATION DES FLUIDES.

1° Écoulement des fluides-

L'emploi des principes fondamentaux et incontestés de la théorie mécanique de la chaleur permet d'écrire et de discuter facilement, sous sa forme générale, l'équation de l'écoulement des fluides (*).

Cette équation, dans le cas simple des fluides non élastiques, dans le cas des liquides, prend la forme connue

$$\frac{w^2}{2g} = \frac{p_1 - p_2}{\gamma}, \quad (1)$$

où w est la vitesse d'écoulement;

p_1 la pression intérieure motrice;

p_2 la pression extérieure résistante;

γ la densité du liquide.

Pour les gaz permanents, on peut faire trois hypothèses principales :

(*) Voir le *Bulletin de la Société d'encouragement*, novembre 1863, pages 661 et suivantes: Exposé des principes de la théorie mécanique de la chaleur; par M. Ch. Combes.

1° Supposer la densité constante dans toutes les parties de la masse qui s'écoule : on a alors la formule des liquides

$$\frac{w^2}{2g} = \frac{p_1 - p_2}{\gamma};$$

2° Supposer la température entretenue constante pendant l'écoulement par le contact d'une somme de chaleur extérieure convenable.

C'est l'hypothèse de la loi de Mariotte, qui conduit, comme on sait, à une expression logarithmique de la forme

$$\frac{w^2}{2g} = \frac{p_1}{\gamma} \ln \frac{p_1}{p_2}.$$

3° Enfin supposer que le gaz s'écoule d'un vase imperméable à la chaleur, sans perdre ni recevoir de chaleur par le contact de corps étrangers.

Cette troisième hypothèse est évidemment celle qui se trouve le plus approximativement réalisée en pratique. Si on l'adopte pour base, et qu'on écrive la formule exacte à laquelle elle conduit, on reconnaît facilement que l'hypothèse première, traduite par la formule $\frac{w^2}{2g} = \frac{p_1 - p_2}{\gamma}$, donne à très-peu près les mêmes résultats que la formule exacte pour les cas ordinaires de la pratique où l'écoulement se fait sous une pression p_1 , peu différente de p_2 ; qu'au contraire la formule logarithmique donne des nombres sensiblement différents.

De ce double fait que l'écoulement gazeux a lieu d'ordinaire à très-peu près dans les conditions de la troisième hypothèse, et que cette hypothèse, en pratique, ne diffère pas sensiblement de la première, on conclut à l'emploi de la formule générale approchée $\frac{w^2}{2g} = \frac{p_1 - p_2}{\gamma}$, dans le cas des gaz comme dans celui des liquides.

(γ , s'il s'agit des gaz, représente la densité intérieure, correspondante à la pression p_1 .)

Pour la vapeur d'eau saturée, la question est plus difficile : on a proposé, pour en calculer l'écoulement, des formules diverses, basées tantôt sur l'hypothèse d'une température constante, tantôt sur celle d'une densité invariable, tantôt enfin sur l'hypothèse de la variation de la densité d'après la loi $\gamma = m + np$, n étant égal à 0,00004715, m à 0,14219121, valeurs fixes dans les limites ordinaires des expériences.

Toutes ces hypothèses s'éloignent plus ou moins des conditions ordinaires de la pratique.

Pour la vapeur comme pour les gaz, l'écoulement a toujours lieu sensiblement, sans afflux ni retrait de chaleur par aucune cause externe.

C'est donc là l'hypothèse vraie, celle qu'il faut exprimer par le calcul.

M. Zeuner établit dans ce cas l'expression générale de l'écoulement, expression assez complexe dans sa forme exacte, mais susceptible, si l'on veut s'en tenir à une approximation assez étroite d'ailleurs et très-suffisante en pratique, d'une simplification considérable.

Il la compare aux diverses formules proposées et reconnaît : 1° que celle basée sur l'hypothèse d'une température constante est tout à fait inexacte et doit être rejetée; 2° que celle qui fait varier la densité suivant la loi $\gamma = m + np$ (*) l'est à un moindre degré, mais a l'inconvénient d'être logarithmique; 3° enfin que celle basée sur l'assimilation de la vapeur aux liquides, c'est-à-dire sur l'invariabilité de la densité, et de la forme

$$\frac{w^2}{2g} = \frac{p_1 - p_2}{\gamma}$$

(*) Proposée par Redtenbacher, 1855, sous la forme

$$w = \sqrt{\frac{2g}{n} \ln \frac{k + np_1}{k + np_2}} \quad k = \frac{m}{n}$$

donne les résultats les plus voisins de ceux de la formule rationnelle et exacte, dans les cas où la pression intérieure d'écoulement ne diffère pas beaucoup de la pression extérieure.

γ , dans cette formule, est déterminé par l'équation déjà citée $\gamma = m + np$, mais à la condition toutefois d'altérer un peu les valeurs numériques ordinairement attribuées aux coefficients m et n et de faire pour les cas d'écoulement de vapeur d'eau

$$m = 1,39105,$$

$$n = 0,00002497.$$

La formule (1) est donc celle que M. Zeuner propose d'appliquer à la vapeur d'eau connue aux liquides et aux gaz.

Résumé. — Les conclusions de cette étude préliminaire sur l'écoulement des fluides sont les suivantes :

1° Établissement de formules générales rationnelles et exactes, et parallèlement de formules pratiques presque aussi rigoureuses, dans le cas général d'écoulement sous pressions quelconques.

2° Dans le cas particulier, mais pratique de pressions intérieures et extérieures peu différentes, assimilation complète et réunion dans une même formule $\frac{w^2}{2g} = \frac{p_1 - p_2}{\gamma}$ des expressions de la vitesse des liquides, des gaz et des vapeurs saturées.

Ce dernier résultat est d'une utilité évidente et immédiate, car la simplicité de cette formule permet d'aborder dans sa généralité le problème général plus complexe de l'aspiration d'un fluide par l'écoulement d'un autre fluide.

2° *Aspiration d'un fluide par une veine fluide.*

Le problème de l'aspiration de deux fluides l'un par l'autre se rencontre dans une foule d'appareils, pompes,

manomètres, machines soufflantes, et en particulier dans l'échappement des locomotives. La solution générale en est aisée et repose sur le théorème de Carnot, ainsi que sur les principes fondamentaux de l'hydrodynamique ; il n'est plus besoin de faire appel à la théorie mécanique de la chaleur ; mais les formules auxquelles on parvient, même en admettant la formule d'écoulement simplifiée (1), sont d'une complication extrême.

M. Zeuner s'est placé dans l'hypothèse la plus voisine du cas particulier qu'il avait en vue. Laisant de côté le problème général en indiquant seulement la marche à suivre pour le résoudre, il n'a traité que le cas particulier de deux fluides de même nature, tous deux liquides ou tous deux également élastiques ; il a précisé la question autant que possible en cherchant à reproduire les conditions de l'échappement des locomotives, et grâce à l'emploi de la formule d'écoulement simplifiée n° (1), il a pu arriver à la formule exacte de l'aspiration de deux fluides de même nature, placés à peu près dans les conditions de l'échappement des locomotives.

Cette formule exacte est trop complexe pour être d'aucune utilité pratique ; l'auteur la simplifie en négligeant un terme, qui d'ailleurs est, comme on le vérifie aisément, sans importance, quand la dépression, dans la chambre où se réunissent les deux fluides aspirant et aspiré (boîte à fumée des locomotives), n'est pas considérable, et il parvient ainsi à la formule fondamentale suivante :

$$x = \frac{(\alpha m^2 + 2\beta n^2)h}{\alpha m^2 - 2(m-1) + 2\beta n^2} \quad (2)$$

Voici dans cette formule les significations des diverses lettres ; il est important de les bien préciser, car sur cette base reposent toutes les conclusions de l'ouvrage.

x est la hauteur de mercure qui mesure l'excès de la pression de

la veine fluide aspirante (vapeur d'eau à l'échappement dans le cas de locomotives) sur la pression du mélange des deux veines dans le réservoir d'appel (boîte à fumée dans le cas de locomotion) où se fait ce mélange;

h mesure l'excès de la pression de la veine fluide aspirante sur la pression extérieure à l'appareil (c'est la pression effective de la vapeur à l'échappement, excès de la pression de cette vapeur sur la pression atmosphérique, dans le cas des locomotives);

Il s'ensuit que $x - h$ est la dépression, l'excès de la pression extérieure à l'appareil, sur la pression commune à l'intérieur du réservoir d'appel (dépression manométrique de la boîte à fumée des locomotives);

D'autre part, F étant la section d'écoulement de la veine aspirante (section de l'échappement dans les locomotives),

F_2 , étant la section d'écoulement de la veine aspirée (section totale des tubes de la chaudière dans les locomotives),

F_1 , la section de la veine formée par le mélange des deux fluides à sa sortie du réservoir d'appel (section de la cheminée dans les locomotives), toutes trois supposées sans contractions;

m représente $\frac{F_1}{F}$;

n représente $\frac{F_2}{F}$;

Les deux lettres α , β , représentent deux coefficients numériques à déterminer par expérience :

Le premier α s'applique particulièrement à la veine aspirante;

il a pour expression $\alpha = \frac{\gamma}{\gamma_1} (1 + \zeta)$, et résume l'influence de trois facteurs, lesquels désignent :

γ la densité primitive de la veine aspirante;

γ_1 la densité du mélange des deux veines fluides, à la pression du réservoir d'appel où elles se réunissent;

$(1 + \zeta)$ le coefficient ordinaire, au moyen duquel on ramène dans les formules d'hydrodynamique la vitesse d'écoulement théorique à la vitesse réelle. — La pression qui correspond à la densité γ est mesurée en effet à une certaine distance de l'orifice; le terme $\zeta \frac{w^2}{2g}$ tient compte de la perte de force vive due à cette évaluation imparfaite de la pression; en outre, il tient ou ne tient pas compte de la perte de force vive due à la contraction de la veine, selon que l'on suppose l'orifice d'écoulement imparfaitement ou parfaitement évasé.

β , le second coefficient numérique, a pour expression détaillée $\beta = \frac{\varphi^2 \gamma (1 + \zeta)}{\gamma_2 (1 + \chi)}$; il est destiné à tenir compte principalement des résistances que rencontre la veine fluide aspirée depuis le tuyau ou le réservoir (atmosphère dans le cas des locomotives) où on la puise, jusqu'au réservoir d'appel (boîte à fumée des locomotives), où elle vient se mêler à la veine aspirante. Ces résistances sont exprimées par le facteur spécial $(1 + \chi)$, $(1 + \chi) \frac{w_2^2}{2g}$ étant la perte de force vive (w_2 , vitesse d'arrivée de la deuxième veine fluide) subie par la veine aspirée.

γ et $(1 + \zeta)$ ont la même signification que dans l'expression de α .

Les deux autres facteurs de β , moins importants, sont : l'un, φ le coefficient de contraction de la veine aspirée, coefficient égal à l'unité dans le cas des locomotives, où la veine aspirée, représentée par les gaz brûlés, débouche à pleins tuyaux; l'autre γ_2 la densité du fluide aspiré sous la pression primitive, mesurée dans le réservoir où le tuyau d'où il arrive.

Ayant $\alpha = \frac{\gamma}{\gamma_1} (1 + \zeta)$

et $\beta = \frac{\varphi^2 \gamma (1 + \zeta)}{\gamma_2 (1 + \chi)}$,

on peut encore dire que

$$\beta = \frac{\varphi^2 \gamma_1 \alpha}{\gamma_2 (1 + \chi)},$$

ce qui fait voir comment β , outre les facteurs se rapportant à la veine aspirante, contient encore les 3 facteurs φ , γ_2 , $1 + \chi$, représentant la veine aspirée.

Les valeurs de α et β sont souvent peu différentes.

En effet,

φ est égal à 1 si la veine aspirée s'écoule à plein tuyau.

$\frac{\gamma_1}{\gamma_2}$ plus petit que 1 en diffère peu si la dépression dans le réservoir d'appel n'est pas considérable.

$1 + \chi$ se réduit à 1 si l'on peut mesurer la pression de la veine aspirée au moment même où elle débouche dans le réservoir d'appel. Aussi a-t-on pu, dans certaines circonstances, supposer $\alpha = \beta$, et les expériences ont parfaitement justifié cette hypothèse.

Il faut observer qu'on ne serait pas autorisé à la faire dans le cas des locomotives, car si dans ces machines on mesure la densité γ_2 de l'air aspiré en avant de la grille, c'est-à-dire à la pression atmosphérique extérieure, la veine aspirée rencontre des résistances considérables avant d'arriver à la boîte à fumée, et le terme $1 + \gamma$ est loin de se réduire à l'unité.

J'ajoute cependant qu'il résulte des expériences de l'auteur que les termes α et β sont dans les locomotives indépendants des sections des divers organes de l'échappement. Cette remarque est utilisée dans la deuxième partie, où nous verrons la forme dans laquelle se fondent les deux coefficients α et β .

Si l'on désigne par ξ la différence $x-h$, la *dépression* (excès de la pression atmosphérique extérieure sur la pression de la boîte à fumée dans les locomotives), la formule n° (2) prend la forme

$$\xi = \frac{2(m-1)h}{\alpha m^2 - 2(m-1) + 2\beta n^2}. \quad (3)$$

Remarque. — Il résulte des calculs de M. Zeuner que la formule (2) ou la formule (3) équivalente, repose, il faut bien le remarquer, sur une hypothèse capitale, celle de l'égalité de la densité γ_1 des deux veines fluides aspirante et aspirée dans la chambre où elles se réunissent.

Elle s'applique donc parfaitement au cas d'une aspiration d'eau par un jet d'eau, au cas d'un appel d'air par un jet d'air; les deux veines fluides étant de même nature, prennent évidemment, dans une chambre de pression déterminée, la même densité.

Par une généralisation que je ne discute pas, mais sur laquelle cependant j'appelle l'attention. M. Zeuner a admis que dans le cas particulier de deux fluides différents, quoiqu'il est vrai tous deux élastiques, l'air et la vapeur d'eau, on pouvait admettre une densité moyenne commune dans le réservoir commun d'appel (boîte à fumée des locomotives).

C'est cette densité que représente la lettre γ_1 dans les formules. Il a pris soin de contrôler cette hypothèse par des expériences nombreuses; elle se trouve suffisamment justifiée dans les limites des expériences.

En résumé, l'étude de M. Zeuner sur l'aspiration des fluides a pour conclusion la formule (2), ou mieux la formule simple n° (3) qui lui est équivalente. Cette formule est très-approximativement vraie (car deux causes seulement infirment sa rigueur théorique, l'emploi de l'expression pratique générale $\frac{w^2}{2y} = \frac{p_1 - p_2}{\gamma}$ et le rejet d'un terme d'importance secondaire dans l'équation définitive en x); elle s'applique exactement au cas de l'aspiration de deux fluides de même nature l'un par l'autre; elle peut s'appliquer, quoique avec réserve et à la condition de s'assurer, comme l'a fait l'auteur, par expérience, de la légitimité de son emploi, à deux fluides de nature analogue; enfin il faudrait se garder de l'appliquer à deux fluides dont l'un serait gazeux, l'autre liquide, surtout s'il se produisait dans l'un ou l'autre des changements d'état. Elle ne conviendrait, par exemple, en aucun cas à l'injecteur Giffard.

Cette formule est de la plus haute importance; car la dépression ξ est la mesure de la force aspirante, de l'effet utile que l'on peut demander à une veine fluide. M. Zeuner a voulu la vérifier par un grand nombre d'expériences dans le cas qu'il avait spécialement en vue, celui d'un appel d'air par le moyen d'un jet de vapeur; c'était d'ailleurs dans ce cas qu'il était le plus nécessaire de la contrôler, puisqu'elle admet alors une hypothèse spéciale, égalité des densités de la vapeur et de l'air dans le réservoir d'appel.

De là les expériences qui complètent la première partie de l'ouvrage.

M. Zeuner a fait construire un appareil qui représente à peu près la boîte à fumée d'une locomotive, et faisant va-

rier successivement et avec ordre les dimensions des divers organes du tirage, il a obtenu des séries d'expériences qu'il a résumées dans un système de tableaux et sur des courbes graphiques; les dépressions ξ étaient mesurées par des manomètres, puis calculées au moyen de la formule (3); la comparaison était facile entre les données de l'expérience et les résultats de la théorie.

Je me borne à reproduire ici le tableau qui résume cette comparaison :

Pressions effectives de la vapeur.	1/2				1				1 1/2			
	n=16		n=64		n=16		n=64		n=16		n=64	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
16	10,50	10,42	1,02	0,94	19,50	19,17	1,98	1,70	27,45	27,29	2,84	2,43
64	7,63	7,24	3,70	2,68	13,83	13,32	6,80	4,94	19,20	18,96	9,53	7,01
100	5,10	4,96	3,57	2,85	9,50	9,12	6,50	5,24	13,23	13,00	8,93	7,47
	n=2		n=8		n=2		n=8		n=2		n=8	
32	15,73	16,39	13,07	14,51	30,60	29,88	25,30	26,66	44,67	42,51	37,93	37,94
50	10,87	10,43	9,43	9,94	20,03	19,17	17,73	18,28	29,17	27,30	26,53	26,02
72	7,70	7,24	6,93	7,07	14,13	13,32	13,17	13,01	20,90	18,97	19,60	18,53

Les colonnes A contiennent les valeurs de la dépression observées au manomètre; les colonnes B celles calculées au moyen de la formule.

Les pressions effectives de la vapeur, limitées par la force de la chaudière dont l'auteur disposait, ont été 1/2, 1 et 1 1/2 atmosphère.

Le rapport $m = \frac{F}{F_1}$ de la section de la cheminée à la section d'arrivée de la vapeur a reçu six valeurs successives $m = 16 - 64 - 100 - 32 - 50 - 72$.

Le rapport $n = \frac{F_2}{F}$ de la section d'arrivée de l'air à la

section d'arrivée de la vapeur a passé par les quatre états de grandeur $n = 2, 8, 16, 64$.

À l'inspection seule de ce tableau, on peut juger du degré d'exactitude de la formule (3). Les nombres qu'elle fournit ne diffèrent sensiblement des données de l'expérience que quand m et n deviennent très-considérables, c'est-à-dire quand les dimensions des divers organes du tirage sont tout à fait en dehors de ce qu'on rencontre dans les appareils ordinaires, et en particulier dans les machines locomotives.

De la dépression obtenue dans le réservoir d'appel se conclut immédiatement par la formule ordinaire de l'écoulement des fluides le volume et le poids de fluide aspiré; l'appel d'air, en un mot, s'il s'agit des locomotives. Les vérifications expérimentales faites sur la formule (5) établissent donc, en même temps et au même degré à peu près, l'exactitude de l'expression qui fournirait le volume d'air aspiré par seconde.

M. Zeuner a voulu cependant répéter, au moyen de son appareil d'essai, sur les volumes d'air aspiré, les expériences et les comparaisons qu'il avait fait porter d'abord sur les dépressions; il a conclu, soit de l'expression mathématique, soit des courbes graphiques qui résument ses expériences et qui concordent parfaitement dans leur allure et dans leurs formes avec la formule géométrique, une série de lois très-simples, toutes approximatives il est vrai, mais curieuses au plus haut degré par les clartés nouvelles qu'elles jettent sur ces questions si délicates de l'aspiration des fluides.

Je ne m'étendrai pas ici sur ces vérifications et ces comparaisons, variées et reproduites de la manière la plus ingénieuse; on les jugera sur l'ouvrage lui-même, je me contente d'en extraire la conclusion immédiatement utile à l'étude pratique de l'échappement des locomotives, à savoir « que l'on peut appliquer avec sûreté et avec une rigueur

« parfaitement suffisante la formule théorique (3) au calcul « du tirage des locomotives. »

Ce n'est pas cependant encore sous la forme (5) que la loi de ce tirage apparaîtra le plus immédiatement. Ce qui intéresse dans l'échappement considéré comme moyen de tirage, c'est le rapport du poids d'air aspiré au poids de vapeur dépensé dans le même temps; il est facile de déduire ce rapport de l'expression précédente.

Nous sommes naturellement conduits, et maintenant après les expériences de vérification, encore plus autorisés à répéter l'hypothèse sur laquelle j'ai déjà insisté, à admettre la densité γ_1 , commune à l'air et à la vapeur dans le réservoir d'appel, dans la boîte à fumée.

Nous écrivons donc le poids de vapeur affluant par seconde $D = Fw\gamma_1$, et le poids de l'air correspondant $L = \varphi F_2 w_2 \gamma_1$.

D'où

$$\frac{L}{D} = \frac{\varphi F_2 w_2}{Fw} = n \cdot \varphi \frac{w_2}{w}.$$

Or la vitesse w de la vapeur, d'après la formule pratique générale n° 1 (page 267) a pour expression

$$\frac{w^2}{2g} = \frac{p_1 - p_2}{\gamma} \quad \text{ou} \quad \frac{w^2}{2g} = \frac{\gamma_0}{\gamma} x$$

en désignant par γ_0 la densité du mercure, car x est une hauteur de mercure, ou mieux, en tenant compte de la manière dont est mesuré x , ainsi que de la contraction, s'il y en a une (page 273),

$$\frac{w^2}{2g} (1 + \zeta) = \frac{\gamma_0}{\gamma} x.$$

w_2 , vitesse de l'air, se tirera de même de

$$\frac{w_2^2}{2g} (1 + \chi) = \frac{\gamma_0}{\gamma_2} (x - h).$$

Il s'ensuit

$$\frac{L}{D} = n \varphi \sqrt{\frac{1 + \zeta}{1 + \chi}} \sqrt{\frac{\gamma}{\gamma_2} \frac{x - h}{x}},$$

et d'après la notation

$$\frac{\varphi^2 \gamma}{\gamma_2} \frac{1 + \zeta}{1 + \chi} = \beta,$$

$$\frac{L}{D} = \sqrt{n^2 \beta \frac{x - h}{x}}.$$

Mais on connaît d'après la formule (2)

$$x = \frac{(\alpha m^2 + 2\beta n^2) h}{\alpha m^2 - 2(m - 1) + 2\beta n^2}.$$

On connaît d'après (3)

$$\xi = x - h = \frac{2(m - 1) h}{\alpha m^2 - 2(m - 1) + 2\beta n^2}.$$

On a donc enfin

$$\frac{L}{D} = \sqrt{\frac{2(m - 1)\beta n^2}{\alpha m^2 + 2\beta n^2}}, \quad (4)$$

formule pratique, définitive, applicable à toutes les questions où les conditions de l'écoulement ne diffèrent pas trop de celles que je viens d'exposer.

Cette formule peut encore s'écrire, en faisant disparaître α et β , au moyen de la relation

$$\frac{\alpha}{\beta} = \frac{\gamma_2 (1 - \chi)}{\varphi^2 \gamma_1},$$

$$\frac{L}{D} = \sqrt{\frac{2n^2 (m - 1)}{\frac{\gamma_2}{\varphi^2 \gamma_1} (1 + \chi) m^2 + 2n^2}} \quad (5)$$

Cette courte analyse permet d'apprécier l'intérêt de la méthode suivie, et l'importance des résultats obtenus par M. Zeuner.

On est frappé, à la lecture de son traité, de l'habileté avec laquelle il a su manier ces équations si complexes, les

plier aux données de l'expérience, et leur conserver cependant une rigueur suffisante. L'ordre et la méthode de ses vérifications expérimentales peuvent servir de guide pour les nombreuses recherches de même nature que nous espérons voir entreprendre.

L'auteur, en effet, s'est surtout attaché à l'échappement des locomotives. Il a examiné accessoirement quelques cas particuliers comme celui de l'aspiration d'une colonne d'eau par une veine d'eau sous forte pression, mais sans faire d'expérience spéciale à ce sujet. Il a traité l'hypothèse où l'aspiration se réduit à une dépression manométrique, sans mouvement du fluide aspiré, et, à cette occasion, la formule générale n° 3 s'est trouvée soumise à une vérification de plus ; mais il reste à considérer une foule d'applications possibles de l'aspiration des fluides les uns par les autres.

Sans parler du cas général, négligé par M. Zeuner, de l'entraînement d'un fluide par un fluide de nature différente, cas général qui demande à nouveau le concours à la fois du calcul et de l'expérience, la formule donnée doit s'appliquer, et plus exactement encore, à toutes les questions d'aspirations de gaz par des gaz ou de liquides par des liquides ; il y a là toute une série de vérifications faciles à entreprendre dans les usines ou les ateliers qui disposent, soit d'air, soit de l'eau à des pressions considérables.

Partout enfin où l'on dispose de chaudières à haute pression on peut compléter, sur la dépression et sur l'appel d'air produits par un jet de vapeur, les expériences que l'auteur a malheureusement limitées à de faibles pressions de 1 1/2 à 2 atmosphères effectives.

L'utilité de toutes les observations de ce genre est dès aujourd'hui certaine ; car, sans parler même des études théoriques auxquelles elles ne peuvent manquer de donner lieu, la forme générale des équations est posée ; il n'y a plus qu'à en préciser par les expériences les coefficients

numériques. Cette utilité justifiera, nous le pensons, les développements dans lesquels nous venons d'entrer.

Nous regrettons de ne pouvoir être ici plus complet et d'être forcé de renvoyer pour tous les détails à l'ouvrage original, que nous n'avons fait qu'analyser.

DEUXIÈME PARTIE (*).

APPLICATION DES FORMULES GÉNÉRALES AU TIRAGE DES LOCOMOTIVES.

1° Calcul du poids de l'air aspiré par le moyen de l'échappement.

La formule générale n° 5, qui représente l'aspiration d'un fluide par une veine fluide de nature analogue,

$$\frac{L}{D} = \sqrt{\frac{2n^2(m-1)}{\frac{\gamma_2}{\varphi^2 \gamma_1} (1 + \chi) m^2 + 2n^2}}$$

trouve son application directe et immédiate dans l'étude du tirage des locomotives.

Le tirage, ou l'appel vers la boîte à fumée d'un courant d'air continu qui traverse la grille, se transforme en produits gazeux divers, et livre ensuite à la chaudière, par son passage à travers une série de tubes, la chaleur nécessaire à la production de la vapeur, s'obtient en effet dans ces machines, comme chacun le sait, par le moyen d'un jet de vapeur qui est l'échappement.

Rappelons que les notations de la formule générale représentent si l'on considère une locomotive :

D le poids de vapeur échappée pendant un certain temps ;

L le poids d'air aspiré correspondant ;

F la section de l'échappement ;

F₁ la section de la cheminée ;

(*) Cette deuxième partie, spécialement consacrée aux locomotives est textuellement traduite de l'ouvrage allemand.

F_2 la section totale de l'ensemble des tubes qui versent le courant gazeux dans la boîte à fumée ;

γ_1 la densité du mélange air et vapeur dans la boîte à fumée ;

γ_2 la densité de l'air atmosphérique extérieur ;

χ la résistance que doit vaincre le courant gazeux depuis son entrée sous la grille jusqu'à sa sortie dans la boîte à fumée.

n désigne toujours d'ailleurs le rapport $\frac{F_2}{F}$ de la section tubulaire totale à la section d'échappement.

m le rapport $\frac{F_1}{F}$ de la section de la cheminée à celle de l'échappement.

φ un coefficient de contraction qui se réduit ici à l'unité ; car il n'y a pas de contraction à la sortie des tubes, l'écoulement des gaz dans la boîte à fumée ayant lieu à plein tuyau.

Il se présente cependant, sur l'emploi de la formule, une observation à laquelle il est utile de répondre immédiatement :

La formule n° 5 a été établie dans l'hypothèse d'écoulements gazeux non-seulement continus, mais constants et réguliers : on a admis que la pression h , ou l'excès de la pression de la vapeur à son échappement sur la pression atmosphérique extérieure, était invariable : tandis que dans une locomotive cette pression varie aux différents moments de la course du piston. — Or, il est facile de voir que cette circonstance n'affecte en rien l'application ni la convenance de la formule. — En effet le second membre

$$\sqrt{\frac{2n^2(m-1)}{\frac{\gamma_2}{\varphi^2\gamma_1}(1+\chi)m^2 + 2n^2}}$$

ne contient pas explicitement la lettre h ; et implicitement,

un seul des facteurs dépend de h , c'est la densité γ_1 du mélange air et vapeur dans la boîte à fumée : mais on remarquera sans peine que h peut varier considérablement sans que la densité γ_1 s'en ressente sensiblement, et qu'en réalité, dans les limites de la pratique, γ_1 est à peu près indépendant de h .

On peut donc dire d'une manière à peu près rigoureuse que le second membre n'est pas affecté par les variations de h ; et la simple vue de la formule conduit par suite à énoncer cette loi très-importante : « que dans une locomotive le rapport du poids de l'air aspiré au poids de la vapeur aspirante » est indépendant de la pression de celle-ci. Il en résulte qu'il importe peu que l'échappement de la vapeur se fasse sous une pression constante ; ou bien, comme c'est le cas dans nos machines, sous une pression périodiquement variable, et par battements pour ainsi dire, pourvu qu'il ne s'interrompe pas. — Dans les locomotives les deux cylindres moteurs avec leurs mouvements alternatifs donnent lieu à un échappement de vapeur continu, quoique variable de pression. La formule n° 5 convient donc parfaitement à ces machines.

Pour appliquer cette formule, cherchons à la mettre sous une forme plus simple et plus commode :

Le coefficient de contraction φ , est, dans le cas qui nous occupe, égal à 1, car les gaz arrivent dans la boîte à fumée en débouchant de longs tuyaux et par conséquent sans contraction.

$\frac{\gamma_2}{\gamma_1}$ rapport de la densité de l'air extérieur à la densité de l'air aspiré dans la boîte à fumée, peut s'écrire d'après la loi fondamentale des fluides élastiques :

$$\frac{\gamma_2}{\gamma_1} = \frac{p_0}{p_x} \frac{1 + \alpha t_x}{1 + \alpha t_0}$$

en désignant par p_x et t_x la température et la pression dans

la boîte à fumée; par p_0 et t_0 la température et la pression atmosphériques extérieures.

Or, $\frac{p_0}{p_x}$ diffère peu de 1 et est toujours > 1 ;

αt_0 (t_0 étant d'environ 10° à 15° tandis que t_x est de 300° à 400°) peut se négliger au dénominateur qu'on rend ainsi un peu trop faible.

Si l'on écrit 1 au lieu de $\frac{p_0}{p_x}$, et $1 + \alpha t_x$ au lieu de $\frac{1 + \alpha t_x}{1 + \alpha t_0}$ on fait des erreurs tout à fait insignifiantes et d'ailleurs de sens contraire — on est donc complètement autorisé à remplacer dans la formule :

$$\frac{\gamma_2}{\varphi_2 \gamma_1} \text{ par } 1 + \alpha t_x.$$

D'autre part n n'est autre que $\frac{F_3}{F_1}$,

m est $\frac{F_1}{F_2}$.

Je désigne, pour simplifier, le produit

$$\frac{(1 + \alpha t_x)(1 + \chi)}{2} \text{ par } \mu$$

et la formule se réduit à

$$\frac{L}{D} = \sqrt{\frac{F_2^2 \left(\frac{F_1}{F_2} - 1 \right)}{\mu F_1^2 + F_2^2}} \quad (6)$$

où il ne subsiste qu'un coefficient numérique, pratique, μ , composé de deux facteurs, dont l'un représente les résistances au mouvement de l'air et des gaz depuis la grille jusqu'à la boîte à fumée; tandis que l'autre, moins important, tient compte de la température t_x dans la boîte à fumée.

La formule (5) et plus explicitement encore, la formule (n° 6) fait voir comment le poids de l'air aspiré varie en raison

directe du poids de la vapeur échappée et en raison de ce seul élément, si les dimensions et l'état du foyer de la machine restent les mêmes.

Qu'une machine coure sur une voie à telle vitesse et avec telle charge qu'on voudra, si la section d'échappement F , la section tubulaire d'arrivée de l'air F_2 , la section de la cheminée F_1 , enfin les résistances au tirage représentées par μ , ne varient pas, le poids d'air aspiré à chaque instant sera toujours proportionnel au poids de vapeur dépensée: la dépense de vapeur vient-elle à augmenter ou à diminuer, la combustion se trouve activée ou restreinte par le seul jeu de l'échappement, tout naturellement, et sans que le mécanicien ait besoin de toucher à quoi que ce soit.

Cette proportionnalité du tirage à la dépense de vapeur dans le jeu naturel de l'échappement, caractérise cet appareil et en fait l'un des organes les plus parfaits de la locomotive actuelle.

Il n'est pas de mécanicien qui ne reconnaisse que l'application de l'échappement aux locomotives a été l'une des causes principales des progrès si frappants qu'a faits, dans ces dernières années, la construction de ces machines, et qu'elle est la condition première de leur perfection actuelle; mais on a plutôt expliqué jusqu'ici cette heureuse influence par la simplicité de cet organe; il faut l'attribuer surtout, nous venons de le faire voir, à son jeu si rationnel et théoriquement si parfait.

Qu'on se propose, en effet, de trouver un moyen mécanique de produire un tirage artificiel dans les locomotives? On demandera évidemment à l'appareil qui devra remplir cet objet, d'être simple de construction et de manœuvre, de ne pas causer une dépense spéciale et additionnelle de vapeur (comme le ferait un ventilateur par exemple); on posera comme condition que son action se proportionne d'elle-même au travail, c'est-à-dire à la dépense de vapeur de la machine; enfin, il devra permettre au mécanicien d'accroître

ou de restreindre à volonté et par une manœuvre simple, le tirage de sa machine.

Or, toutes ces conditions, l'échappement les remplit :

L'échappement est donc, on peut le dire, un instrument qu'il faut admirer et adopter sans réserve, aussi longtemps que l'on ne saura pas utiliser la vapeur dans les locomotives plus complètement qu'on ne le fait aujourd'hui, aussi longtemps que l'on devra au sortir du cylindre, la rejeter à haute pression dans l'atmosphère.

Nous venons de signaler la propriété fondamentale de l'échappement, la proportionnalité du tirage à la dépense de vapeur. Il est facile de voir quelles conséquences s'en déduisent :

L'effet utile, le travail d'une machine est proportionnel à sa dépense de vapeur : on peut donc caractériser d'une autre manière l'effet de l'échappement en disant que : « par le seul fait et par le jeu naturel de l'échappement, le poids d'air aspiré et activant la combustion, augmente proportionnellement au travail de la locomotive, à la force qu'on lui demande. Plus forte est la charge remorquée, plus grande est la vitesse du train, et plus l'on verra naturellement et de lui-même, s'activer le tirage. »

La formule (6) peut se mettre sous une autre forme :

Désignons par σ la section du piston ;

Par s_1 la course à pleine pression ;

Par s la course totale ;

Par γ_0 la densité de la vapeur à pleine pression.

Il entre dans un cylindre à chaque coup de piston un poids de vapeur

$$\sigma s_1 \gamma_0$$

ou, si nous désignons par e le degré de détente en posant

$$e = \frac{s_1}{s}$$

$$\sigma s e \gamma_0.$$

Pour chaque tour de roue, il y a une allée et un retour de chacun des deux pistons, ou une dépense de vapeur de

$$4 \sigma s e \gamma_0.$$

Si v est la vitesse de la machine, d le diamètre de la roue motrice, on compte par seconde un nombre de tours de roue

$$N = \frac{v}{\pi d}.$$

Ou par seconde une dépense de vapeur de

$$4 \sigma s e \gamma_0 \frac{v}{\pi d}.$$

Ce que nous avons appelé D ou la dépense de vapeur, peut donc, si on la rapporte à l'unité de temps, s'exprimer par

$$D = 4 \sigma s e \gamma_0 \frac{v}{\pi d},$$

et le poids d'air aspiré par seconde s'écrit par suite

$$L = \frac{4 \sigma \gamma_0 s}{\pi d} e v \sqrt{\frac{F_2^{-2} \left(\frac{F_1}{F} - 1 \right)}{\mu F_1^{-2} + F_2^{-2}}}. \quad (7)$$

Sous cette forme on reconnaît de la manière la plus explicite que pour des valeurs constantes de F , F_1 , F_2 , μ , le tirage varie : 1° proportionnellement à la vitesse de la machine v ; 2° proportionnellement au degré de la détente e .

Il est sous entendu que le régulateur est ouvert toujours au même point ; en changeant sa position, on changerait la densité γ_0 de la vapeur dans le cylindre, densité plus ou moins voisine de la densité maxima de la chaudière selon que le régulateur est plus ou moins largement ouvert ; on changerait donc le poids d'air aspiré L . Cette influence quoique réelle, n'est cependant, il est facile de le voir, que

secondaire; les variations de l'ouverture du régulateur agissent sur le tirage bien moins directement que ne le fait l'altération des deux autres éléments, la vitesse et la détente. La détente surtout exerce l'action la plus marquée, et c'est ce que savent assez les conducteurs de machines locomotives.

La position du régulateur étant arrêtée, le tirage est proportionnel comme le montre la formule à la fois à la vitesse de la machine v et au degré de détente e : il est maximum quand on ne détend plus ou presque plus; quand $e = 1$; c'est-à-dire quand le levier de la coulisse est complètement relevé ou complètement abaissé: mais en même temps que la détente est réduite ou annulée, la vitesse de la machine peut diminuer elle aussi; c'est ce qui arrive par exemple sur les fortes rampes quand, malgré la suppression de la détente, la machine tout en déployant toute sa puissance, est forcée de se ralentir: alors le produit $e v$, malgré l'augmentation de e peut prendre des valeurs plus faibles que celle qu'il aurait pour une vitesse plus considérable et une détente moyenne sur un parcours horizontal par exemple. La conséquence en est que le tirage diminue, le poids d'air aspiré par seconde devient moindre que le poids normal, et la combustion se ralentit.

On voit clairement qu'en définitive cet effet résulte de ce que la dépense de vapeur par seconde a baissé. Le fait en tout cas est en pratique de la plus haute importance car si la rampe est longue, on ne tarde pas à voir baisser la pression dans la chaudière: la perte de pression diminue encore plus l'action de l'échappement, car γ_0 diminue dans la formule, de là une nouvelle cause de diminution de L , et un nouveau danger. Tous les mécaniciens ont pu l'apprécier, aussi cherchent-ils en entrant en rampe à avoir une forte pression dans leur machine; autant du moins que l'a permis la nécessité d'avoir aussi à ce moment la chaudière aussi pleine que possible, c'est-à-dire récemment remplie, car on ne peut,

aussi longtemps que dure la rampe, s'exposer à refroidir encore plus la chaudière, ni consacrer à l'alimentation la vapeur dont on est si strictement pourvu.

C'est pour obvier à cet inconvénient que l'on demande soit à l'échappement lui-même, soit au système général de la machine, les moyens d'activer extraordinairement le tirage à un moment donné: ces moyens sont malheureusement jusqu'ici plus ou moins imparfaits.

Donnons encore un autre énoncé de la formule générale. Introduisons la densité de la vapeur dans le cylindre à la fin de la détente γ' .

On a

$$\gamma' = e\gamma_0,$$

Cette densité, d'après la formule de Navier, p' étant la pression finale, est

$$\gamma' = \alpha + \beta p',$$

ou moins exactement, en admettant que la vapeur, même saturée, suit la loi de Mariotte,

$$\gamma' = \beta p'.$$

On a donc

$$e\gamma_0 = \beta p'.$$

Substituant dans la formule n° 7, on voit que le tirage, c'est-à-dire le poids d'air aspiré par seconde est à peu près proportionnel à la pression de la vapeur à la fin de l'expansion, c'est-à-dire au moment où commence à se faire l'échappement.

Enfin, au lieu de considérer le poids d'air aspiré par seconde qui constitue à proprement parler le travail utile obtenu, le tirage réel cherché, cherchons à rapporter l'appel d'air réalisé à la vitesse de la machine et considérons le poids d'air aspiré par tour de roue:

Il s'échappe par tour de roue un poids de vapeur $40\gamma_0 se$,

et par suite il y a un appel d'air correspondant de

$$L = 40 \gamma_0 s e \sqrt{\frac{F_2^2 \left(\frac{F_1}{F} - 1 \right)}{\mu F_1^2 + F_2^2}}; \quad (8)$$

Ce poids d'air ne dépend que du degré de détente e et de la densité maxima γ_0 , si l'on n'altère pas d'ailleurs les sections de tuyaux ni les résistances au mouvement de l'air dans la machine.

Les conséquences que nous venons de développer sont toutes contenues dans l'énoncé primitif de la proportionnalité du poids de l'air aspiré à celui de la vapeur dépensée dans le même temps : sous l'hypothèse que les sections F , F_1 , F_2 aussi bien que le coefficient de résistance μ , sont invariables.

DES DIVERS MOYENS DE RÉGLER LE TIRAGE.

Nous venons d'indiquer comment il se présente dans la pratique des cas exceptionnels, et comment il est indispensable d'avoir sur le tirage des moyens d'action directs et indépendants : examinons quels peuvent être ces moyens d'action.

La forme sous laquelle se présente la relation générale n° 6 permet de les apercevoir immédiatement : on voit qu'étant admise une dépense de vapeur constante par seconde D , le poids d'air correspondant, c'est-à-dire le tirage, dépend des quatre quantités arbitraires F , F_1 , F_2 , μ ; — on peut donc agir directement sur le tirage, et l'on dispose pour cela de quatre moyens; on peut avoir recours à quatre systèmes différents :

1° Augmenter ou diminuer plus ou moins la section F de l'échappement, système qui porte le nom « d'échappement variable; »

2° Élargir ou rétrécir la cheminée F_1 , système que j'appellerai « *cheminée à section variable*; »

3° Varier la section d'arrivée de l'air F_2 par l'occlusion, par la fermeture d'un nombre plus ou moins grand de tubes;

4° Agir sur le coefficient μ , en modifiant les résistances que l'air ou les gaz brûlés ont à vaincre dans leur trajet de la grille à la boîte à fumée. Un premier moyen se présente tout d'abord pour agir sur ces résistances : c'est de régler convenablement la conduite du feu, le mode de chargement de grille; mais on est peu libre dans l'emploi de ce moyen d'action. Le feu doit répondre à d'autres exigences plus impérieuses et souvent contraires à celles du tirage. On a recours en pratique à un procédé plus commode, plus indépendant et plus mécanique; on ferme le cendrier par une trappe qui peut, en se levant plus ou moins, donner accès sous la grille à une plus ou moins grande quantité d'air.

C'est une question pratique de la plus haute importance que de savoir lequel de ces quatre moyens, lequel de ces quatre systèmes, permettra le mieux de régler à volonté le tirage d'une locomotive pendant sa marche. Aussi, allons-nous examiner successivement les dispositions et les appareils auxquels chacun d'eux a conduit.

1° Échappement variable.

Dans les locomotives actuelles l'échappement est généralement variable, c'est-à-dire qu'on s'y réserve comme principal et souvent comme seul moyen de régler le tirage, la faculté de faire varier la section du tuyau d'échappement.

Beaucoup d'ingénieurs cependant, et les Anglais à leur tête, rejettent absolument ce système; alléguant que la conséquence forcée du rétrécissement de l'échappement est une augmentation de la contre-pression, c'est-à-dire une perte de travail, ils préfèrent régler le tirage par d'autres moyens : la compagnie des chemins de fer nord-est Suisse,

entre autres, a renoncé à l'échappement variable pour toutes ses locomotives.

On ne peut guère demander à la théorie de prononcer immédiatement entre les partisans de l'un ou l'autre système; car on conçoit qu'il serait difficile, dans le cas général de mouvements si complexes, d'exprimer analytiquement la perte de travail que produit la résistance de la vapeur derrière le piston, et par suite d'évaluer l'influence de la section d'échappement sur la contre-pression. Nous ne chercherons pas à trancher la question par le calcul. Sans nous occuper pour le moment de la perte de travail que cause le tirage de l'échappement, bornons-nous d'abord à examiner comment en variant la section F , on influe sur l'énergie du tirage et sur la masse d'air aspiré.

Nous supposons que le poids de vapeur écoulé, D , est constant, et que les sections F_1 , F_2 , aussi bien que le coefficient μ ne subissent pas d'altération.

Dès lors, l'équation (6) fait voir immédiatement que le poids d'air aspiré sera proportionnel à $\sqrt{\frac{F_1}{F} - 1}$ c'est-à-dire qu'il suffit de connaître la dimension de la cheminée F_1 d'une locomotive pour savoir comment dans cette machine le poids d'air aspiré variera avec la section de l'échappement. Si par exemple la section moyenne de l'échappement est F_m et le poids d'air correspondant L_m ; le poids d'air L que doit aspirer une section quelconque F , se déduit de la simple proportion

$$\frac{L}{L_m} = \frac{\sqrt{\frac{F_1}{F} - 1}}{\sqrt{\frac{F_1}{F_m} - 1}}$$

Soit un exemple :

Les anciennes machines à marchandises du Nord-Est Suisse, avaient autrefois l'échappement variable : le dia-

mètre maximum était de 152 millimètres; le diamètre minimum de 96 millimètres.

On avait donc pour section maxima de l'échappement

$$F_{max} = 0^m,013685,$$

pour section minima

$$F_{min} = 0^m,007238,$$

et par suite pour section moyenne

$$F_m = 0,010461,$$

d'où les rapports

$$\frac{F_{max}}{F_m} = 1,308 \quad \text{et} \quad \frac{F_{min}}{F_m} = 0,692.$$

C'est-à-dire que le rapport de la section variable F à la section moyenne F_m variait de 0,7 environ à 1,3.

Quelles étaient dans ces conditions les variations du poids d'air aspiré par un jet de vapeur constant D , avec des valeurs fixes de F_1 , F_2 et μ ?

La cheminée avait 350 millimètres de diamètre ou $0^m,096261$ de section — le rapport de sa dimension constante F_1 à la section moyenne également fixe de l'échappement F_m était donc $\frac{F_1}{F_m} = 9,20$.

Prenons pour unité $L_m = 1$ le poids d'air aspiré par la section moyenne F_m de l'échappement, et calculons au moyen de l'équation (6) les poids d'air L qui seront aspirés pour d'autres sections quelconques F .

Le tableau suivant présente, dans sa troisième ligne les diverses valeurs que prendront ces poids pour les valeurs variables du rapport $\frac{F}{F_m}$ portées à la première ligne (La deuxième ligne donne accessoirement les valeurs du rap-

port $\frac{F_1}{F}$ correspondantes aux diverses valeurs de la section variable F).

$\frac{F}{F_m} \dots =$	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
$\frac{F_1}{F} \dots =$	13,14	11,50	10,22	9,20	8,36	7,66	7,07
$\frac{L}{L_m} \dots =$	1,217	1,132	1,060	1,000	0,943	0,901	0,861

On voit que dans le cas dont il s'agit la seule variation de la section de l'échappement dans le rapport de $\frac{0,7}{1,3}$ a produit de très-notables changements dans le poids d'air aspiré, car elle le fait passer de 1,217 à 0,861 du poids moyen quand la section passe de son minimum à son maximum.

On peut donc dire que l'on possède dans l'échappement variable un moyen de régler le tirage dont l'efficacité est remarquable; cette considération suffit-elle pour recommander l'emploi de l'échappement variable? N'achète-t-on pas trop cher cette activité de tirage au prix d'une contre-pression et d'une perte de travail peut-être considérables? Nous reviendrons tout à l'heure sur cette question, en comparant les divers moyens de régler le tirage.

L'effet de la variation de section de l'échappement sur le poids d'air aspiré, étant bien constaté, il n'est pas moins important de se rendre compte de la relation qui lie le poids de l'air aspiré à celui de la vapeur dépensée.

L'équation générale (6)

$$L = D \sqrt{\frac{F_2^2 \left(\frac{F_1}{F} - 1 \right)}{\mu F_1^2 + F_2^2}}$$

répond à la question, si l'on y connaît la section d'échappement F, celle de la cheminée F_1 , et la somme des sections

tubulaires F_2 ; enfin si l'on peut apprécier exactement la valeur du coefficient μ . Or ce dernier point est malheureusement très-délicat : μ dépend en effet, comme on l'a vu page 285, non-seulement de la température des gaz dans la chambre à fumée, mais encore, et surtout des résistances que ceux-ci ont à vaincre dans leur trajet de la grille à la boîte à fumée :

$$\mu = \frac{(\alpha + t_x)(1 + \chi)}{2}$$

Or, ces résistances que nous avons représentées ailleurs par le coefficient χ ne peuvent s'évaluer théoriquement avec quelque exactitude. Elles dépendent non-seulement des obstacles plus ou moins grands qu'offrent à la circulation de l'air la couche de combustible et les sections restreintes des tubes, mais encore de la plus ou moins grande ouverture de la trappe du cendrier qui facilite ou ralentit l'arrivée de l'air à la grille, à un degré si variable qu'elle peut même l'empêcher complètement. Le peu que nous savons de toutes ces résistances, semble nous laisser encore dans la plus grande incertitude sur la valeur du coefficient χ .

On peut cependant, au moyen de quelques observations faciles à faire sur chaque locomotive, et à l'aide de quelques données expérimentales, déterminer au moins la valeur moyenne du coefficient d'ensemble μ .

Nous allons le faire voir sur un exemple, considérant toujours le type de locomotives auquel s'appliquaient les calculs précédents.

L'équation (n° 6) donne par une transformation facile

$$\mu = \left(\frac{F_2}{F_1} \right)^2 \left[\left(\frac{D}{L} \right)^2 \left(\frac{F_1}{F} - 1 \right) - 1 \right].$$

Prenons des conditions moyennes, c'est-à-dire admission sans excès ni défaut de la quantité d'air nécessaire à la combustion, ouverture moyenne de l'échappement et de la porte du cendrier. La locomotive est chauffée à la houille : admettons que 1 kilogramme de houille brûlée produira

6^k,5 de vapeur et demandera 15 kilogrammes d'air, de telle manière que le rapport $\frac{D}{L}$ se trouve fixé à

$$\frac{D}{L} = \frac{6,5}{15} \quad \text{ou} \quad \frac{L}{D} = 2,30.$$

La première hypothèse, qui consiste à compter 6^k,5 de vapeur par kilogramme de houille est la production effective constatée, par expérience, des machines considérées.

La seconde qui compte 15 kilogrammes d'air pour 1 kilogramme de charbon, suppose que le poids d'air aspiré s'élève à une fois et demie le poids d'air rigoureusement nécessaire à la combustion d'une houille de qualité moyenne; on compte en effet rigoureusement 10^k,56 d'air par 1 kilogramme de houille. Pécelet pour les machines fixes évalue la consommation d'air à 20 kilogrammes, c'est-à-dire au double de la consommation théorique: dans les locomotives où le chauffage est plus soigné, il semble naturel de prendre un chiffre moins élevé.

La locomotive que nous considérons, et pour laquelle il s'agit de déterminer la valeur moyenne de μ , a 164 tubes de 42 millimètres de diamètre intérieur, c'est-à-dire une section totale F_3 de 0^m1,22721. — Les dimensions fixes de la cheminée et la section moyenne de l'échappement étant celles déjà données, il s'ensuit les trois valeurs

$$\frac{F_2}{F_1} = 2,361, \quad \frac{F_1}{F} = 9,200, \quad \frac{F_3}{F} = 21,721,$$

et l'expression précédente donne pour μ la valeur moyenne $\mu = 3,007$ ou en nombres ronds $\mu = 3$.

Si l'on suppose que les valeurs de μ s'écartent peu de cette moyenne, ou plutôt si, faute d'évaluation certaine, on attribue à μ la valeur fixe $\mu = 3$ dans la formule générale (6), et, pour la locomotive particulière que nous considérons, il s'ensuit que les valeurs de $\frac{L}{D}$, dont la moyenne,

d'après notre hypothèse même, est $\frac{L}{D} = 2,30$, oscilleront entre 2,808 et 1,986, valeurs extrêmes correspondantes aux sections minima et maxima de l'échappement.

Remarque. A la valeur numérique de $\mu = 3$ correspond celle de χ donnée par l'équation $\mu = \frac{(a + t_x)(1 + \chi)}{2}$, $\chi = 1,629$, en faisant t_x température de la chambre à fumée = 350 degrés.

Ces deux valeurs de μ et de χ , valeurs moyennes et spéciales au type considéré, seraient sans doute pour d'autres locomotives sensiblement différentes: nous ne possédons pas d'autres résultats d'expériences que ceux déjà cités, et nous serons forcés dans les considérations qui vont suivre d'adopter toujours pour μ la valeur $\mu = 3$. Nos calculs ne s'appliqueront donc à la rigueur qu'au type particulier dont nous avons donné les dimensions; mais les conclusions de nos considérations générales n'en seront pas infirmées; elles ne dépendent pas, on peut le voir, de la valeur particulière, plus ou moins rigoureusement établie, que nous attribuons au coefficient μ .

2° Cheminée à section variable.

On peut, comme nous l'avons fait remarquer, obtenir de l'échappement un appel d'air plus ou moins énergique en variant la section de la cheminée.

Ce système n'a pas encore été appliqué aux locomotives. Avant de l'essayer, avant de chercher par quels procédés l'idée pourrait être réalisée, il n'est pas inutile de s'assurer d'abord de l'influence que peuvent avoir sur le tirage dû à l'échappement, l'élargissement ou le rétrécissement de la cheminée.

Nous supposerons donc l'ouverture de l'échappement et celle de la trappe du cendrier invariables, la section totale

des tubes déterminée, de manière que les coefficients de résistance μ et χ ne puissent changer. En faisant varier dans la formule générale (6) la section de la cheminée F_1 , on peut déduire les variations correspondantes du poids d'air aspiré; mais ce poids d'air L ne s'exprime pas en fonctions de F_1 d'une manière simple, et, pour faire voir nettement comment il change avec F_1 , nous aurons recours à des exemples numériques et à un tableau qui les résumera.

Nous conserverons toujours le même type de machines du Nord-Est-Suisse déjà cité, dans lequel la section moyenne F de l'échappement, désormais invariable, est $0^m,010461$ et la section totale des tubes $F_2 = 0^m,22721$. Quant à la section de la cheminée F_1 , qui est variable, nous lui avons attribué des valeurs successives qui donnent, pour le rapport $\frac{F_1}{F}$, les nombres déjà écrits au tableau précédent (page 296). (Dans ce tableau, si l'on s'en souvient, ce même rapport $\frac{F_1}{F}$ variait, mais par une autre cause. C'était la section de la cheminée F_1 qui était fixe, tandis que F changeait de valeurs.)

Le tableau suivant réunit les résultats numériques ainsi obtenus. La première ligne contient les valeurs diverses attribuées à $\frac{F_1}{F}$; la deuxième ligne isole les valeurs correspondantes du diamètre de la cheminée d_1 ; la troisième enfin contient les valeurs du rapport $\frac{L}{D}$ conclues de l'équation (6) en conservant toujours l'hypothèse $\mu = 5$.

Il a semblé utile d'ajouter au tableau une quatrième ligne où se trouvent reproduites les valeurs que prend $\frac{L}{D}$ pour les diverses valeurs de $\frac{F_1}{F}$ de la première ligne, dans l'hypo-

thèse, faite au chapitre précédent, que F_1 étant fixe, F varie de manière à déterminer convenablement $\frac{F_1}{F}$: cette quatrième ligne ne fait donc que reproduire la ligne n° 3 du tableau (page 296), dont tous les nombres seraient multipliés par $2,30 = \frac{L_m}{D}$.

$\frac{F_1}{F} \dots \dots =$	13,14	11,50	10,22	9,20	8,36	7,66	7,07
$d_1 \dots \dots =$	417	390	368	350	332	318	306
$\frac{L}{D} \dots \dots =$	2,405	2,387	2,354	2,307	2,256	2,202	2,147
$\frac{L}{D} \dots \dots =$	2,808	2,611	2,445	2,307	2,187	2,079	1,986

On voit par l'examen des lignes 2 et 3 que toutes choses égales d'ailleurs, le poids de l'air aspiré augmente avec le diamètre de la cheminée.

Mais ce poids a évidemment un maximum.

Pour le type que nous avons choisi, comme d'ailleurs pour une machine quelconque, il est une certaine section de cheminée qui doit déterminer l'appel d'un poids d'air maximum, les autres parties de la machine étant données.

Pour trouver cette section, revenons à l'équation (6) qui, divisée au numérateur et au dénominateur par F , sous le radical, devient

$$\frac{L}{D} = \frac{\sqrt{\left(\frac{F_2}{F}\right)^2 \left(\frac{F_1}{F} - 1\right)}}{\mu \left(\frac{F_1}{F}\right)^2 + \left(\frac{F_2}{F}\right)^2}. \quad (9)$$

Différentions et tirons la valeur de $\frac{F_1}{F}$ qui rend $\frac{L}{D}$ maximum, c'est

$$\frac{F_1}{F} = 1 + \sqrt{1 + \frac{1}{\mu} \left(\frac{F_2}{F}\right)^2}; \quad (10)$$

or si l'on se rappelle que dans le type considéré

$$F = 0^{\text{m}},010461 \quad \text{et} \quad F_2 = 0^{\text{m}},22721;$$

enfin que

$$\mu = 3,$$

il s'ensuit, pour la valeur qui donne la plus grande aspiration d'air,

$$\frac{F_1}{F} = 13,581$$

et le maximum cherché est alors $\frac{L}{D} = 2,406$.

Le poids d'air aspiré s'élève à près de deux fois et demie le poids de vapeur, supposé constant, que l'on a dépensé.

Si l'on se reporte à la 4^e ligne du tableau, on y trouve qu'avec échappement variable, ce rapport $\frac{L}{D}$ pouvait s'élever à 2,808, et il semble en résulter qu'un système de cheminée variable, si bien choisie qu'en soit la section, ne permet pas d'aspirer autant d'air qu'un échappement variable : cette conclusion ne serait pas exacte ; le maximum auquel nous venons d'arriver dépend des dimensions fixes que nous avons attribuées d'abord aux diverses parties de la machine, et si nous le trouvons si faible, c'est que nous avons choisi arbitrairement pour section fixe de l'échappement la section moyenne de 115 millimètres de diamètre. Or cette section n'est pas celle qui convient le mieux dans le système actuel.

Il est une section fixe d'échappement à choisir aussi bien qu'une section maxima de cheminée à déterminer quand on veut régler le tirage par la variation de la section de la cheminée et pouvoir atteindre un tirage maximum.

Cette double évaluation est facile à faire.

Donnons-nous comme maximum à atteindre celui que, dans notre type de machines, fournissait l'échappement variable, c'est-à-dire $\frac{L}{D} = 2,808$.

Posons, comme dans la première partie,

$$\frac{F_1}{F} = m \quad \text{et} \quad \frac{F_2}{F} = n.$$

Les relations (10) et (9) s'écrivent

$$m = 1 + \sqrt{1 + \frac{n^2}{\mu}} \quad \text{et} \quad \frac{L}{D} = \sqrt{\frac{n^2(m-1)}{\mu m^2 + n^2}}.$$

Si de la première on tire la valeur de n^2 pour substituer dans la seconde, il reste après déduction

$$m = \frac{F_1}{F} = 2 \left[1 + \left(\frac{L}{D} \right)^2 \right], \quad \text{et par suite} \quad n = 2 \frac{L}{D} \sqrt{\mu \left[1 + \left(\frac{L}{D} \right)^2 \right]}$$

Comme

$$\mu = 3 \quad \text{et} \quad \frac{L}{D} = 2,808,$$

ces deux formules donnent

$$m = \frac{F_1}{F} = 17,77, \quad \text{et} \quad \frac{F_2}{F} = 29,00.$$

F_2 , section totale des tubes est donnée égale à $0^{\text{m}},22721$, la section fixe de l'échappement F qui en est le $\frac{1}{29}$ doit donc être choisie égale à $0^{\text{m}},007835$, et son diamètre doit être $d = 100$ millimètres et non 115 millimètres, comme nous l'avions supposé d'abord.

d étant déterminé, il s'ensuit $d_1 = d\sqrt{m} = 421$ millimètres. Il faudra donc choisir $d = 100$ millimètres pour diamètre de l'échappement avec lequel un diamètre maximum de cheminée de 421 millimètres aspirera un poids d'air maximum et égal à celui que, tout à l'heure, avait fourni l'échappement variable.

Le diamètre de 100 millimètres une fois admis pour l'échappement, c'est en variant le diamètre de la cheminée, soit par augmentation, soit par diminution de part et d'autre de sa valeur de 421 millimètres, que l'on restreindra

le tirage. Dans le cas actuel où 421 millimètres est déjà un diamètre de cheminée fort considérable, on devra évidemment modérer le tirage par la diminution de ce diamètre.

Au lieu du maximum 2,808, considérons la valeur minimum de $\frac{L}{D}$ que fournissait l'échappement variable; cette valeur se trouve écrite à la dernière colonne de la ligne n° 4 du tableau (page 300) : c'est $\frac{L}{D} = 1,986$, et cherchons la section de cheminée qui, F_2 , F et μ étant fixés comme nous venons de le faire, donnera ce tirage : nous tirerons de l'équation (9) la double valeur

$$\frac{F_1}{F} = 5,783 \quad \text{et} \quad \frac{F_1}{F} = 34,093,$$

d'où se déduisent

$$d_1 = 204 \quad \text{et} \quad d_1 = 584 \text{ millimètres.}$$

Les deux premières de ces valeurs sont évidemment les seules qui conviennent en pratique; $d_1 = 204$ millimètres est le diamètre minimum de cheminée qui produit le même effet que le serrage à fond de l'échappement.

Il résulte de ce qui précède qu'avec un échappement fixe de 100 millimètres de diamètre et un diamètre de cheminée variable de 204 à 421 millimètres, on peut, dans les machines que nous avons prises pour exemple, régler le tirage exactement de même qu'avec un échappement variable et une cheminée fixe; mais observons tout de suite qu'il a fallu pour cela adopter 100 millimètres comme diamètre fixe de l'échappement, tandis que quand celui-ci était variable, son diamètre maximum était 152, son diamètre minimum 96. Les deux méthodes conduisent donc à une contre-pression nuisible dans les cylindres; mais à ce point de vue l'échappement fixe est le plus désavantageux; car son diamètre constant de 100 millimètres est bien faible, et ne diffère que bien peu du diamètre minimum 0,96 de l'échap-

pement variable. Ce dernier sera donc normalement et pour ainsi dire toujours, le plus largement ouvert, et produira par suite, moins de contre-pression, que l'échappement fixe auquel on a été conduit.

En résumé, les deux systèmes s'appliquant dans les mêmes limites, offrant la même efficacité, on devrait d'abord se demander s'ils sont en pratique aussi simples, aussi applicables l'un que l'autre : l'échappement variable semble à ce point de vue devoir toujours conserver l'avantage.

En second lieu, dût-on même espérer de trouver une cheminée de section variable aussi simple à construire et aussi facile à manier que l'échappement actuel; le fait de contre-pression sur lequel nous venons d'appeler l'attention établit son infériorité et montre qu'il n'y a pas lieu de se poser le problème; il faut donc s'en tenir à ce que l'on possède, c'est-à-dire à l'échappement variable.

3° Occlusion d'une partie des tubes de la chaudière.

On a déjà essayé dans les locomotives de régler le tirage par l'occlusion d'une partie des tubes de la chaudière. Gooch notamment a mis ce moyen en usage en Angleterre, en disposant devant la plaque tubulaire de la boîte à fumée des rangées de lames en tôle en forme de jalousies. Deux systèmes se présentent alors pour régler le tirage : on peut ou bien varier en même temps la section de tous les tubes, en abaissant et relevant plus ou moins toutes les lames qui restent toujours parallèles entre elles, comme cela a lieu dans les jalousies ordinaires; ou bien donner à chaque lame un mouvement indépendant et fermer complètement une ou plusieurs rangées de tubes par la manœuvre des lames correspondantes, tandis que les autres restent complètement ouverts et n'opposent aucune résistance au passage des gaz. Ce second système est celui que nous allons considérer ici; le premier, qui est celui de Gooch, sera examiné dans le chapitre suivant; car il a pour résultat de varier les ré-

sistances à l'écoulement du gaz plutôt que de varier à proprement parler la section tubulaire F_2 .

Je suppose donc les sections F de l'échappement et F_1 de la cheminée fixes et invariables les résistances qui sont représentées dans l'équation fondamentale (6) par le coefficient μ également constantes, c'est-à-dire la trappe du cendrier ouverte toujours au même point, et je cherche l'effet produit sur le tirage par la variation de la section totale des tubes F_2 .

On remarque tout d'abord que l'équation générale

$$\frac{L}{D} = \frac{\sqrt{\left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2 \left(\frac{F_1}{F} - 1\right)}}{\mu + \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2}$$

se simplifie beaucoup si l'on fait une hypothèse particulière, si l'on suppose F_2 très-grand par rapport à F_1 et par suite μ négligeable devant $\left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2$, elle se réduit en effet alors à

$$\frac{L}{D} = \sqrt{\frac{F_1}{F} - 1};$$

F_2 n'y entre plus, c'est-à-dire que la variation de la section totale des tubes n'a plus d'effet sur la plus ou moins grande énergie du tirage.

Mais cette hypothèse ne peut se faire en pratique; dans nos locomotives, la section F_2 n'est guère que le double de F_1 , et loin que le fait auquel elle conduirait tende à se réaliser, il est facile de constater au contraire que le système de l'occlusion partielle est d'une efficacité marquée sur la réglementation du tirage.

Pour nous en rendre mieux compte, prenons encore le cas particulier des locomotives du Nord-Est Suisse. Ces machines dont les dimensions anciennes ont été données plus haut, ont été modifiées récemment, et leur échappement actuel,

invariable, a 120 millimètres, leur cheminée 405 millimètres, de diamètre. — Ce sont des sections F de $0^m,01151$; F_1 de $0^m,12882$. Il n'y a pas eu d'ailleurs d'autre changement, et nous pouvons toujours conserver pour μ la valeur approchée $\mu = 5$. La section totale des tubes F_2 est toujours $0,22721$.

Dès lors ayant

$$\frac{F_1}{F} = 11,590, \quad \frac{F_2}{F} = 20,089 \quad \text{et} \quad \frac{F_2}{F_1} = 1,7658,$$

l'équation (9) donne

$$\frac{L}{D} = 2,50.$$

Cette valeur, correspondant à l'ouverture complète de la section tubulaire est la valeur maxima du rapport $\frac{L}{D}$. C'est, nous l'avons vu plus haut, celle qui dans les mêmes locomotives marchant avec échappement variable, correspond à l'ouverture moyenne de l'échappement.

(On aurait pu choisir des dimensions telles que ce maximum fût plus élevé : en conservant le même diamètre d'échappement $d = 120$ millimètres, on peut tirer, comme nous l'avons déjà fait, la section de la cheminée de l'équation (10) qui donne $\frac{F_1}{F} = 12,641$ ou $d_1 = 426$ millimètres toujours avec l'hypothèse $\mu = 5$. Ce diamètre, un peu plus grand que celui adopté par le constructeur, fournirait un tirage un peu plus fort et une valeur de $\frac{L}{D}$ égale à $2,434$ au lieu de $2,50$.)

Mais dans nos comparaisons nous devons prendre pour bases les types existant réellement : conservons donc 405 millimètres comme diamètre de cheminée et supposons que dans ce type de machines on veuille régler le ti-

rage en découvrant successivement un plus ou moins grand nombre de tubes. Soit toujours représentée par F_2 la section totale des tubes, et par F'_2 la somme des sections découvertes. Attribuons à $\frac{F'_2}{F_2}$ les valeurs successives $1, \frac{7}{8}, \frac{6}{8}$, etc., et nous obtenons le tableau suivant :

$\frac{F'_2}{F_2} \dots \dots \dots =$	1	7/8	6/8	5/8	4/8	3/8
$\frac{F'_2}{F_1} \dots \dots \dots =$	1,764	1,543	1,323	1,102	0,882	0,661
$\frac{L}{D} \dots \dots \dots =$	2,300	2,144	1,956	1,731	1,462	1,150

On voit à l'inspection de la dernière ligne qu'en découvrant plus ou moins de tubes on exerce sur le tirage l'influence la plus prononcée, et qu'on le fait même varier bien plus que tout à l'heure, par les deux systèmes de l'échappement ou de la cheminée variables. Il suffit de masquer $\frac{1}{4}$ de la section tubulaire totale pour faire diminuer le tirage dans le rapport de 2,50 à 1,956.

Mais quand on demande de pouvoir varier le tirage dans des limites étendues, est-ce pour le restreindre, pour n'avoir jamais que des aspirations d'air aussi faibles? Avec le système et les dimensions actuelles, on s'éloigne facilement du rapport $2,50 = \frac{L}{D}$ mais toujours en moins, tandis qu'avec les dimensions anciennes, 2,50 était la valeur moyenne de $\frac{L}{D}$ dont le maximum s'élevait à 2,808.

C'est là une différence fondamentale, et pour des machines où la pratique peut à certains moments, demander une aspiration d'air égale à près de trois fois la dépense de vapeur, il n'est pas douteux que le système de l'occlusion

partielle ne soit très-inférieur à ceux de l'échappement ou de la cheminée variables (*).

4° Variation de la résistance opposée au courant gazeux.

Il est bien des moyens de régler le tirage en variant à volonté la résistance à l'écoulement des gaz dans une locomotive, en d'autres termes, en agissant directement sur le coefficient μ de nos formules. Le seul travail du chauffeur qui peut amasser sur la grille une couche de combustible plus ou moins élevée, charger la houille ou le coke en plus ou moins gros morceaux, est un de ces moyens, et ce ne serait certainement pas le moins efficace : mais on ne peut trop y compter, il faut des moyens mécaniques, artificiels. Ceux qu'on emploie sont, ou bien un système de jalousies s'abaissant ou se relevant devant la plaque tubulaire de la boîte à fumée de manière à faciliter ou à restreindre l'écoulement des gaz qui vont à la cheminée, ou bien une trappe mobile adaptée à un cendrier fermé, se levant plus ou moins pour laisser arriver plus ou moins d'air à la grille.

Cette dernière disposition est la plus simple et la plus usuelle; c'est celle dont nous allons plus spécialement nous occuper, car elle est appliquée au type de machines que nous avons déjà décrit, et qui vont encore servir de base à nos comparaisons.

Dans la formule fondamentale

$$\frac{L}{D} = \frac{\sqrt{\left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2 \left(\frac{F_1}{F} - 1\right)}}{\mu + \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2},$$

(*) L'auteur ne compare ici ces divers systèmes qu'au point de vue du tirage. Le système de l'occlusion partielle est d'ailleurs évidemment condamné par ce fait que pour pouvoir varier l'appel d'air, il laisse sans emploi, dans la marche normale, une partie de la surface de chauffe, ce premier élément de la force d'une machine.

tout est invariable sous le radical, à l'exception de μ qui augmente d'autant plus que l'on réduit plus l'arrivée de l'air à la grille par la fermeture de la trappe du cendrier.

Il serait impossible de mesurer les valeurs de μ pour chaque degré d'ouverture de la trappe, — nous n'en avons d'ailleurs pas besoin, et il suffit de remarquer qu'on peut les faire passer par tous les états de grandeur, selon la manière dont on manœvrera la trappe; on peut même, en fermant complètement celle-ci, faire croître μ jusqu'à l'infini, cas limite dans lequel l'appel d'air L se réduit à zéro.

La seule forme de l'équation fait voir que des changements peu considérables dans les valeurs de μ auront pour conséquence de grandes variations dans le poids de l'air aspiré L , car le rapport $\frac{F_2}{F_1}$ est rarement supérieur à 2 : il diminue donc d'importance par rapport à μ à mesure que celui-ci augmente.

Quelques chiffres feront ressortir ce fait encore davantage : Je reprends les locomotives déjà citées où

$$\frac{F_1}{F} = 11,390 \quad \text{et} \quad \frac{F_2}{F_1} = 1,7638.$$

Je suppose que pour le cas de l'ouverture complète du cendrier, le coefficient de résistance μ soit égal à 3, et que par l'abaissement progressif et convenable de la trappe on l'élève successivement à 6, 9, 12, 15, etc.

La formule fondamentale donne les valeurs suivantes pour le rapport $\frac{L}{D}$:

Pour $\mu =$	3	6	9	12	15
$\frac{L}{D} =$	2,300	1,885	1,634	1,462	1,336

Série de chiffres qui suffit à montrer entre quelles limites

étendues on peut faire varier le tirage quand on modifie les résistances soit par la manœuvre d'une trappe, soit par quelque autre mécanisme analogue.

Ce moyen d'action est donc des plus efficaces : il ne le cède en rien, pour les résultats qu'il produit, au précédent, à celui qui consistait dans l'occlusion complète d'un certain nombre de tubes.

Bien qu'il ait fallu, dans les chapitres précédents, raisonner presque toujours sur des exemples particuliers, les conclusions de chacun d'eux sont cependant assez nettes pour que nous puissions apprécier et comparer avec quelque précision les quatre moyens proposés de régler le tirage.

Nous avons vu d'abord que deux de ces moyens conduisent à peu près au même résultat. L'échappement variable et la cheminée variable, à la condition de bien déterminer dans le second cas les dimensions des parties laissées invariables, sont équivalents, au point de vue du tirage produit; mais l'un de ces systèmes conduit à une section d'échappement plus faible, par suite à une contre-pression et à une perte de travail plus considérables : c'est celui de la cheminée variable. Il entraîne d'ailleurs une difficulté, celle de réaliser simplement la variabilité de section supposée : aussi doit-il être écarté tout d'abord, les deux systèmes se réduisent à un seul, au système dès longtemps consacré par la pratique de l'échappement variable.

Les deux autres moyens qui consistent, l'un à changer la section d'écoulement des gaz par l'occlusion d'un plus ou moins grand nombre de tubes, l'autre à modifier la résistance à cet écoulement par des procédés dont le plus pratique est l'installation d'un cendrier fermé avec trappe mobile, reviennent aussi, au point de vue de la réglementation du tirage, à peu près au même; mais on reconnaît facilement, en ayant égard à l'ensemble de l'effet à obtenir dans une machine locomotive et à la simplicité du mécanisme,

l'avantage du dernier système, le cendrier fermé et la trappe mobile.

Nous sommes donc arrivés par la théorie à réduire à ces deux systèmes les moyens de régler le tirage des locomotives. — La pratique les avait d'ailleurs déjà consacrés à l'exclusion de tous autres.

Tous deux sont-ils également avantageux? Ici commence la discussion : en Allemagne et en France, on règle presque partout au moyen de l'échappement variable. En Angleterre et sur la ligne du Nord-Est Suisse, on préfère établir l'échappement fixe, et régler le tirage en ouvrant plus ou moins la trappe du cendrier.

A ne prendre que les résultats numériques de nos calculs, appliqués, il est vrai, à des types de machines particulières, les deux systèmes produisent pour un même poids de vapeur dépensée des tirages *maximum* assez différents :

L'échappement variable dans le cas du serrage maximum a donné pour le rapport $\frac{L}{D}$ la valeur maxima 2,808.

L'échappement fixe avec ouverture variable du cendrier récemment introduit dans les machines suisses, donne pour ce même rapport la valeur maxima $\frac{L}{D} = 2,300$.

On pourrait être porté à en conclure que le changement effectué n'a pas été une amélioration ; mais la simple comparaison de ces nombres induirait en erreur, et les hypothèses sur lesquelles repose le calcul ne permettent pas une affirmation aussi absolue. On a supposé en effet qu'avant et après le changement la valeur du coefficient de résistance μ restait la même dans les formules, et cette hypothèse est loin d'être justifiée : il n'est pas douteux, au contraire, que μ ne change notablement par un feu tenu plus ou moins bas, par un plus ou moins grand écartement des barreaux de grille, en un mot par une altération quelconque du foyer et de son allure ; les exemples choisis faute d'autres ne sont donc pas

encore malheureusement aussi comparables que le voudrait la théorie, et en attendant d'autres expériences, on ne peut guère que s'en rapporter aux résultats de la pratique des deux systèmes ; or celle-ci prononce que les deux systèmes rendent exactement les mêmes services, surtout quand on ajoute à l'échappement un jet de vapeur directement emprunté à la chaudière et débouchant dans l'axe de la cheminée. — Ce jet auxiliaire, le souffleur, a d'ailleurs l'avantage de permettre au mécanicien d'activer son feu, même au repos, à la seule condition d'avoir de la vapeur dans sa chaudière.

Ce résultat était facile à prévoir, car il ne faut pas exagérer le reproche fait à l'échappement variable d'augmenter la contre-pression, la perte de travail, quand on veut activer le tirage ; le mal produit, il faut le remarquer, n'est jamais considérable : il suffit au chauffeur d'un peu d'attention dans la conduite de son feu pour n'avoir presque jamais besoin de serrer à fond l'échappement, et pour garder toujours un degré d'ouverture voisin de la moyenne. Il peut même arriver qu'un serrage extrême, loin d'activer la production de la vapeur, la diminue au contraire ; ce sera le cas où l'on arriverait à aspirer trop d'air, à en faire passer à travers la grille plus qu'il n'est nécessaire à une combustion complète. Tout l'excès d'air admis ne fait alors qu'abaisser la température de la boîte à feu et des tubes, et restreindre, au lieu de l'augmenter, la production de vapeur.

Il faudrait se garder d'ailleurs de se borner à la comparaison des maximum. Ce qu'on doit demander aux deux systèmes en présence, ce n'est pas si l'un d'eux aspirera un poids d'air supérieur dans le cas exceptionnel au tirage maximum, mais si tous deux permettront également d'obtenir tout l'air nécessaire à la combustion quand la machine travaillera avec toute sa force, c'est-à-dire avec grande dépense de vapeur. Or ce résultat est déjà atteint dans la plupart des locomotives à échappement variable par l'ou-

verture moyenne de celui-ci, et ce n'est que dans les cas tout à fait exceptionnels, quand il faut faire monter la pression même au prix d'une grande dépense de vapeur, qu'il y a lieu de recourir à un serrage à fond de l'échappement. Dans ces circonstances, dues la plupart du temps à l'inattention du chauffeur, on arrive au même but, avec un échappement fixe, par le moyen du souffleur, au prix du même sacrifice et du même inconvénient. Si l'on n'augmente plus la contre-pression par le rétrécissement de l'orifice par lequel jaillit la vapeur, on augmente en revanche la dépense de vapeur par la mise en jeu du souffleur, et cela revient au même.

Nous nous résumerons en recommandant de ne pas attacher à l'adoption de tel ou tel système d'échappement plus d'importance qu'il n'y a réellement lieu de le faire : mettre dans la main du mécanicien un moyen de changer le tirage subitement et à volonté n'est pas le but principal à poursuivre. Que dans la marche normale, le tirage se règle de lui-même et sans l'intervention de personne : voilà le premier résultat à rechercher, et celui que le mécanisme de l'échappement réalise à merveille, nous l'avons clairement démontré. Le poids de l'air qu'il aspire est immédiatement proportionnel à la dépense de vapeur, et par suite, en choisissant des dimensions convenables, il arrive toujours à la grille la masse d'air qu'elle réclame, que la machine use peu ou beaucoup de vapeur.

Si l'on pouvait compter sur une conduite de feu toujours attentive et soigneuse, il serait inutile de se préoccuper autrement des moyens de régler le tirage : il n'en est malheureusement pas ainsi ; mais en tout cas, ces moyens ne doivent être considérés que comme des compléments de l'échappement, destinés bien moins à compenser ses imperfections qu'à corriger les fautes commises par le chauffeur dans la conduite du feu.

De l'effet utile de l'échappement.

L'effet utile d'un système d'échappement peut être considéré d'une manière générale comme d'autant plus élevé que, pour une même dépense de vapeur, le poids d'air aspiré est plus considérable. Dès lors, si D est le poids de vapeur qui, pendant un certain temps, sort par l'échappement, L le poids d'air aspiré correspondant, le rapport $\frac{L}{D}$ donne la mesure de l'effet utile.

C'est à ce rapport que nous nous sommes attachés jusqu'ici. Nous en avons obtenu l'expression en fonction de divers éléments de la machine dans l'équation fondamentale (6), et il nous a servi de base pour l'étude comparative des divers systèmes d'échappement ; mais on peut encore définir autrement l'effet utile de l'échappement ; on peut désigner par ce mot :

1° Le rapport de la force vive que possède l'air aspiré au moment où il afflue dans la boîte à fumée à celle que possédait la vapeur lancée par l'échappement ;

2° Le rapport de la force vive du mélange d'air et de vapeur dégagé par la cheminée, à la force vive de la vapeur échappée pendant le même temps.

Soit la première définition.

Il s'écoule par l'échappement dont la section est F un poids D de vapeur par seconde avec une vitesse w et sous la densité γ_1 . Cette vapeur emporte un travail disponible, possède une force vive $T = D \frac{w^2}{2g}$ et son poids $D = Fw\gamma_1$.

Pendant le même temps, il a été aspiré un poids d'air L qui s'échappe des tubes dont la section totale est F_2 avec une vitesse w_2 sous une densité que nous supposerons la même, γ_1 représentant la moyenne de ces deux densités peu

différentes l'une de l'autre. Cet air arrive avec une force vive, avec un travail disponible par seconde

$$T_1 = \frac{L w_2^2}{2g}, \quad L \text{ étant } F_2 w_2 \gamma_1.$$

Le rapport $\frac{T_1}{T}$, qui mesure l'effet utile et qui peut se représenter par la lettre η_1 , est donc

$$\eta_1 = \frac{L w_2^2}{D w^2}, \quad \text{ou comme} \quad \frac{w_2}{w} = \frac{F L}{F_2 D},$$

et que le rapport $\frac{F}{F_2}$ a déjà été représenté par $\frac{1}{n}$

$$\eta_1 = \left(\frac{1}{n}\right)^2 \left(\frac{L}{D}\right)^3$$

expression dans laquelle $\frac{L}{D}$ peut s'évaluer, comme précédemment, au moyen de l'équation fondamentale (6).

Soit la seconde définition; l'effet utile η_2 ne s'estime pas moins simplement. Conservons à la lettre T la même signification et soit désigné par T_2 le travail disponible, la demi-force vive possédée par le mélange d'air et de vapeur qu'on dégage dans la cheminée, l'effet utile cherché η_2 n'est autre chose que $\frac{T_2}{T}$. Or

$$T_2 = (L + D) \frac{w_1^2}{2g}$$

si w_1 est la vitesse du mélange dans la cheminée et

$$L + D = F_1 w_1 \gamma_1,$$

si F_1 est la section de la cheminée, γ_1 la densité du mélange supposée encore la même.

On a donc

$$\eta_2 = \frac{T_2}{T} = \frac{L + D}{D} \frac{w_1^2}{w^2},$$

ou en remplaçant $\frac{w_1^2}{w^2}$ par sa valeur

$$\left(\frac{L + D}{D}\right)^2 \left(\frac{F}{F_1}\right)^2 = \left(\frac{L + D}{D}\right)^2 \left(\frac{1}{m}\right)^2,$$

$$\eta_2 = \left(\frac{1}{m}\right)^2 \left(\frac{L + D}{D}\right)^3 = \left(\frac{1}{m}\right)^2 \left(1 + \frac{L}{D}\right)^3.$$

Il est facile, au moyen de la formule (6), d'évaluer η_2 aussi bien que η_1 , étant données les dimensions de la machine.

Rien n'est donc plus aisé, grâce à cette formule, que de se rendre compte de l'effet utile d'un système d'échappement, quelque sens que l'on veuille donner à ce mot.

S'il s'agit, par exemple, des machines déjà considérées où

$$\frac{L}{D} = 2,30 \quad \text{et} \quad m = 9,200, \quad n = 21,721,$$

il en résulte les valeurs

$$\eta_1 = 0,0258$$

pour l'effet utile considéré comme le rapport de la force vive de l'air aspiré à celle de la vapeur qui produit l'aspiration, et

$$\eta_2 = 0,424$$

pour l'effet utile considéré comme le rapport de la force vive du mélange d'air et de vapeur lancée dans la cheminée à celle de la vapeur dépensée.

Au point de vue pratique, la seconde définition de l'effet utile est évidemment la plus importante. Les deux termes à considérer sont, en effet, d'une part le travail que possède, que peut encore fournir la vapeur à sa sortie du cylindre et de l'échappement; de l'autre, le travail qu'on est en tout cas et définitivement obligé de perdre en rejetant par la che-

minée des gaz animés d'une certaine vitesse. La différence de ces deux travaux représente ce qui a été absorbé pour produire le tirage, pour activer la combustion.

Cherchons à mesurer par des nombres et à comparer entre eux ces divers éléments; supposons que la pression de la vapeur à l'échappement soit de $1/4$ d'atmosphère en sus de la pression atmosphérique.

Chaque kilogramme de vapeur (*) emporte à cette pression $8,939$ calories de chaleur, ou $424 \times 8,939 = 3790,136$ kilogrammètres de travail, si l'on néglige les résistances à l'écoulement. Si, au contraire, on tient compte de ces résistances en affectant la vitesse théorique du coefficient $0,95$, c'est-à-dire le travail du coefficient $0,95^2$, chaque kilogramme de vapeur emporte avec soi $3420,56$ kilogrammètres.

S'il s'écoule D kilogrammètres par seconde.

C'est un travail disponible, une demie force vive par seconde de $3420,56 \times D$ kilogrammètres ou de $45,61 \times D$ chevaux-vapeur.

$$T = 45,61 \times D \text{ chevaux-vapeur.}$$

Une partie de ce travail, de cette force vive a servi à aspirer l'air qui alimente la combustion, à lui imprimer une certaine force vive.

$$\text{Vu l'équation } \eta_1 = \frac{T_1}{T}.$$

En multipliant la valeur de T précédente par η_1 , on trouve cette force vive emmagasinée T_1 , ce travail dont est susceptible le courant gazeux qui pénètre dans la boîte à fumée :

$$T_1 = \eta_1 \times 45,61 \times D = 1,76 \times D \text{ chevaux-vapeur.}$$

(*) Voir l'ouvrage de M. Zeuner, p. 84, ligne 8 du tableau.

Voir aussi le mémoire de M. Ch. Combes déjà cité, *Bulletin de la Société d'encouragement*, novembre 1863.

$$\text{De même vu l'équation } \eta_2 = \frac{T_2}{T}.$$

En multipliant la même valeur de T par η_2 , on obtient T_2 , le travail ou la force vive du mélange d'air et de vapeur définitivement perdu dans l'atmosphère

$$T_2 = \eta_2 \times 45,61 \times D = 19,34 \times D \text{ chevaux-vapeur.}$$

Concluons de ce dernier résultat la valeur $T - T_2$ travail producteur du tirage

$$T - T_2 = 26,27 \times D \text{ chevaux-vapeur.}$$

On voit que

$$\frac{T - T_2}{T} = \frac{26,27}{45,61} = \frac{576}{1.000}.$$

Ainsi les $\frac{576}{1000}$ de la force vive que possédait la vapeur à sa sortie de l'échappement, sont employés plus ou moins avantagement à produire le tirage, le reste $\frac{424}{1000}$, est emporté au dehors par le mélange de vapeur et de gaz que rejette la cheminée.

Dans les machines dont nous nous sommes occupés déjà, la consommation de vapeur est d'environ $0^k,6$ par seconde; D peut donc être remplacé par le nombre $0,6$, et les expressions précédentes se complètent ainsi qu'il suit pour ce cas particulier : le travail qu'apporte la vapeur lancée par l'échappement est $T = 27,37$ chevaux-vapeur.

Une portion de ce travail est employée à produire le tirage $T - T_2 = 15,76$ chevaux-vapeur.

Le reste $T_2 = 11,60$ chevaux-vapeur est rejeté par la cheminée sous forme de force vive comportée par le mélange de gaz et de vapeur.

Pour d'autres locomotives, pour de fortes machines à

marchandises, par exemple, on trouverait des nombres notablement plus élevés.

Il n'est pas besoin de faire ressortir l'importance de l'étude qui précède, ni le parti qu'on en peut tirer.

On a fait à plusieurs reprises, dans ces dernières années, en France notamment, des expériences nombreuses sur le tirage des locomotives : voici un guide à l'aide duquel on peut classer et comparer ces expériences, en déduire les résultats les plus immédiats et les plus utiles : n'est-il pas, d'ailleurs, d'un haut intérêt de constater directement, et par le plus grand nombre de faits possible, le degré d'exactitude de ces formules et de ces lois, dont la netteté, si précieuse pour la pratique, n'a pu cependant être atteinte que grâce à des approximations de calcul.

Que les praticiens entreprennent de vérifier les équations qui viennent d'être proposées en les comparant soit aux résultats des expériences anciennes, soit à ceux d'essais nouveaux faciles à diriger maintenant vers un but déterminé, que les constructeurs essayent de se servir de ces formules pour calculer les dimensions des diverses parties de l'échappement, et quelques progrès pourront être encore réalisés dans l'établissement d'un des organes fondamentaux de la machine locomotive (*).

(*) Au moment où nous terminons cette note, MM. Nozo et Geoffroy font connaître une série d'expériences faites au chemin de fer du Nord, antérieurement à la publication de l'ouvrage de M. G. Zeuner, sur les conditions d'établissement des cheminées de locomotives. (Extrait des Mémoires de la Société des Ingénieurs civils, *Expériences sur les conditions d'établissement des cheminées de locomotives faites au chemin de fer du Nord sous la direction de M. J. Petiet*, par MM. A. Nozo et O. Geoffroy. — Librairie E. Lacroix. — 1864.)

Voici déjà l'occasion d'apprécier l'utilité de contrôler la rigueur des conclusions de M. G. Zeuner.

NOTE

SUR UNE NOUVELLE MÉTHODE DE CHARGEMENT DES HAUTS FOURNEAUX.

Par M. P. ESCALLE, ingénieur-directeur des usines de MM. Harel et C^{ie}, à Givors (Rhône).

Le mode de chargement des hauts fourneaux présente en France et en Angleterre des différences essentielles. Nous ne voulons pas examiner dans cette notice toutes les raisons qu'on peut alléguer à l'appui de l'un ou l'autre des deux systèmes, mais nous pensons, avec un grand nombre de fondeurs français, que la supériorité des résultats techniques obtenus dans certaines usines anglaises, dépend en partie de la différence même des méthodes de chargement (*). Quant à nous, nous n'hésitons pas à croire que c'est de ce côté qu'il faut chercher pour nos fourneaux français un de leurs plus utiles et de leurs plus immédiats perfectionnements.

Les hauts fourneaux en Angleterre sont généralement munis de gueulards à grand diamètre. C'est vers la circonférence de ces gueulards que se fait le chargement, tandis que les gaz se dégagent librement.

En France, une disposition toute contraire est généralement usitée : les gueulards sont ici plus resserrés, les charges sont uniformément réparties sur toute la section du gueulard, et les gaz sont pris sur la circonférence.

Les faits immédiats qui résultent de ces deux genres de dispositions sont d'amener, dans la méthode anglaise, les plus gros fragments vers le milieu du fourneau, tandis

(*) État présent de la métallurgie du fer en Angleterre, p. 146.

qu'en France ils sont également répartis sur toute la surface du gueulard et quelquefois même rejetés sur la circonférence. Quant aux gaz, ils ont, chacun le sait, indépendamment de tout système de chargement, une tendance à s'élever, à ramper pour ainsi dire, le long des parois, où ils trouvent une moindre résistance. Cette tendance est efficacement combattue par le fait caractéristique de la méthode anglaise d'une colonne centrale composée de gros fragments, tandis qu'elle subsiste tout entière et se trouve même favorisée par l'égalité répartition de ces gros fragments, et surtout par leur accumulation auprès des parois, dans le cas de la méthode française; enfin, et l'on ne saurait nous le contester, les prises de gaz à la circonférence, principalement dans le cas d'un grand gueulard, ne peuvent que faciliter encore ce courant des gaz vers les parois (*).

Ces remarques très-simples conduisent, dans notre opinion, à des conclusions pratiques sur lesquelles l'attention des métallurgistes n'est peut-être pas assez portée. On se demande, en effet, comment on n'a pas cherché plus souvent en France à se rapprocher des procédés usités en Angleterre. Ce n'est pas que la pensée de chercher à concilier les avantages d'un grand gueulard et d'un chargement à la circonférence avec l'avantage non moins important de l'utilisation complète des gaz, ne se soit présentée aux personnes qui s'occupent des progrès de notre industrie sidérurgique. Quelques efforts ont même été tentés dans ce sens. Il est regrettable qu'ils n'aient pas été poursuivis, qu'ils n'aient pas été répétés sur une plus large échelle, et qu'on ait trop facilement peut-être désespéré de leur succès.

Il y a sept à huit ans, M. Coingt imagina un appareil fort ingénieux de fermeture (**), destiné d'abord à répartir

(*) État présent de la métallurgie du fer en Angleterre, p. 152.

(**) *Annales des mines*, 5^e série, tome X, page 69.

la charge, à une distance à peu près moyenne, entre la paroi et l'axe du fourneau, et à recueillir en même temps, vers le centre, la totalité des gaz. Malheureusement, nous le répétons, cet appareil ne s'est pas répandu, et l'on n'a pas assez profité de ses incontestables avantages. Que le succès très-restreint de cette invention remarquable s'explique par ses complications apparentes, ou par le reproche que lui ont adressé quelques personnes de ne pas permettre le chargement en wagon, il n'en est pas moins vrai que depuis son apparition elle n'a pas été, si nous sommes bien informé, employée ailleurs qu'à Aubin et à Montluçon.

Les autres tentatives qui se sont faites dans le sens de la méthode anglaise consistent dans l'application pure et simple du grand gueulard, sans rien changer du reste au mode de chargement usité déjà, ni aux dispositions des prises de gaz.

On peut dire, en toute vérité, que ces tentatives ont été imparfaites, et qu'il n'en est résulté que des mécomptes.

Aussi, les grands gueulards sont-ils définitivement proscrits de la plupart des usines de nos contrées. Nous pourrions en citer où les diamètres de 2^m,10 au gueulard sont considérés comme un *maximum*. Ce n'est pas, nous le répétons, qu'on n'ait souvent essayé des gueulards dont les dimensions ne fussent plus considérables. Un de ces essais incomplets a été tenté aux usines de Pont-Évêque, à Givors, et fut pour nous le point de départ de nos recherches. On avait voulu, dans ces usines, essayer d'un gueulard de 3^m,20, en se refusant du reste à admettre d'autres prises de gaz que celles de la circonférence; et, ce qui était plus grave encore, on croyait ne devoir apporter aucune modification à l'appareil de chargement. Cet appareil, cône répartiteur et obturateur, avait 1^m,30 de diamètre à la base. Placé sur un gueulard de cette grandeur, il ne pouvait produire aucun effet utile de répartition des matières, et celles-ci demeuraient en effet accumulées vers

le milieu du fourneau. L'allure générale laissa beaucoup à désirer; disons mieux, elle fut des plus déplorables. Le cône dont il s'agit, fut remplacé par un autre, ayant à sa base 1^m,50, dimension considérée comme extravagante; l'allure du fourneau s'améliora notablement, mais, chose regrettable, après avoir eu assez de hardiesse pour tenter un gueulard de 3^m,20, on en manqua pour essayer d'un cône en rapport avec ces dimensions. Il restait évidemment beaucoup à faire. On pouvait se convaincre, par la forme qu'affectaient les charges, que les dimensions du cône n'étaient pas suffisantes encore, à une hauteur où le diamètre du fourneau atteignait 3^m,45. Aussi les matières s'amoncelaient-elles en forme de cône. Ce mode de chargement semblerait cependant, au premier coup d'œil, devoir faire prendre aux matières une disposition contraire. Mais les matières, après avoir glissé sur les parois du cône, se répartissent dans le fourneau en forme de couronne, à section sensiblement triangulaire, offrant ainsi un double talus, une double pente, aux gros fragments. Cela étant, il serait naturel de penser que ceux-ci, alors même qu'ils ne rouleraient pas tous vers le centre, devraient s'y réunir au moins en partie. Qu'arrivait-il cependant? En fait, toutes les fois que nous examinons le gueulard, nous trouvons les gros morceaux vers la circonférence, tandis que le reste des matières formait un entassement au milieu du fourneau. Il est facile de s'expliquer ce qui se passait en réalité pendant le chargement. Admettons pour un moment que ce cône répartiteur ait produit l'effet qu'il semble promettre, et que les matières se trouvent disposées en double talus. Le vide formé par le talus *intérieur* est, quant au volume, six ou sept fois moindre que le sillon compris entre le talus *extérieur* et les parois du fourneau. Alors, aux prochaines charges, dès que les premiers morceaux seront parvenus au centre, le vide intérieur se trouvera comblé, tandis qu'à l'extérieur le talus existera toujours et entrainera seul les

gros fragments vers la circonférence du gueulard; c'est, du reste, nous le répétons, ce que l'expérience nous a démontré, et les praticiens concevront facilement quelle pouvait être l'allure d'un fourneau dont les dimensions du gueulard étaient celles que nous avons dites. Le chargement se comportait, en réalité, comme un véritable chargement *central*, avec des prises de gaz le long de la circonférence.

Nous reviendrons, en traitant un autre sujet, sur les faits caractéristiques de l'allure de ce fourneau. Bornons-nous à noter les conséquences premières de ces vicieuses dispositions de chargement: les gaz s'élevaient le long des parois avec tant de facilité que les briques réfractaires, à la hauteur de la charge, atteignaient constamment une température rouge, les minerais eux-mêmes devenaient rouges à leur contact avec les briques; dès que le fourneau demeurerait arrêté quelques instants, et que l'air naturel affluait par le bas, cette température augmentait rapidement, tandis que la masse demeurait froide et noire, quelle que fût la durée de l'arrêt. Nous ne pouvions marcher qu'à de très-faibles pressions. Dès que nous voulions forcer le vent, les minerais abondaient aux tuyères et la température s'élevait au pourtour du gueulard. Finalement, le fourneau fut mis hors feu.

Les phénomènes qui se sont produits autour de ce grand gueulard nous ont vivement frappé, et nous ont amené à chercher les méthodes de chargement qui pourraient le mieux lui convenir.

MM. J. Prénat et L. Pion, directeurs de hauts fourneaux à Givors, nous ont aidé dans nos recherches, et c'est avec une véritable satisfaction que nous leur en témoignons ici notre reconnaissance.

Nous sommes pleinement convaincu qu'il est pratiquement possible de concilier les avantages des grands gueulards avec la complète utilisation des gaz. Les deux dis-

positions auxquelles nous nous sommes arrêté et que nous allons décrire, nous paraissent, en conservant tout ce qu'il y a de vraiment progressif dans les appareils déjà connus, éviter les inconvénients qui se sont opposés jusqu'ici à l'adoption des grands gueulards.

Description des appareils. — En résumé, charger à la circonférence du gueulard et prendre les gaz au centre, telle est la méthode que nous préconisons. Les avantages de cette méthode sont, croyons-nous, quelle que soit la grandeur du gueulard, complètement réalisés par les deux appareils que nous donnons, Pl. V, fig. 10, 11 et 12 pour l'un et fig. 8 et 9 pour l'autre.

Nous pensons qu'il serait superflu de donner une description de ces appareils; un coup d'œil sur la planche et sur la légende ci-jointe fera pleinement connaître notre pensée.

Premier appareil (fig. 10, 11 et 12).

- A. Cloche en tôle; prise des gaz.
 - B. Tuyaux en fonte ou en tôle, rivés sur la cloche A. conduisant les gaz à la galerie D. Ces tuyaux servent également de support à la prise de gaz.
 - C. Appendice à la cloche A, rejetant la matière jusque vers la circonférence.
 - D. Galerie circulaire.
 - E. Conduites des gaz aux divers points où ils doivent être utilisés.
 - F et G. Deux pièces, bien connues, composant une fermeture hydraulique ordinaire.
 - K. Regards pour le nettoyage des tuyaux B.
- Les wagons, quelle que soit leur forme, viennent à l'aide d'un chemin de fer se décharger sur le sommet même de la cloche A.

Deuxième appareil (fig. 8 et 9).

- A. Trémie en tôle recevant les matières que viennent y décharger les wagons.
- B. Cône répartiteur et obturateur, en tôle ou en fonte. S'il est en

tôle, *b* représente un anneau en fonte tourné à l'extérieur sur sa surface de contact avec la trémie A.

- a. Appendice au répartiteur.
- B'. Rigole en fonte fixée au cône B.
- C. Tuyau de prise des gaz.
- D. Conduites des gaz. Ces conduites sont encastrées verticalement dans le massif du fourneau. Ainsi se trouve consolidée la prise de gaz sans le secours de colonnes spéciales.
- C'. Cylindre plongeur dans la rigole B', formant avec cette dernière une fermeture hydraulique entre le distributeur et la prise de gaz.
- E. Couronne supportant librement la trémie A.
- F et G. Marâtres.
- H. Axe des leviers I fixé à la marâtre F par l'intermédiaire de paliers et de coussinets.
- I. Leviers collés sur H, destinés à faire mouvoir verticalement le répartiteur BB'.
- J. Bielles complétant avec I un parallélogramme articulé.
- K. Guides ou coulisseaux.
- L. Tiges guidées par K. Ces tiges sont solidement fixées sur le répartiteur BB', dont ils maintiennent la verticalité quand il s'abaisse ou s'élève.
- M. Chappes.
- N. Soupape de dégagement des gaz.
- O. Semelles en fonte faisant porter le tuyau C sur les marâtres F et G.

Le premier appareil, plus simple que le second, peut être comparé, comme prise de gaz et comme répartition des matériaux, à celui qu'on emploie dans le Cumberland et qui est décrit par M. Jordan (*). Il a sur ce dernier l'avantage de recueillir tous les gaz, de permettre le chargement mécanique (nous voulons dire à l'aide du wagon et non de la brouette ou de la basquette). Si le wagon employé est cylindrique, on est assuré que la charge sera rejetée, uniformément répartie, vers la circonférence. Enfin, il est plus simple en ce sens qu'il évite tous les grands tuyaux qui

(*) Note sur la fabrication des fontes d'hématite dans le Cumberland.

surmontent le fourneau dans l'appareil auquel nous comparons le nôtre. Son application sur un fourneau en pleine activité n'exigerait pas plus de six à huit heures d'arrêt. Il ne nécessiterait dans ce cas aucune addition de tuyaux, par conséquent point de raccordement à opérer; en un mot, tout ce qui existe suffirait pleinement à son installation.

Le prix de revient de cet appareil est d'environ 15 ou 1.600 francs. Cette somme se répartit de la manière suivante :

	kilog.	fr. p. 100.	fr.
Fer.	100	× 60 =	60,00
Tôle	990	× 65 =	643,50
Fonte	2.505	× 28 =	701,40
Divers	»	»	200,00
Total			1.604,90

Le second peut être comparé à l'appareil de M. Coingt. La principale différence qu'il présente avec ce dernier, c'est que toutes les matières sont complètement rejetées vers la circonférence : ce point nous paraît capital. Nous craignons que l'appareil Coingt n'ait les inconvénients dont nous avons parlé à propos de notre cône obturateur de 1^m,50; cette opinion nous paraît d'autant plus fondée que le vide intérieur se trouve encore restreint, dans le système de Montluçon, par le tuyau plongeur.

D'après notre dessin, ce tuyau devrait aussi plonger d'environ 0^m,30 dans les matières. Cette condition, toutefois, n'est pas indispensable à la bonne marche de l'appareil. Ainsi nous savons, par M. Rebuffet de Terrenoire, qu'à Montluçon la chaleur s'élève souvent au gueulard et que, pour remédier à cet inconvénient, on est obligé de laisser descendre les charges à quelques centimètres au-dessous de ce tuyau. En fait, c'est diminuer d'autant la hauteur du fourneau; il conviendrait donc mieux d'arrêter simplement ce tuyau à quelques centimètres de la base du distributeur.

Le prix de ce deuxième appareil serait plus élevé que celui du premier. Il se subdivise de la manière suivante :

	kilog.	fr. p. 100.	fr.
Fer.	450	× 50 =	225,00
Tôle	2.570	× 60 =	1.542,00
Fonte	500	× 28 =	140,00
Fonte	2.360	× 18 =	424,00
Divers	»	»	300,00
Total			2.631,00

Faisons remarquer encore que les deux appareils peuvent être utilisés, tout en produisant les mêmes effets, quelles que soient les dimensions du gueulard. Il suffit pour cela de modifier les appendices (C pour le premier et A pour le second), et de leur donner plus ou moins d'étendue selon que l'on augmentera ou diminuera la section du gueulard.

Ajoutons, en terminant, que notre second appareil vient d'être établi, par M. Pion, sur l'un des hauts fourneaux de Givors dont le diamètre est de 2^m,60. Nous apprenons qu'il fonctionne convenablement.

NOTE

SUR UNE MACHINE A VAPEUR POUR ENFONCER LES PILOTIS,
DE M. RIGGENBACH, INGÉNIEUR EN CHEF DE LA TRACTION DU CHEMIN
DE FER CENTRAL SUISSE.

Par M. LE BLEU, ingénieur des mines.

Parmi les travaux intéressants auxquels ont récemment donné lieu les chemins de fer de la Suisse, on peut citer a nouvelle gare de Bienne, maintenant en construction. Elle est établie sur un terrain marécageux, remplissant les bas-fonds qui, vers le nord, continuent la dépression du lac. Tous les bâtiments et même une partie des voies devront être assis sur pilotis. La quantité considérable de pieux qu'il fallait enfoncer jusque dans le sous-sol résistant présentait un obstacle sérieux, soit à cause de la dépense considérable qui devait en résulter, soit à cause de la lenteur d'un pareil travail. M. Riggerbach, ingénieur en chef de la traction du chemin de fer central suisse, a très-heureusement résolu la question, au moyen d'un appareil ingénieux dont nous donnerons la description et qui a permis d'exécuter ce travail avec célérité et économie.

Les *fig. 8* et *10*, Pl. VIII, donnent le plan et l'élévation de l'appareil; les *fig. 9* et *11* les coupes horizontale et verticale.

Tout le système est suspendu, au moyen d'une poulie D, à un wagonnet circulant sur une charpente provisoire élevée au-dessus du chantier. Au même wagonnet sont adaptées deux longuerines LL, descendant verticalement et servant de guide à l'ensemble du mécanisme, au fur et à mesure que le pieu s'enfonce dans le sol.

L'appareil se compose, comme toute machine à vapeur,

d'un cylindre et d'un piston ; seulement le piston est fixe et le cylindre mobile. C'est ce dernier qui représente le marteau et agit par son choc sur la tête du pieu à enfoncer A.

Dans ces conditions, il est indispensable que le piston soit invariablement lié au pieu. La tête de celui-ci est saisie par une mâchoire M, serrée au moyen de quatre vis VV. Cette mâchoire peut se mouvoir horizontalement dans un châssis K, auquel sont adaptées quatre glissières verticales GG, servant à la fois à rattacher le pieu à la tête du piston et à guider le cylindre dans sa course. Ces glissières sont fixées au châssis par des écrous munis de rondelles de caoutchouc HH, afin que l'ébranlement du pieu ne se transmette pas trop brusquement aux pièces du mécanisme.

La tige du piston est creuse ; c'est par là que la vapeur arrive dans le cylindre, mais toujours au-dessus du piston ; elle n'a d'autre but que de soulever la masse du cylindre qui retombe d'elle-même et agit seulement par percussion.

Pendant la course ascensionnelle du cylindre, tout l'espace compris au-dessus du piston est rempli de vapeur à la pression de la chaudière jusqu'au moment où deux orifices OO, ménagés dans les flancs du cylindre et à moitié de la hauteur, sont démasqués : la vapeur se dégage alors librement dans l'atmosphère ; mais la vitesse acquise par la masse du cylindre lui fait parcourir encore un certain trajet, pendant lequel l'air accumulé au-dessus du piston se comprime. Cet air comprimé fait ressort et accélère la vitesse initiale du cylindre dans la course descendante.

Ce mécanisme est fort simple et fonctionne avec la plus grande facilité, grâce au mode de distribution de la vapeur. Celle-ci arrive par un tuyau flexible dans une boîte B, fermée à sa partie supérieure par un piston P, obstruant et démasquant tour à tour les orifices II d'introduction dans

la tige du piston moteur. Pour rendre un compte exact des fonctions de cet appareil, il est indispensable de suivre la marche de l'opération pendant le double mouvement du marteau.

Supposons le cylindre arrivé à l'extrémité de sa course descendante, le piston moteur est presque en contact avec le couvercle supérieur. A ce moment, la vapeur agissant par sa pression sur le petit piston P, le soulève et s'introduit librement par les orifices II, pour se rendre dans le cylindre. Celui-ci prend un mouvement ascensionnel ; mais en même temps il entraîne un goujon J, glissant dans une coulisse C, fixée à la tête du piston moteur. Cette coulisse commande un levier E qui fait descendre le petit piston P et ferme l'introduction de la vapeur, au moment où le cylindre arrive à l'extrémité de sa course ascendante. En outre, elle fait mouvoir, au moyen de tiges à ressort RR, un taquet d'arrêt T, qui maintient le piston P pour qu'il ne soit pas soulevé par la vapeur pendant que le cylindre tombe sur la tête du pieu. La courbe de la coulisse est calculée de telle sorte que le taquet d'arrêt est dégagé au moment même où la chute du cylindre finit de s'accomplir. L'introduction de la vapeur recommence alors, et les opérations se reproduisent dans le même ordre.

Le diamètre du cylindre est de 0^m,24, sa course aussi de 0^m,24 ; son poids, qui est réellement celui du marteau, 350 kilogrammes. Il bat 200 coups à la minute. Grâce à cette grande vitesse, il enfonce avec une merveilleuse facilité des pieux de 3^m,30 de longueur et de 0^m,24 de diamètre. Le temps le plus long est celui qui est nécessaire pour placer l'appareil ; aussi faut-il compter quinze minutes pour une opération. Depuis que l'appareil fonctionne à Bienne, il a enfoncé en moyenne quarante pieux par jour.

NOTE

SUR UN PROCÉDÉ DE TRANSFORMATION POUR LES ENGRÉNAGES
DE ROULEMENT CYLINDRIQUES OU CONIQUES.

Par M. J.-N. HATON DE LA GOUPILLIÈRE, ingénieur des mines,
examinateur d'admission à l'École polytechnique.

1. Ce titre peut sembler au premier abord un non-sens, car on établit dans les éléments qu'il ne saurait exister d'engrenages cylindriques ou coniques procédant par simple roulement. Cette condition conduit en effet aux cercles primitifs eux-mêmes, et ne fournit par conséquent que les roulements de friction. Mais cette impossibilité tient à ce qu'on exige ordinairement dans les machines (*) que le rapport des vitesses reste constant. Si on le laisse au contraire variable, le problème devient indéterminé, et l'on peut employer un profil quelconque en choisissant convenablement la courbe conjuguée.

C'est ainsi que depuis Euler on connaît une solution formée de deux spirales logarithmiques égales tournant autour de leurs pôles. Je citerai encore le système de deux ellipses égales assujetties autour de leurs foyers (**), et d'autres

(*) On a cependant employé dans les machines les engrenages roulants à transmission variable. Je me bornerai à citer la presse de Bacon et Doukin, dans laquelle on rencontre des galets à spirales logarithmiques.

(**) Je me bornerai à énoncer en passant, et sans démonstration, qu'on peut généraliser ce résultat et employer également deux hyperboles pour changer une rotation en une autre rotation, ou deux paraboles pour transformer une rotation en translation.

profils que l'on en a déduits depuis longtemps à l'aide d'une construction que je vais faire connaître.

Je me propose dans cette note de faire voir que l'emploi de cette construction peut être généralisé, et qu'il fournit une méthode élégante de transformation pour déduire d'une paire quelconque de courbes roulanges une infinité d'autres pareils systèmes. Je montrerai en second lieu que cette transformation n'est qu'un cas particulier d'une autre plus étendue, qui est en même temps la seule capable de conserver la propriété des courbes roulanges. Je ferai voir enfin qu'on peut étendre aux courbes sphériques, c'est-à-dire aux engrenages coniques, ces considérations qui ont été bornées jusqu'ici à la géométrie plane ou aux engrenages cylindriques.

2. Rappelons avant tout la condition essentielle pour que deux courbes planes assujetties à tourner autour de points fixes se conduisent par simple roulement, c'est-à-dire par application d'arcs égaux les uns sur les autres. Elle se résume en ce que le contact doit toujours avoir lieu sur la ligne des centres.

Supposons, d'après cela, qu'une paire de courbes étant connue on y prenne deux rayons vecteurs correspondants et qu'on en rapproche tous les autres en réduisant les angles qui les en séparent dans un rapport n quelconque entier, fractionnaire ou incommensurable, supérieur ou inférieur à l'unité. Je dis que les deux transformées constitueront encore une paire de courbes roulanges.

Il est clair en effet que si nous considérons deux rayons correspondants des premiers profils, leur somme qui était égale à la ligne des centres n'a pas été altérée par l'opération, ce qui permet encore de les disposer en prolongement l'un de l'autre. Il suffit donc de s'assurer que les courbes se toucheront en leurs extrémités. A cet égard nous savons que les proposées s'y trouvaient en contact, c'est-

à-dire faisaient avec ces rayons des angles égaux. On a donc

$$\frac{rd\theta}{dr} = \frac{r'd\theta'}{dr'}$$

Et cette condition devient, en divisant les deux membres par n :

$$\frac{r_1 d\theta_1}{dr_1} = \frac{r'_1 d\theta'_1}{dr'_1}$$

car r_1 et r'_1 ne diffèrent pas de r et r' , et quant à $d\theta_1$ et $d\theta'_1$, ils sont par construction égaux à $\frac{d\theta}{n}$ et $\frac{d\theta'}{n}$. On voit donc que la même condition se trouve remplie pour les transformées.

3. Il est facile de voir que cette transformation, bien qu'elle altère profondément les profils, ne modifiera que peu les fonctions de l'organe. En effet, les vitesses sont à chaque instant en raison inverse des rayons et ceux-ci ont été conservés sans altération. De plus on les amène à coïncidence par des rotations proportionnelles aux précédentes. Ainsi donc la loi de transmission quelle qu'elle soit est conservée intégralement, seulement le rapport de ses périodes aux révolutions des arbres se trouve modifié d'après le rapport de transformation.

4. Les courbes dérivées jouissent, par rapport aux proposées, de propriétés générales qui ne sont pas sans élégance.

On sait en premier lieu que la sous-normale d'une ligne quelconque a pour valeur $\frac{dr}{d\theta}$ et par suite se trouve amplifiée ici dans le rapport de transformation puisque dr restant le même $d\theta$ doit être remplacé par $\frac{d\theta}{n}$. On peut dire aussi que la sous-tangente est réduite dans le rapport inverse; car dans toute courbe, le rayon vecteur qui reste ici le même est moyen géométrique entre la sous-normale et la sous-tangente. De là un moyen simple de mener les tan-

gentes aux profils dérivés et de faciliter au besoin leur tracé

par points.

5. En second lieu les aires élémentaires du profil générateur et de la transformée peuvent être assimilées à des secteurs de cercle qui ont le même rayon et pour angles $d\theta$ ou $\frac{d\theta}{n}$. Leur rapport est donc encore égal à n , c'est-à-dire constant. Et par suite il en est de même des aires comprises entre deux rayons correspondants quelconques.

Ordinairement n est entier, la courbe génératrice est fermée et pour compléter le profil dérivé on le répète dans les n angles égaux à $\frac{2\pi}{n}$ que l'on peut former autour d'un point. Dans ces conditions on peut dire que le profil dérivé a la même surface que la courbe génératrice quel que soit le module de transformation. Si donc l'économie de la matière méritait d'être prise en considération pour des pièces d'une aussi faible importance, on voit que la dérivation n'exercerait à cet égard aucune influence et qu'elle change la forme sans modifier la quantité de matière employée.

6. On démontrerait de la même manière que les moments d'inertie des deux corps pris par rapport à l'axe de rotation et pour des portions comprises entre des rayons correspondants quelconques ont encore pour rapport constant le module de conversion, ou encore que le moment d'inertie total reste le même dans les conditions qui viennent d'être expliquées.

Comme d'ailleurs pour des portions quelconques le moment d'inertie et la surface subissent la même réduction et que le rayon de gyration ne dépend que de leur rapport, on voit aussi que ce rayon n'éprouve aucune altération pour des parties correspondantes quelconques, et en particulier pour la pièce entière. Ainsi donc de même que la loi géométrique de transmission n'a pas été modifiée (3) la quan-

tité de matière et son influence dynamique sur la rotation ne changent pas non plus.

7. J'ai annoncé en second lieu que ce mode de transformation dépendait d'un autre plus général en dehors duquel il n'en faut du reste pas chercher d'autres, pour conserver la propriété des courbes roulantes. Nous nous proposerons pour cela la question suivante.

Désignons comme tout à l'heure par r, θ et r', θ' les coordonnées de chacun des deux profils proposés et par $r_1, \theta_1, r'_1, \theta'_1$, celles des courbes dérivées. De quelle manière devra-t-on exprimer r et θ en r_1 et θ_1 pour qu'en transformant par les mêmes formules r', θ' en r'_1, θ'_1 , les nouvelles courbes soient comme les anciennes capables de se conduire par roulement?

Il faut pour exprimer le roulement des premiers profils poser les deux équations :

$$r \pm r' = \text{const.} \quad \frac{rd\theta}{dr} = \frac{r'd\theta'}{dr'}$$

dont la première permet de disposer deux rayons sur la ligne des centres, la seconde exprimant qu'ils rencontrent alors les deux courbes sous le même angle. Nous devons donc faire en sorte que ces équations entraînent comme conséquence forcée

$$r_1 \pm r'_1 = \text{const.} \quad \frac{r_1 d\theta_1}{dr_1} = \frac{r'_1 d\theta'_1}{dr'_1}$$

et cela identiquement quels que soient les profils considérés, c'est-à-dire en laissant r et θ ou r_1 et θ_1 indépendants l'un de l'autre; et de même r' et θ' ou r'_1 et θ'_1 .

8. Il est clair d'abord que quelles que soient les formules de transformation $r \pm r'$ dépendra de r_1 et r'_1 . Mais la première condition exige que cette somme soit une fonction de $r_1 \pm r'_1$ afin que toutes les deux soient en même temps constantes ou variables.

$$r \pm r' = F(r_1 \pm r'_1).$$

On en déduit :

$$\frac{dr}{dr_1} = F'(r_1 \pm r'_1) \quad \frac{dr'}{dr'_1} = F'(r_1 \pm r'_1)$$

et par suite :

$$\frac{dr}{dr_1} = \frac{dr'}{dr'_1} = \text{const.} = A.$$

En effet, ces deux expressions sont par hypothèse formées de la même manière l'une en r_1 l'autre en r'_1 . Elles ne sauraient donc être égales qu'à la condition d'être indépendantes de l'un et de l'autre. On tire de là

$$r = Ar_1 + f(\theta_1),$$

car le terme arbitraire introduit par l'intégration peut jusqu'à nouvel ordre dépendre de θ_1 .

9. Il faut encore que la seconde équation

$$(a) \quad \frac{dr'}{d\theta'} = \frac{r'}{r} \frac{dr}{d\theta}$$

entraîne comme conséquence forcée :

$$\frac{dr'_1}{d\theta'_1} = \frac{r'_1}{r_1} \frac{dr_1}{d\theta_1}.$$

Si donc on élimine entre ces deux relations le rapport $\frac{dr'_1}{d\theta'_1}$ qui caractérise par sa seconde courbe le système considéré, le résultat devra être une identité.

Pour faire cette élimination je forme les différentielles totales,

$$\begin{aligned} dr &= A dr_1 + f'(\theta_1) d\theta_1 \\ d\theta &= \frac{d\theta}{dr_1} dr_1 + \frac{d\theta}{d\theta_1} d\theta_1, \end{aligned}$$

et par suite :

$$\frac{dr}{d\theta} = \frac{A \frac{dr_1}{d\theta_1} + f'(\theta_1)}{\frac{d\theta}{dr_1} \frac{dr_1}{d\theta_1} + \frac{d\theta}{d\theta_1}}$$

On aura de même

$$\frac{dr'}{d\theta'} = \frac{A \frac{dr'_1}{d\theta'_1} + f'(\theta'_1)}{\frac{d\theta'}{dr'_1} \frac{dr'_1}{d\theta'_1} + \frac{d\theta'}{d\theta'_1}} = \frac{A \frac{r'_1}{r_1} \frac{dr_1}{d\theta_1} + f'(\theta'_1)}{\frac{d\theta'}{dr'_1} \cdot \frac{r'_1}{r_1} \cdot \frac{dr_1}{d\theta_1} + \frac{d\theta'}{d\theta'_1}}$$

Nous devons donc avoir identiquement en reportant ces valeurs dans l'équation (a)

$$\begin{aligned} [Ar_1 + f(\theta_1)] \left[A \frac{r'_1}{r_1} \frac{dr_1}{d\theta_1} + f'(\theta'_1) \right] \left[\frac{d\theta}{dr_1} \frac{dr_1}{d\theta_1} + \frac{d\theta}{d\theta_1} \right] = \\ [Ar'_1 + f(\theta'_1)] \left[A \frac{dr_1}{d\theta_1} + f'(\theta_1) \right] \left[\frac{d\theta'}{dr'_1} \frac{r'_1}{r_1} \frac{dr_1}{d\theta_1} + \frac{d\theta'}{d\theta'_1} \right]. \end{aligned}$$

Ce qui nous conduit à annuler séparément les coefficients des diverses puissances du rapport $\frac{dr_1}{d\theta_1}$ qui caractérise par sa première courbe le système considéré. On obtient ainsi les trois conditions distinctes :

$$(b) \quad \frac{d\theta}{dr_1} [Ar_1 + f(\theta_1)] = [Ar'_1 + f(\theta'_1)] \frac{d\theta'}{dr'_1}$$

$$(c) \quad \left[A \frac{r'_1}{r_1} \frac{d\theta}{d\theta_1} + f'(\theta'_1) \frac{d\theta}{dr_1} \right] [Ar_1 + f(\theta_1)] = [Ar'_1 + f(\theta'_1)] \left[A \frac{d\theta'}{d\theta'_1} + f'(\theta_1) \frac{r'_1}{r_1} \frac{d\theta'}{dr'_1} \right]$$

$$(d) \quad f'(\theta'_1) \frac{d\theta}{d\theta_1} [Ar_1 + f(\theta_1)] = [Ar'_1 + f(\theta'_1)] \frac{d\theta'}{d\theta'_1} f'(\theta_1).$$

10. Si nous divisons membre à membre les deux relations (b) et (d) il viendra :

$$\frac{1}{f'(\theta_1)} \frac{d\theta}{d\theta_1} \frac{d\theta'}{dr_1} = \frac{1}{f'(\theta'_1)} \frac{d\theta'}{d\theta'_1} = \text{const} = B,$$

c'est-à-dire

$$(e) \quad \frac{d\theta}{d\theta_1} = B f'(\theta_1) \frac{d\theta}{dr_1}$$

En divisant alors (c) et (b) il vient :

$$A \frac{r_1'}{r_1} B f'(\theta_1) + f'(\theta_1) = AB f'(\theta_1) + \frac{r_1'}{r_1} f'(\theta_1),$$

ou en réduisant :

$$(f) \quad (AB - 1) \left[\frac{r_1'}{r_1} f'(\theta_1) - f'(\theta_1) \right] = 0.$$

Un premier mode de solution consisterait à disposer des constantes en posant

$$AB - 1 = 0 \quad B = \frac{1}{A}.$$

Nous aurons alors à intégrer l'équation différentielle partielle (e)

$$A \frac{d\theta}{d\theta_1} - f'(\theta_1) \frac{d\theta}{dr_1} = 0$$

ce qui se fera en posant

$$\frac{d\theta_1}{A} = - \frac{dr_1}{f'(\theta_1)} = \frac{d\theta}{0}$$

$$0 = \text{const} \quad Ar_1 + f(\theta_1) = \text{const}$$

et enfin

$$0 = \varphi[Ar_1 + f(\theta_1)]$$

c'est-à-dire

$$\theta = \varphi(r)$$

ce qui est inadmissible puisque θ et r doivent rester indépendants.

11. La véritable solution de l'équation (f) sera donc :

$$\frac{f'(\theta_1)}{r_1} = \frac{f'(\theta_1)}{r_1} = \text{const}$$

ce qui sera encore impossible à moins de prendre

$$f'(\theta_1) = 0 \quad f(\theta_1) = \text{const} = C;$$

car $f'(\theta_1)$ ne renferme pas r_1 et ne saurait le faire disparaître du premier nombre.

Mais alors l'équation (d) disparaît d'elle-même et les deux autres se réduisent à

$$\frac{d\theta}{dr_1} [Ar_1 + C] = \frac{d\theta'}{dr_1'} [Ar_1' + C] = \text{const} = D$$

$$\frac{d\theta}{d\theta_1} \left[A + \frac{C}{r_1} \right] = \frac{d\theta'}{d\theta_1'} \left[A + \frac{C}{r_1'} \right] = \text{const} = E,$$

c'est-à-dire

$$\frac{d\theta}{dr_1} = \frac{D}{Ar_1 + C}, \quad \frac{d\theta}{d\theta_1} = \frac{E}{A + \frac{C}{r_1}}$$

La première donne

$$\frac{d^2\theta}{dr_1 d\theta_1} = 0$$

il faut donc pour que la seconde soit compatible avec elle prendre

$$(g) \quad C = 0$$

ce qui réduit l'expression de r à sa forme définitive

$$r = Ar_1.$$

Quant à celle de θ , il reste, en changeant les symboles arbitraires,

$$\frac{d\theta}{dr_1} = \frac{G}{r_1}, \quad \frac{d\theta}{d\theta_1} = H$$

et par suite :

$$(h) \quad \theta = G \log r_1 + H\theta_1 + K.$$

Les formules (g) et (h) résolvent la question en faisant connaître la transformation la plus générale capable de

conserver la propriété des courbes roulantes planes. La vérification à *posteriori* est des plus faciles. Pour en déduire le mode qui a fixé en particulier notre attention, il suffit de prendre $G=K=0$, $A=1$ en laissant H arbitraire.

12. J'ai annoncé enfin que ces considérations pouvaient s'étendre aux courbes sphériques, c'est-à-dire aux engrenages coniques.

On démontre en effet que la condition du roulement de deux lignes sphériques est encore que le contact s'opère constamment sur l'arc du grand cercle qui joint leurs pôles de rotation. Si donc on désigne par φ la colatitude d'un point quelconque et θ sa longitude, on devra avoir les deux équations (*)

$$\varphi + \varphi' = \text{const.}, \quad \frac{\sin \varphi d\theta}{d\varphi} = \frac{\sin \varphi' d\theta'}{d\varphi'}$$

13. Or, si, en conservant les colatitudes φ nous condons toutes les longitudes θ dans un même rapport, ces équations ne cesseront pas d'avoir lieu et le roulement s'opérera entre les transformées comme pour les proposées.

On s'assurera de la même manière que les tangentes trigonométriques de la sous-normale et de la sous-tangente sont conservées proportionnellement (**).

Quant aux propriétés relatives à l'aire des figures, à leur moment d'inertie relativement à l'axe du pôle et au rayon

(*) On peut démontrer en effet que la tangente trigonométrique de ce qu'on appelle en terme de navigation le rumb, c'est-à-dire l'angle de la courbe avec le méridien, a pour valeur

$$\frac{\sin \varphi d\theta}{d\varphi}$$

(**) On peut reconnaître en effet qu'elles ont respectivement pour valeurs :

$$\text{tang } S_n = \frac{d\varphi}{d\theta}, \quad \text{tang } S_t = \sin^2 \omega \frac{d\theta}{d\varphi}$$

de gyration, elles sont conservées dans les mêmes termes (6).

14. Si on veut enfin rechercher directement la transformation la plus générale capable de conserver la propriété des courbes roulantes sphériques, on partira des formules précédentes et en suivant une analyse identique on sera conduit aux deux équations :

$$\frac{d\theta}{d\varphi_1} = \frac{D}{\sin(\Lambda\varphi_1 + C)}, \quad \frac{d\theta}{d\theta_1} = \frac{E \sin \varphi_1}{\sin(\Lambda\varphi_1 + C)}$$

qu'on ne peut rendre compatibles qu'en prenant

$$C = 0 \quad A = 1.$$

On a donc d'une part

$$\varphi = \varphi_1$$

et en outre

$$\frac{d\theta}{d\varphi_1} = \frac{D}{\sin \varphi_1}, \quad \frac{d\theta}{d\theta_1} = E,$$

c'est-à-dire

$$\theta = D \log \text{tang} \frac{\varphi_1}{2} + E\theta_1 + K.$$

Telles sont les formules générales de transformation. On en déduira en particulier le mode précédent en prenant $D=K=0$ et laissant E arbitraire.

NOTICE

SUR LES SONDAGES EXÉCUTÉS DANS LE TERRITOIRE CIVIL DE LA PROVINCE
D'ALGER, PENDANT LES ANNÉES 1860, 1861 ET 1862.

Par M. VILLE, ingénieur en chef des mines.

Sondages de Ben-Tallah ().*

Les études géologiques auxquelles nous nous sommes livré depuis plusieurs années dans le bassin hydrographique de la plaine de la Métidja nous ayant démontré la possibilité d'obtenir des eaux jaillissantes à proximité des parties basses de cette plaine, nous avons été autorisé à exécuter un premier sondage avec un appareil du système Kind, dans le haouch (ferme) Ben-Tallah, sur la route carrossable d'Alger à Aumale, à 19 kilomètres sud d'Alger.

Du 16 au 31 août 1860, on a transporté sur les lieux tout le matériel de sondage. On a construit une forge, dressé la chèvre, creusé un puits de service de 2 mètres de côté et 4^m,50 de profondeur pour la manœuvre des engins de sondage : les parois ont été maintenues par des planches jointives que des cadres horizontaux en forts madriers pressaient contre ces parois. Des montants verticaux placés aux angles reliaient les cadres les uns aux autres. Un plancher solide avait été établi à 2 mètres en contre-bas du niveau du sol pour la manœuvre des outils.

(*) Le territoire de chacune des trois provinces de l'Algérie se subdivise en deux parties. Le territoire civil administré par le préfet du département et le territoire militaire administré par le général commandant la division.

La chèvre se compose de quatre montants de bois de sapin (Pl. X, *fig. 1*) ; elle a 13^m,50 de hauteur au-dessus de l'orifice du puits. Les extrémités supérieures des montants sont enfilées dans un même axe en fer de 4 centimètres de diamètre. Cet axe porte à son centre le crochet de la chappe de la poulie servant à monter et à descendre la tige de sonde ; il ne repose pas directement sur le bois des montants. Les deux montants extérieurs *c, d* sont armés à leur partie supérieure de fortes plaques de fer dans lesquelles sont percés les trous à travers lesquels passe l'axe *ab*, et qui lui servent de coussinets. Les deux montants intérieurs sont simplement traversés par l'axe *ab* ; ils sont plus forts que les montants extérieurs, parce qu'ils portent en bas le treuil en fer et à engrenage qui doit servir à remonter l'outil. A cet effet, une chaîne qui d'abord était en fer, et qui, plus tard, a été remplacée par un câble plat en aloès, s'enroule sur le treuil, va passer sur la poulie en fer de l'axe *ab*, et redescend verticalement dans le trou. Le cadre *lmno* (*fig. 2*) fixe le treuil à la partie inférieure. Les montants intérieurs sont en bois de chêne. Les pieds *g* et *h* de ces montants reposent sur un massif d'un mètre cube fait en maçonnerie de pierres sèches, afin de leur donner une assiette stable. La même précaution est prise pour les montants extérieurs. Ceux-ci portent à leur partie inférieure le cabestan en bois, sur lequel s'enroule le câble en chanvre qui sert à manœuvrer la cuiller pour le curage du trou. La poulie de ce câble est montée sur une traverse mobile portée sur un échafaudage situé au-dessous de la grosse poulie du treuil en fer. Quand on veut faire le curage, on avance la traverse de telle sorte que la poulie qu'elle supporte correspond à l'axe du trou. La cuiller est un cylindre en tôle de 1^m,50 de long, terminé à la partie inférieure par une simple soupape à clapet. On la remplit en imprimant avec des cordelettes un mouvement de sonnette au câble en chanvre qui supporte cette cuiller.

Douze à quinze coups de sonnette suffisent d'ordinaire. Les cordelettes se nouent sur le câble. On en met quatre, et deux hommes agissent à l'extrémité de chacune d'elles. Chaque groupe de deux montants forme un système consolidé par des traverses horizontales espacées d'environ 1^m,50. Les deux systèmes sont indépendants l'un de l'autre au-dessous de l'axe en fer *ab* (*fig. 1*), qui les traverse par le haut. Il y a donc sur le tronc de pyramide rectangulaire formé par la chèvre deux faces opposées qui sont complètement libres, et qui facilitent ainsi la manœuvre des outils. L'une de ces faces correspond au balancier, et l'autre sert à introduire dans le puits les divers outils, les tubes de retenue.

Dans le système Kind, on n'emploie que le battage pour briser et désagréger la roche quelle qu'elle soit ; lorsque les débris qui sont accumulés dans le fond du trou rendent difficile la manœuvre de l'outil, on le retire, et l'on fait alors le curage au moyen de la cuiller à soupape, ainsi qu'on l'a indiqué plus haut.

Dans le début, on commence à sonder avec des tiges en fer de 2 centimètres de côté. Ces tiges sont suffisamment fortes pour supporter l'outil ; elles n'ont aucun effort de torsion à supporter. Plus tard, on les remplace par des tiges cylindriques en bois de sapin de 0^m,10 de diamètre, reliées entre elles par des emmanchements en fer et à vis coniques. Quand on veut battre, la tête de la tige est attachée au balancier au moyen d'une vis de rappel, portée par l'extrémité antérieure du balancier, et qui permet de donner à la sonde une plus grande longueur à mesure que le trou s'approfondit davantage. Le balancier est une poutre en sapin, de 6^m,50 de long et de 0^m,30 d'équarrissage ; il tourne autour d'un axe *ed* (*fig. 3*), de 8 centimètres de diamètre, qui roule lui-même sur deux encoches entaillées à la surface de deux fortes traverses de chêne *bc* de 0^m,30 d'équarrissage, fixées horizontalement sur des montants ver-

tics, reliés en haut et en bas par de fortes traverses de chêne et arc-boutées par des contre-fiches également en chêne. Sous le balancier, on a cloué une plaque en bois de chêne *fg* (*fig. 4*), portant des encoches dans lesquelles roule l'axe en fer *ed*. On peut changer la position de l'axe *ed* dans les encoches, en soulevant un peu la tête du balancier, soit à l'aide du câble de sondage, soit à l'aide d'un levier en bois qu'on introduit dans l'une des encoches; en poussant ensuite le balancier en avant ou en arrière, on augmente ou l'on diminue à volonté la longueur du levier de battage, entre l'axe du balancier et l'axe du trou de sonde. Lorsque cette distance augmente, les hommes placés à l'extrémité postérieure du balancier ont plus d'efforts à développer pour enlever la tige, puisqu'ils agissent à l'extrémité d'un bras de levier plus court; mais alors l'effet utile produit par la chute de l'outil est plus considérable; car on a augmenté la hauteur de chute. Lorsqu'on avance l'axe de rotation du balancier vers le trou de sonde, on produit l'effet inverse. Ordinairement on donne une hauteur de chute de 0^m,50 à 0^m,60 à l'outil qui pèse 550 kilogrammes. Les hommes agissent à l'extrémité postérieure du balancier *ia* (*fig. 5*), au moyen d'un levier en croix *hik*, dont les branches égales sont en saillie de 2 mètres de chaque côté. Ce levier porte deux poignées en fer parallèles *lm'n, on'*, sur lesquelles les hommes exercent leurs efforts en se faisant face deux à deux. Il importe à un haut degré que les ouvriers s'accordent dans leurs efforts, pour imprimer au balancier une marche régulière et convenable. Si cette harmonie existe, ils peuvent donner vingt-cinq coups par minute; dans le cas contraire, ils ne donnent que neuf à dix coups par minute, et l'on comprend dès lors combien l'approfondissement du trou sera lent, car il est proportionnel en général au nombre de coups que l'on frappe par minute. Dans les terrains durs (grès, calcaires) le mouvement du balancier est plus rapide que dans

les terrains mous (argiles), parce que l'outil ne s'empâte pas, et que dès lors les ouvriers peuvent relever la sonde plus facilement.

Lorsque le balancier se relève, son extrémité postérieure frappe contre une poutre en bois de sapin *qr* (*fig. 6*), faisant ressort, légèrement inclinée et fixée à l'arrière entre quatre forts montants verticaux. Le jeu de ce ressort facilite la descente du balancier. Quand la partie postérieure du balancier arrive au bas de sa course, elle frappe contre une poutre de sapin *st*, placée sur le sol entre les cadres qui portent le balancier. Cette poutre sert également de ressort, et facilite le relèvement du balancier. Les deux ressorts dont on vient de parler jouent en outre un rôle très-important dans la manœuvre du trépan, ainsi que nous l'expliquerons plus bas. On emploie deux sortes de trépan, le trépan à glissière et le trépan à chute libre, dont la manœuvre est exactement la même, mais dont l'effet utile est bien différent. Le premier sert tant qu'il n'y a pas d'eau dans le trou de sonde; lorsqu'il y a de l'eau, on emploie le second.

Dans le trépan à glissière, la partie inférieure de la sonde (*fig. 11*) se compose de deux fortes branches en fer parallèles, reliées à leur partie inférieure par une large clavette en fer *h*; la tête de l'outil glisse entre les deux branches de la sonde, elle porte une rainure longitudinale dans laquelle passe la clavette désignée ci-dessus. Celle-ci supporte tout le poids du trépan qui possède en outre, par rapport à la tige de la sonde, un mouvement relatif déterminé par la longueur de la rainure de la tête du trépan. Lorsqu'on relève la sonde en abaissant le balancier, la clavette fixée à la partie intérieure de la sonde relève aussi le trépan. Quand le balancier est arrivé au plus bas de sa course, le poids de l'outil, aidé par les efforts des hommes du balancier, relève le balancier et abaisse la tige de sonde. Le trépan frappe dans le fond du trou, et le mouvement

relatif de la clavette dans la glissière empêche les ébranlements de se communiquer à la tige.

Voici maintenant comment fonctionne le trépan à chute libre.

L'outil proprement dit se termine en haut par une tête de serpent qui est saisie à chaque coup par deux crochets s'ouvrant comme des ciseaux. La tige de sonde se termine en bas par une sorte de fourche ou glissière formée de deux fortes plaques de fer parallèles qui servent de guide, à la tête de l'outil à chute libre et portent les crochets indiqués ci-dessus. Quand la tige à glissière s'abaisse dans le trou, les crochets saisissent le trépan qui remonte avec la tige. Lorsque la tige est arrivée en haut de sa course, les crochets s'ouvrent et le trépan retombe librement de tout son poids dans le fond du trou. La tête du trépan est simplement guidée par la glissière, et l'outil n'est pas accompagné par la tige de sonde dans son mouvement descendant, ainsi que cela arrive pour le trépan à glissière ordinaire. L'expression du trépan à chute libre est donc parfaitement justifiée, et l'on comprend que l'effet utile de cet instrument soit plus considérable que celui du trépan à glissière.

Le mécanisme qui fait ouvrir et fermer les crochets est très-ingénieux : une rondelle en cuir *aa* (*fig. 7*), qu'on appelle chapeau, maintenue par deux rondelles en fer d'un diamètre plus petit, porte, à angle droit, une tige qui, à son extrémité inférieure, présente deux boucles *b, b'*. Quand le chapeau s'élève, les boucles *b, b'* s'élèvent aussi verticalement et forcent les crochets *c, c'* à s'ouvrir, parce que la tête des crochets glisse dans les boucles. Ce mouvement ascendant des boucles rapproche en effet la tête des crochets de l'axe central de la tige et, par suite, les extrémités inférieures *f, f'* des crochets s'écartent et laissent tomber l'outil. Le mouvement du chapeau est produit par l'action de l'eau contenue dans le trou de sonde. Supposons la tige au bas de sa course et que la tête soit prise par les

crochets; l'outil monte par suite de l'abaissement du balancier. Quand celui-ci est arrivé à la partie inférieure de sa course, on le choque fortement contre le ressort d'en bas. Ce choc imprime au balancier un saut brusque de bas en haut qui se traduit dans la tige de l'outil par un mouvement brusque de haut en bas. Comme le chapeau peut glisser le long de la tige, l'eau qui est au-dessous de lui le choque de bas en haut et par suite le fait remonter le long de la tige; le crochet s'ouvre et le trépan tombe au fond du trou. En relevant le balancier, la tige descend dans le trou; l'eau qui était en dessous du chapeau passe par-dessus au moyen du jeu qu'on laisse entre le chapeau et les parois du trou et des tubes de retenue. Les crochets restent ouverts pendant la descente de la tige par suite de la pression de l'eau qui refoule le chapeau de bas en haut. Quand le balancier arrive à la partie supérieure de sa course, on le choque fortement contre le ressort supérieur; ce choc imprime au balancier une secousse brusque de haut en bas qui se traduit dans la tige par une secousse brusque en sens inverse, c'est-à-dire de bas en haut. La tige, en montant, tend d'abord à entraîner le chapeau, mais celui-ci choquant brusquement contre l'eau qui est au-dessus de lui ne peut suivre le mouvement ascendant de la tige. C'est donc comme si le chapeau descendait le long de la tige supposée fixe, et ce mouvement ferme les crochets qui saisissent la tête de l'outil. Celui-ci est donc relevé par la tige qui remonte.

Pendant le mouvement ascendant de la tige, le chef de manœuvre, qui se tient sur le plancher du puits, imprime à celle-ci un léger mouvement de rotation au moyen d'un petit levier passé dans la tête de la sonde; à chaque coup il fait tourner la tige d'environ $1/15$ circonférence. Dans une rotation complète de la tige, chaque point du trou a vu passer devant lui à deux reprises différentes la lame du trépan. Cette rotation de la tige est indispensable afin que la lame du trépan ne frappe pas toujours sur le même point

et qu'elle produise au contraire un trou bien cylindrique. La chute libre du trépan, combinée à la grande longueur de ce dernier, longueur qui est de 8 mètres, garantit du reste la verticalité du trou; pour la facilité des transports, le trépan se compose de plusieurs parties séparées qui sont réunies par des pas de vis d'un fort diamètre.

Les colonnes de tubes de retenue se composent de bouts de tubes en tôle de 3 millimètres d'épaisseur. Avant d'introduire ces tubes dans le trou de sonde, on les assemble hors du trou en les plaçant horizontalement bout à bout dans des manchons carrés en bois de sapin *mm'* (*fig. 9*) reposant sur le sol. Une frette en tôle *fgf'g'* est rivée à l'une des extrémités de chaque tube, tel que *hah'a'*. Elle est destinée à recevoir l'extrémité libre de l'autre bout *aba'b'*. Des trous *ec, e'c', ed, e'd'* sont percés à l'avance dans la frette et dans le bout *aba'b'*. A l'aide de leviers en bois on fait tourner le tube *aba'b'* sur lui-même, en même temps qu'on le pousse en avant, de manière à faire correspondre les trous du tube et ceux de la frette. Puis, au moyen d'un poinçon faisant levier, on établit la concordance d'une manière complète, et l'on pratique ensuite à l'aide d'une fraise dans l'intérieur du tube *aba'b'* une petite cavité dans laquelle viendra se loger la tête du rivet, de manière qu'elle ne fasse pas de saillie à l'intérieur du tube. Supposons que l'intérieur du tube *hah'a'* soit introduit dans le trou de sonde; on place alors le tube *aba'b'* suivant l'axe du trou en le suspendant au câble du treuil au moyen de cordes qui passent par-dessous le manchon en bois *mm'*. On engage l'extrémité *aa'* dans la frette *fgf'g'*, et l'on fait tourner le tube supérieur de manière à rétablir entre les trous des rivets la concordance qu'on avait obtenue sur le sol. On introduit alors dans le tube un rivoir qui se compose de deux masses *a, a'* (*fig. 10*) demi-cylindriques, en fonte, dont le diamètre est moindre que celui du tube. Ces masses sont supportées par deux branches en fer *b, b'*

qui se soudent à la partie supérieure et se terminent par un emmanchement à vis *c* que l'on adapte à la partie inférieure de la tige de sonde. On fait descendre un coin en fer *de* que l'on place entre les deux masses du rivoir et qui doit servir à écarter ces dernières l'une de l'autre et à les appliquer contre les trous des rivets. Ce coin est fixé par un emmanchement à vis *e* à une glissière semblable à la glissière du trépan (*fig. 11*), mais moins massive; on manœuvre cette glissière avec la corde de la soupape, et on lui imprime un mouvement de sonnette. Quand la glissière frappe sur la tête du coin de haut en bas, elle enfonce ce dernier entre les branches du rivoir; quand, au contraire, la glissière agit de bas en haut, en frappant avec la clavette *h* contre la partie supérieure de la rainure intérieure *lk*, elle tend à arracher le coin qui finit par se relever, et l'on peut alors enlever le rivoir. Lorsqu'un certain nombre de trous est bien bouché par le rivoir, on y introduit les rivets qui sont de petites baguettes de fer de 5 millimètres de diamètre, et on les écrase à coups répétés de masse. La tête qui pénètre dans le tube porte une légère entaille qui facilite l'aplatissement du rivet contre le rivoir, et donne lieu à un empâtement qui se loge dans la petite cavité ménagée avec la fraise. Lorsque les rivets d'un même côté ont été enfoncés, on fait tourner le rivoir de manière à pouvoir river de nouveaux trous. Dès que cette opération est terminée, on fait descendre la colonne de tubes; il suffit pour cela de desserrer les deux lèvres du manchon en bois qui soutenait la partie inférieure des tubes en posant sur un plancher placé au fond du puits. On imprime des ébranlements à la colonne pour faciliter la descente, et lorsque la pression latérale du terrain est trop forte, on cherche à la vaincre en frappant de petits coups de mouton sur la tête de la colonne à l'aide du trépan qu'on suspend alors dans l'intérieur du trou. Le trépan à chute libre pèse 550 kilog., et l'on comprend que le choc d'un poids pareil

facilite la descente des tubes. Pour éviter les éboulements, le tubage du trou de sonde doit s'exécuter au fur et à mesure du progrès de l'approfondissement du trou. On fait d'abord un avant-trou avec un trépan dont le ciseau peut pénétrer librement dans la colonne de retenue; on agrandit ensuite le trou au-dessous de cette colonne au moyen du trépan à oreilles mobiles (fig. 12). Ce dernier diffère du trépan ordinaire en ce qu'on adapte sur sa tige et dans un plan perpendiculaire à la lame fixe du trépan deux ailes aciérées mobiles *cb*, *c'b'*, que deux arrêts maintiennent rapprochées du corps du trépan au moment de l'introduction de l'outil dans les tubes de retenue. Quand l'outil est arrivé au-dessous des tubes, l'ébranlement qu'il reçoit en choquant le fond du trou fait sauter les arrêts, les lames s'ouvrent et donnent alors au trou de sonde un diamètre supérieur à celui des tubes. Chaque aile du trépan tourne autour du boulon *a* engagé dans le corps de l'outil; elle est attachée en *c* à une corde presque verticale *cd*, dont l'extrémité supérieure est fixée à l'outil. Quand cette corde est plongée dans l'eau elle se rétrécit, et sa tension maintient l'aile ouverte. Quand on remonte l'outil dans le tube, la pression des ailes contre les parois fait allonger la corde *cd*, et l'aile se rapproche de l'outil de manière à permettre le mouvement ascensionnel de ce dernier.

Commencé sur un diamètre de 0^m,25 le 4 septembre 1860, au fond d'un puits de service de 4^m,50 de profondeur, le sondage de Ben-Tallah était parvenu, le 4 novembre 1860, à la profondeur de 81^m,80, après avoir traversé des couches suivantes :

Numéros des couches.	NATURE DES COUCHES.	Épaisseur des couches.		OBSERVATIONS.
		mèt.	mèt.	
1	Terre argileuse rougeâtre.	3,50	3,50	Eau d'infiltration superficielle.
2	Gros gravier.	2,00	5,50	
3	Marne jaune.	1,50	7,00	
4	Graviers sableux.	1,80	8,80	
5	Marne jaune foncée, très-plastique et compacte, avec graviers.	17,70	26,50	
6	Graviers sableux meubles.	7,50	34,00	Première nappe ascendante.
7	Marne jaune pure.	2,00	36,00	
8	Marne jaune mêlée de graviers.	6,30	42,50	
9	Poudingue assez dur formé par la dissémination de petits graviers dans une marne compacte.	2,00	44,50	Deuxième nappe ascendante.
10	Marne jaune pure.	4,00	48,50	
11	Marne bleue.	2,50	51,00	
12	Marne rougeâtre.	1,90	59,40	
13	Marne jaune mêlée de beaucoup de graviers.	22,40	81,80	
	Gravier meuble aquifère.	?	?	

Ces couches, qui appartiennent au terrain saharien, se composent essentiellement de marnes de diverses couleurs et de gravier; elles ne sont pas du reste parfaitement définies par leur caractère minéralogique et leur couleur. Aussi est-il difficile de dire quelle est la limite exacte de chaque couche, par suite du mélange fréquent des marnes et des graviers. Trois nappes différentes ont été trouvées dans le trou de sonde. La première vient des eaux d'infiltration superficielle; elle est fournie par le banc de gravier n° 2, et se tenait à 5^m,05 sous le sol. La deuxième était fournie par le banc de poudingue n° 9, compris entre 42^m,50 et 44^m,50. Son niveau s'élevait, le 1^{er} novembre 1861, dans le trou de sonde, à 2^m,44 sous le sol, et se maintenait au même niveau dans le puits de service. La troisième vient de la profondeur de 81^m,80; et son niveau statique s'arrêtait, le 1^{er} novembre 1861, à 5^m,43 au-dessous du sol; de telle sorte qu'il y avait une dénivellation de 0^m,99 entre les niveaux du trou de sonde et du puits de service. Une pompe débitant 3^l,35 par seconde a fait baisser le niveau dans la colonne de retenue,

jusqu'à 5^m,63 au-dessous du sol. Le niveau est alors resté constant avec le débit indiqué ci-dessus. Pendant le pompage, qui a duré plusieurs heures consécutives, le niveau de l'eau dans le grand puits de service extérieur à la colonne de retenue n'a varié que de quelques centimètres, tantôt en plus, tantôt en moins. Ces variations sont tout à fait insignifiantes et n'ont aucune relation avec la grande dénivellation de 2^m,20, montrée par la nappe de l'intérieur de la colonne. De même, lorsqu'on a fait agir la pompe dans l'intérieur du puits de service de sondage, le niveau d'eau n'a baissé dans ce puits que de 0^m,30, et a donné lieu à un débit d'environ 4^l,50 par seconde. Le niveau d'eau dans l'intérieur de la colonne de retenue n'a pas varié pendant le pompage. La dénivellation existant entre les niveaux d'eau à l'intérieur et à l'extérieur du trou de sonde et les diverses expériences de pompage relatées ci-dessus, prouvent d'une manière incontestable qu'il y avait deux nappes ascensionnelles différentes, l'une en dehors, l'autre en dedans de la colonne de retenue. L'analyse chimique des eaux permet d'arriver à la même conclusion, ainsi que l'indique le tableau ci-dessous.

DESIGNATION des substances.	Eau du puits de la ferme Pysant recueillie le 7 septembre 1860.	Eau du puits de service du sondage recueillie le 6 novembre 1860.	Eau du trou de sonde recueillie le 11 oc- tobre 1860 à 43 mètres de profondeur.	Eau du puits de la cour de la ferme de Pysant recueillie le 11 octobre 1860.	Eau du trou de sonde recueillie 1860 à 177 mètres avant la dénivellation.	Eau du trou de sonde recueillie le 5 novembre 1860 après la dénivellation.	Eau du puits de service de sondage recueillie le 21 novembre 1860 par la pompe.	Eau du trou de sonde retirée le 21 novembre 1860 de la nappe de 64 ^m ,80
	1	2	3	4	5	6	7	8
Chlorure de sodium. . .	gr. 0,0733	gr. 0,0790	gr. 0,0311	gr. 0,0537	gr. 0,1287	gr. 0,0725	gr. 0,1112	gr. 0,0793
Chlorure de magnésium.	0,0670	0,0312	0,0140	0,0887	0,0282	0,0678	0,0503	0,0488
Chlorure de calcium. .	»	»	0,1048	»	»	»	»	»
Chlorures.	0,1403	0,1302	0,1499	0,1424	0,1569	0,1403	0,1615	0,1281
Sulfate de chaux.	0,1549	0,0707	0,1862	0,1845	0,0398	0,1061	0,0816	0,0869
Sulfate de magnésie. . .	0,0391	0,0785	»	0,0108	0,0710	0,0512	0,0783	0,0736
Sulfates.	0,1940	0,1492	0,1862	0,1953	0,1608	0,1557	0,1609	0,1605
Carbonate de chaux. . . .	0,1780	0,2000	0,2940	0,1810	0,1900	0,2020	0,2000	0,1960
Carbonate de magnésie.	0,0160	0,0200	0,0100	0,0200	0,0160	0,0100	0,0170	0,0080
Carbonates.	0,1940	0,2200	0,3030	0,2040	0,2060	0,2120	0,2170	0,2040
Oxyde de fer.	0,0040	0,0060	0,0060	0,0080	0,0060	0,0020	0,0020	0,0010
Silice.	0,0060	0,0060	0,0120	»	0,0020	0,0020	0,0010	0,0020
Matières organiques. . .	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.
Sels anhydres par ki- logramme d'eau.	0,5383	0,5114	0,6571	0,5497	0,5317	0,5136	0,5414	0,4956
Ou bien en séparant les bases des acides :								
Soude.	0,0380	0,0524	0,0122	0,0285	0,0182	0,0384	0,0589	0,0420
Chaux.	0,1635	0,1111	0,2940	0,1790	0,1434	0,1518	0,1456	0,1456
Magnésie.	0,0458	0,0198	0,0110	0,0513	0,0139	0,0513	0,0557	0,0498
Oxyde de fer.	0,0040	0,0060	0,0060	0,0080	0,0060	0,0020	0,0020	0,0010
Bases totales.	0,2562	0,2493	0,3232	0,2668	0,2615	0,2485	0,2622	0,2324
Acide sulfurique.	0,1169	0,0934	0,1093	0,1156	0,0997	0,0962	0,0997	0,0997
Acide chlorhydrique. . . .	0,0965	0,0854	0,0986	1,0008	0,1017	0,0966	0,1075	0,0865
Acide carbonique des carbonates neutres.	0,0866	0,0983	0,1340	0,0914	0,0919	0,0941	0,0994	0,0903
Silice.	0,0060	0,0060	0,0120	»	0,0020	0,0020	0,0010	0,0020
Acide phosphorique. . . .	»	»	traces.	»	»	»	»	»
Acides.	0,3060	0,2831	0,3530	0,3073	0,2953	0,2889	0,3076	0,2785
Sels hydratés.	0,5622	0,5324	0,6771	0,5746	0,5568	0,5374	0,5698	0,5169
A déduire : eau corres- pondant à l'acide chlor- hydrique.	0,0239	0,0210	0,0243	0,0249	0,0251	0,0238	0,0264	0,0213
Sels anhydres par ki- logramme d'eau.	0,5383	0,5114	0,6528	0,5497	0,5317	0,5136	0,5434	0,4956
Densité.	1,00058	1,00051	1,00060 à 21°	1,00045	1,00061	1,00051	1,0006	1,0005
Auteurs.	De Marigny.	De Marigny.	Tatonc.	De Marigny.	De Marigny.	De Marigny.	De Marigny.	De Marigny.

Toutes ces eaux sont de bonne qualité pour les divers usages de l'économie domestique.

Le poids total des sels par kilogramme d'eau, est peu élevé et varie de 0^{gr},4956 à 0^{gr},6571. — L'eau du trou de sonde venant de la nappe située à 43 mètres, diffère de toutes les autres, en ce que le poids total des matières salines y est plus élevé, et atteint 0^{gr},6571. Cela vient d'un excédant considérable de chaux, qui sature tout l'acide sulfurique, une portion de chlorure et une portion d'acide carbonique plus forte que dans les autres eaux. Cette eau ne renferme pas de sulfate de magnésie, tandis que toutes les autres en contiennent des quantités plus ou moins notables. Ainsi la composition chimique de cette eau différencie la nappe de 43 mètres de toutes les autres, et doit la faire considérer comme une nappe ascendante particulière. Ce qui est en harmonie avec l'élévation du niveau de l'eau observée dans le trou de sonde, lors de la rencontre de cette nappe.

Les analyses 1 et 4 montrent que la composition de l'eau du puits de la cour de la ferme Paysant n'a pas varié d'une manière sensible du 6 septembre au 11 octobre 1860.

L'eau du puits de service du sondage recueillie le 6 septembre 1860, lorsque le trou de sonde n'avait que 7 mètres de profondeur, présente, à peu de chose près, la même composition que la précédente; ce qui n'est pas étonnant, car ces deux eaux sont alimentées par la même nappe superficielle, et ont été recueillies à une centaine de mètres de distance l'une de l'autre.

Du 2 au 5 novembre, il y a eu une dénivellation graduelle dans les niveaux de l'eau au dedans et au dehors du trou de la sonde. A cette époque, une colonne de retenue de 0^m,25 de diamètre descendait jusqu'à la profondeur de 63 mètres. Le trou de sonde se trouvait au milieu de la couche n° 13, formée de marne jaune mêlée de gravier, et se maintenait sans tubage et sans éboulement sur une hau-

teur de 18^m,80. Mais à la profondeur de 81^m,80, l'outil est resté coincé au fond du trou, et la dénivellation de l'eau au dedans et au dehors du trou de sonde avait atteint 0^m,99. Cette dénivellation n'a pas apporté un changement très-notable dans la composition de l'eau du trou de sonde, ainsi que l'indiquent les analyses 3 et 6. On observe toutefois une légère diminution dans le poids total des sels. Cette diminution est encore plus notable dans l'eau du trou de sonde recueillie par le jeu de la pompe à la profondeur de 81^m,80. Cette eau est moins chargée en sels que celle du puits de service, recueillie à la même époque par le jeu de la pompe. Aussi l'eau n° 6, recueillie dans le trou de sonde après la dénivellation totale, sans faire jouer la pompe, peut être considérée comme un mélange des eaux n°s 7 et 8.

Quant à l'eau n° 7, retirée du puits de service le 21 novembre par le jeu de la pompe, elle offre à très-peu près la même composition que celle retirée du même puits le 6 septembre, à la profondeur de 7 mètres. On est dès lors fondé à conclure que la colonne du tube de retenue interceptait d'une manière à peu près complète la nappe ascendante trouvée à la profondeur de 43 mètres, et que la pompe n'a donné que l'eau venant de la première nappe superficielle du trou de sonde. Cette nappe est très-abondante, car une pompe puissante ayant pu être installée dans le puits de service du sondage, on a obtenu un débit constant de 10^l,50 par seconde, avec un abaissement de niveau de 0^m,30 seulement. Cette nappe est susceptible d'un emploi utile. Le sondage était établi en effet sur un point culminant, et au moyen d'une tranchée de 400 mètres environ de longueur, et dont la hauteur maximum serait au plus de 3 mètres, on aurait un cours d'eau qui se déverserait naturellement dans le fossé de la route d'Alger à Rovigo, et qui pourrait être utilisé pour l'établissement d'un centre de population agricole ou d'une fontaine.

Divers procédés ont été mis en usage pour dégager l'outil qui était coincé au fond du trou de soude. On s'est assuré d'abord, soit au moyen d'un fil à plomb, soit au moyen d'une tige de fer d'un petit diamètre, qu'il n'y avait pas eu d'éboulement dans le trou de sonde, ainsi qu'on l'avait supposé au premier instant : les sables amenés par la nappe ascendante trouvée à 81^m,80 étaient le seul obstacle à l'enlèvement de l'outil ; malheureusement cet obstacle a été invincible et a résisté à tous les moyens employés. L'outil s'est trouvé pris de manière à ne pouvoir plus ni remonter ni descendre.

La glissière ne jouait plus, de sorte qu'il était impossible d'essayer de rompre le coin qui relie les deux parties de l'outil à chute libre. Si l'on avait pu parvenir à enlever la partie supérieure de l'instrument, on aurait curé autour de la maîtresse tige jusqu'au trépan, qu'on aurait ensuite essayé de remonter par des efforts de traction ; mais l'immobilité de la glissière rendait ce moyen inapplicable, l'outil était vissé au bas d'une tige de sonde en fer carré de 0^m,02 de côté ; on a exercé sur cette tige des efforts de traction directe avec le treuil, les moufles et le balancier ; mais l'outil n'a pas bougé, et il a fallu recourir à des moyens plus énergiques. La caracole a été placée à l'extrémité de tiges en fer de 0^m,04 de côté, et descendue jusqu'au-dessous de l'emmanchement qui termine la tête de l'outil à chute libre. Au moyen du câble plat en aloès et du treuil, on a tendu fortement les tiges de 0^m,04 de côté ; la petite tige en fer de 0^m,02 de côté qui restait adaptée à l'outil à chute libre a été fixée au balancier du sondage par la vis de rappel que l'on tournait de manière à produire sur la petite tige une tension de plus en plus forte ; en même temps on agissait sur les grosses tiges au moyen d'un grand balancier, *ab*, (*fig.* 15 et 14), de 10^m,50 de long et de 0^m,40 d'équarrissage mobile autour d'une poutrelle de même équarrissage *gf*. Placés sur le bord du puits de service, des

hommes pesaient sur l'extrémité libre *a* du grand balancier par secousses successives qui produisaient une série de chocs de bas en haut sur les tiges de 0^m,04. Le rapport du petit bras au grand bras de ce grand levier était de $\frac{1}{12}$ environ. Le poids seul du bois de sapin déterminait une action directe de plus de 6.000 kil. sur les grosses tiges de fer. Le résultat de cette manœuvre a été de briser la tête de l'outil à chute libre, suivant le plan horizontal de jonction des deux parties de l'emmanchement. Le pas de vis terminant cette tête est resté engagé dans l'emmanchement femelle qui termine les tiges de 0^m,02 que l'on a retirées.

La caracole avait éprouvé dans ses fibres un arrachement qui faisait douter de sa solidité ; elle a été remplacée par la pince à gueules qui a été fixée aux tiges de 0^m,04 de côté et est allée saisir la tête de l'outil à chute libre au-dessous de l'emmanchement brisé, dans une partie plus large que le diamètre du pas de vis et par suite plus résistante. On a agi de nouveau par le battage au moyen du grand balancier de 10^m,50 de long à l'extrémité duquel on a fixé de lourds outils en fer de manière à augmenter la charge directe sur l'axe du trou de sonde : on a pu produire ainsi une charge effective d'environ 10.000 kil. sur l'axe du trou de sonde. Cette manœuvre, après plusieurs heures, a semblé produire un relèvement des tiges d'environ 12 centimètres ; mais elle a fini par briser les grosses tiges de fer à 42 mètres du jour. En retirant ces 42 mètres on a reconnu que la barre s'était rompue sous l'effort de traction par suite d'un défaut de soudure.

On saisit de nouveau les tiges sous un emmanchement avec une caracole, on recommença à agir avec le grand balancier sur la tige de sonde ; mais la caracole cassa, et l'on dut la remplacer par un deuxième accrocheur à pinces qui fut fabriqué sur place. Cet accrocheur saisit les tiges à 42^m,97 du sol, tenant dans ses pinces une longueur de tiges de 0^m,79 ; on reprit le battage, la charge directe fut

exercée par le grand levier à la tête duquel on frappait avec le balancier ordinaire du sondage, manœuvré par douze hommes; on ne parvint pas davantage à dégager l'outil; on n'observa que des relèvements fictifs venant de ce que les dents de l'accrocheur lâchaient parfois la tige de sonde: nous fîmes alors jouer dans le trou de sonde une pompe aspirante débitant 1 litre environ à la seconde. Nous pensions que l'appel fait par cette pompe dans la nappe inférieure amènerait au dehors les sables entraînés par cette nappe, et dégagerait l'outil au fond du trou. En combinant le jeu de la pompe avec la traction directe par le grand levier et le battage par le balancier de sondage, on obtint d'abord une eau louche chargée de matières argileuses; mais après une heure de travail l'eau s'écoula limpide, et dès lors il n'y avait aucune action produite sur les sables du fond du trou. Dans une dernière tentative le battage fut supprimé, on augmenta la traction statique par le grand levier et on la porta jusqu'à $14^k,625$ par millimètre carré de la section des grosses tiges; on injecta en même temps de l'eau au fond du trou au moyen de la lance d'une pompe à incendie afin de mettre les sables en mouvement. Au bout de plusieurs heures de travail l'outil n'avait pas bougé. Voyant l'inutilité de tous les moyens mis en œuvre, nous donnâmes l'ordre au maître sondeur de retirer les tiges et les deux accrocheurs à pinces. On y parvint facilement en rendant solidaires au moyen de clavettes trapézoïdales les emmanchements à vis des nouvelles tiges qui servirent à cette manœuvre. Une caracolle placée à la partie inférieure de ces tiges saisit les tiges restées dans le trou, au-dessus du premier accrocheur à pinces; en tournant à gauche on dévissa et retira du premier coup le premier accrocheur et toutes les tiges à l'exception de deux tiges tenant à l'accrocheur du fond. La même manœuvre permit de retirer encore ces deux tiges, on fit lâcher prise à l'accrocheur en frappant sur sa tête avec une lourde masse de fer, et on le

retira ensuite avec un crochet. Il ne resta ainsi dans le trou de sonde que l'outil à chute libre comprenant le trépan, l'instrument à chute libre proprement dit, la maîtresse tige et le guide en fer placé sur cette maîtresse tige; on constata alors que le fil à plomb descendait sans difficulté à la profondeur de $74^m,25$. La cloche à soupape s'arrêta à $72^m,75$ sur la tête de l'instrument à chute libre, et remonta des sables fins et des cailloux roulés. En présence de l'impuissance de tous les moyens mis en œuvre pendant deux mois consécutifs, nous dûmes à notre grand regret abandonner le premier trou de sonde de Ben-Tallah. Cette tentative de sondage dans la plaine de la Métidja, bien qu'elle n'ait pas donné d'eau jaillissante à la surface du sol, n'a cependant pas été sans résultats utiles. Elle a démontré d'une manière incontestable que cette plaine renferme des nappes ascendantes importantes, et que dès lors en allant plus profondément on pouvait espérer trouver des eaux jaillissantes.

Aussi avons nous été autorisé par M. le préfet du département d'Alger à exécuter un deuxième trou de sonde à quelques mètres de distance du premier. Ce sondage a été commencé le 25 mars 1861, à 42 mètres au nord du précédent, sur un diamètre de $0^m,35$ au fond d'un puits de 2 mètres de profondeur; il était arrivé le 12 septembre 1861 à la profondeur de $200^m,78$ après avoir traversé les couches suivantes :

Numéros des couches.	NATURE DES COUCHES.	Épaisseur	Profondeur	Observations.
		des couches.	du forage.	
		mèt.	mèt.	
1	Terre végétale.	2,00	2,00	(a)
2	Gravier meuble.	4,40	6,40	
3	Marne jaunâtre avec quelques graviers.	22,00	28,40	
4	Gravier meuble.	1,80	30,20	
5	Marne jaune verdâtre avec nombreux graviers.	1,40	31,60	
6	Argile rougeâtre compacte avec quelques graviers.	5,80	37,40	
7	Marne jaunâtre avec nombreux graviers.	1,00	38,40	(b)
8	Marne jaunâtre.	1,90	40,30	
9	Marne jaunâtre avec nombreux graviers.	2,50	42,80	
10	Marne jaunâtre.	4,40	47,20	(c)
11	Marne argileuse bleue.	1,40	48,60	
12	Marne jaunâtre avec graviers.	8,50	57,10	
13	Marne rouge.	3,10	60,20	
14	Marne jaunâtre avec nombreux graviers.	17,40	77,60	
15	Gravier argileux aquifère.	0,50	78,10	
16	Marne jaunâtre avec nombreux graviers.	0,70	78,80	
17	Gravier argileux aquifère.	1,10	79,90	
18	Marne jaunâtre avec nombreux graviers.	1,00	80,90	
19	Gravier argileux aquifère.	18,30	99,20	
20	Marne jaune.	2,80	102,00	
21	Marne jaune avec nombreux graviers.	7,00	109,00	
22	Gravier argileux.	4,40	113,40	
23	Marne jaune.	2,85	116,25	
24	Gravier argileux.	6,55	122,80	
25	Marne jaune.	10,05	132,85	(d)
26	Sables et graviers contenant la première nappe jaillissante.	9,65	142,50	(e)
27	Marne jaune.	3,30	145,80	
28	Sables et graviers contenant une deuxième nappe jaillissante.	15,45	161,25	
29	Marne jaune avec graviers.	0,95	162,20	
30	Marne jaune.	1,00	163,20	
31	Marne jaune avec graviers.	8,60	171,80	
32	Marne jaune.	4,10	175,90	
33	Marne gris jaunâtre.	1,70	177,60	
34	Marne bleue.	1,00	178,60	
35	Marne jaune avec nombreux graviers.	4,20	182,80	
36	Marne brune avec graviers.	2,60	185,40	(f)
37	Marne jaune avec graviers.	2,10	187,50	
38	Marne bleue.	9,30	196,80	
39	Marne jaune avec graviers.	3,98	200,78	

(a) Niveau de l'eau sous le sol, 1^m,08.

(b) Première nappe d'eau ascendante qui a porté le niveau à 0^m,65 au-dessous du sol dans le tube et le grand puits.

(c) Deuxième nappe ascendante qui porte le niveau dans le tube à 1^m,90 au-dessous du sol, le niveau de l'eau dans le grand puits étant à 0^m,89.

(d) Rencontre de la première nappe jaillissante entre 132^m,85 et 142^m,50; le niveau monte subitement à 0^m,25 au-dessous du sol, puis s'élève successivement jusqu'à 1^m,70 au-dessous du sol.

(e) Deuxième nappe jaillissante entre 145^m,80 et 161^m,25. Ces deux nappes ont été coupées par l'enfoncement des tubes de retenue au-dessous de la profondeur de 161^m,25. Le débit total des deux nappes dans les fossés de la route variait de 4 à 6 litres par seconde avant qu'elles eussent été coupées.

(f) L'eau se déverse de nouveau dans les fossés de la route avec un débit de un tiers de litre par seconde dans le passage de la marne jaune à la marne bleue, à la profondeur de 188 mètres environ; il est possible que ce soit une quatrième nappe jaillissante.

Du 23 mars au 30 juin on a foré 121^m,80 en 74 jours 50 de travail effectif de 24 heures chacun. Pendant le reste du temps, le sondage a été interrompu à cause de la pluie, ou parce qu'on n'avait pas sur place le matériel nécessaire pour continuer. L'avancement moyen pendant la période de travail a été de 1^m,63 par journée de 24 heures, pose des tubes comprise. La deuxième période de travail a marché plus lentement que la première, on a exécuté 76^m,98 en 65^j 50. Ce qui donne 1^m,17 d'avancement moyen par journée de 24 heures, pose des tubes comprise. La moyenne des deux périodes donne 1^m,42 d'avancement par journée de 24 heures. On a introduit dans le trou de sonde quatre colonnes de tubes, l'une de 0^m,33 de diamètre intérieur qui descendait à la profondeur de 6 mètres; l'autre de 0^m,30 de diamètre intérieur qui descendait à la profondeur de 61^m,10; la troisième de 0^m,27 de diamètre intérieur qui descendait jusqu'à la profondeur de 99^m,70; la quatrième de 0^m,24 de diamètre intérieur qui descendait jusqu'à la profondeur de 195^m,25. La lenteur du travail d'avancement a tenu en grande partie à la nature des couches traversées qui ont généralement peu de consistance. Aussi le tubage doit-il suivre de très-près le fond du trou de sonde, et la pression des couches contre les parois des tubes de retenue rend long et difficile l'enfoncement de ces derniers.

Les deux nappes ascendantes qui avaient été signalées dans le premier sondage ont été rencontrées à peu près à la même profondeur dans le nouveau. La première; qui vient de la couche de marne avec graviers n° 9, s'élève de la profondeur de 42^m,80 et son niveau s'est tenu dans le grand puits à une hauteur variable de 0^m,80 à 1^m,30 sous le sol. La seconde nappe a commencé à se manifester à la profondeur de 77^m,60 lors de la rencontre de la couche de grès argileux aquifère n° 15; elle a produit une dénivellation assez forte entre le niveau de l'eau dans le tube de retenue et le niveau de l'eau dans le grand puits qui entoure ce

tube. Le premier niveau a toujours été inférieur au dernier, mais la différence n'était pas constante. A l'origine, elle était d'abord de 1 mètre; au 50 juin, elle était de 0^m,81. Dans l'intervalle, elle a oscillé en sens divers; elle était nulle aux profondeurs de 78^m,10, 79^m,90, 91^m,50, et a présenté un maximum de 1^m,50 à la profondeur de 85^m,20. Deux explications peuvent être données de ces faits curieux d'oscillation. Comme le tubage a suivi de très-près la descente des tubes de retenue, il se peut que lorsque les différences étaient nulles entre les deux niveaux de l'eau, la partie inférieure du tube de retenue oblitérait la nappe ascendante qui venait primitivement du fond du trou : dans ce cas le niveau constaté appartenait à la nappe de 42^m,80, qui pénétrait alors seule dans le tube, à travers les joints des feuilles de tôle et des trous de rivets. Il résulterait de là qu'à partir de la profondeur de 77^m,60 on a rencontré une série de nappes ascendantes, séparées les unes des autres par des couches imperméables et dont le niveau hydrostatique est inférieur à celui de la nappe ascensionnelle qui vient de 42^m,80. Les nappes qui sont inférieures à celles-ci joueraient le rôle de nappes absorbantes par rapport à elle, et leur introduction dans le même tube ne peut que diminuer le débit de la nappe de 42^m,80. On expliquerait ainsi le sens de la dénivellation observée. Dans une deuxième hypothèse, chaque niveau d'eau observé dans le tube de retenue correspondrait lui-même à une nappe venant du fond, et dans ce cas l'égalité entre les niveaux de l'eau à l'intérieur et à l'extérieur du sol viendrait de ce que l'on aurait rencontré une nappe d'une force ascensionnelle égale à celle de la nappe de 42^m,80. Dans ce cas, le débit de cette dernière nappe serait nécessairement augmenté. Des expériences sur le débit des nappes auraient été nécessaires pour juger de la valeur respective de nos hypothèses. Ces expériences n'ont pu être faites; mais dans tous les cas, quelle que soit l'hypothèse adoptée, il n'en résulte pas

moins qu'à partir de la profondeur de 77^m,60, le terrain saharien de la plaine de la Métidja contient une série de nappes ascendantes superposées; aussi, nous basant sur cette conséquence dans notre compte rendu semestriel, en date du 5 juillet 1861, nous engageons l'administration à pousser aussi loin que possible le sondage de l'Haouch-Ben-Tallah. Nos prévisions n'ont pas tardé à se réaliser, car le 9 juillet 1861, après avoir traversé la couche de marne jaune n° 25, une première nappe jaillissante a été rencontrée à la profondeur de 132^m,85 dans des sables mélangés de graviers. Le niveau de l'eau dans le trou de sonde s'est élevé subitement à 0^m,25 au-dessous du sol, puis il est monté successivement jusqu'à 1^m,70 au-dessus du sol, à mesure qu'on traversait la nappe aquifère sur une plus grande épaisseur. Afin de faciliter les manœuvres, on a creusé un fossé de 1 mètre de profondeur aboutissant au puits de service et qui a donné écoulement à l'eau de la nappe jaillissante. Le débit mesuré dans ce fossé à 1 mètre environ en contre-bas du sol, a varié, pendant l'exécution des travaux, entre 4 et 6 litres par seconde, et la température a augmenté graduellement de 21° à 23°.

De 132^m,85 à 161^m,25 l'épaisseur traversée est de 28^m,40; elle se divise en deux assises de sables et graviers aquifères séparées par une couche ou lentille de marne de 5^m,50 d'épaisseur; aussi peut-on admettre l'existence de deux nappes jaillissantes superposées dont on ne connaît que le débit total. Le sondage de l'Haouch-Ben-Tallah étant surtout un sondage d'études, il importait de le prolonger au delà des premières nappes jaillissantes rencontrées, parce qu'il y avait lieu d'espérer qu'on trouverait plus bas une nappe plus puissante. Le tubage fut donc prolongé pour suivre de près le fond du trou de sonde. Le 13 août 1860, la colonne de 0^m,25 intérieure poussée à la profondeur de 161^m,25, coupa les deux nappes jaillissantes qui ces-

sèrent de couler depuis ce moment. Le niveau de l'eau dans le tube, établi d'abord à 1^m,35 au-dessous du sol s'est relevé lentement jusqu'à 0^m,70 au-dessous du sol; il a varié ensuite entre 2^m,01 et 0^m,70 au-dessous du sol, et dans le grand puits entre 0^m,95 et 0^m,83 au-dessous du sol; il s'est donc passé ici les mêmes phénomènes de dénivellation que nous avons signalés entre 77^m,60 et la première nappe jaillissante de 152^m,85. On est fondé dès lors à admettre qu'au-dessous de la nappe jaillissante limitée à la profondeur de 161^m,25, on a rencontré une nouvelle série de nappes ascendantes dont la puissance hydrostatique est inférieure à celle des nappes jaillissantes qui sont au-dessus. Le 31 août, à la profondeur de 188 mètres environ, dans le passage de la marne jaune avec graviers n° 56 à la marne bleue n° 37, l'eau a commencé à couler de nouveau dans le fossé de la route avec un débit d'un tiers de litre par seconde. Il est probable que cet écoulement était dû à une nouvelle nappe jaillissante. Ainsi les résultats de nos études géologiques sur la plaine de la Métidja, au point de vue de la recherche des eaux jaillissantes, ont été complètement confirmés par l'exécution du deuxième sondage de l'Haouch-Ben-Tallah; des sources ascendantes ou jaillissantes ont été trouvées jusqu'à la profondeur de 200 mètres que dès l'origine nous avions assigné au sondage; et si le travail n'a pas été poussé au delà, ce n'est pas parce qu'il n'y avait plus de chances de trouver de nouvelles nappes jaillissantes, mais parce que le travail serait devenu trop coûteux. Le travail d'avancement a été suspendu le 12 septembre 1861. On a relevé la colonne de 0^m,27 jusqu'à la profondeur de 161^m,25, ce qui a provoqué de nouveau l'écoulement des deux premières nappes jaillissantes; puis on a introduit une colonne ascensionnelle en bois de sapin de 0^m,20 de diamètre extérieur et de 0^m,10 de diamètre intérieur reposant sur le fond du trou et s'élevant jusqu'à 2 mètres au-dessus du sol. La partie inférieure de

cette colonne en bois de sapin était percée de trous entre 138^m,85 et 161^m,25, afin de faciliter l'écoulement de l'eau jaillissante. On a relevé ensuite les colonnes de 0^m,27, 0^m,50 et 0^m,33 qui maintenaient les parois du trou de sonde. Avant de combler le grand puits, on a coulé de l'argile pâteuse dans l'espace annulaire compris entre le tube en bois et les parois du trou de sonde.

Tous les travaux d'aménagement intérieur ont été terminés le 9 novembre 1861, et nous avons fait à cette date, de concert avec M. l'ingénieur ordinaire Vatonne, le jaugeage des eaux jaillissantes recueillies à diverses hauteurs au-dessus du niveau du sol. La hauteur hydrostatique de la nappe aquifère est de 1^m,70 environ au-dessus du niveau du sol; c'est-à-dire que l'eau s'élève à cette hauteur dans la colonne en bois sans se déverser au dehors. Au niveau du sol, le débit mesuré, en recevant tout l'eau dans un baquet de 32 litres de capacité, était de 5^{lit},75 par sonde; depuis cette époque il a diminué graduellement, et sa température, au contraire, a notablement augmenté. Ainsi, au moment de la visite de M. l'inspecteur général des ponts et chaussées Lebasteur, la température de l'eau jaillissante de Ben-Tallah était de 24°,50, et son débit d'environ 1^{lit},33 par seconde. Deux mois avant, on avait introduit dans le trou de sonde une petite cuiller à soupape qui n'avait rien ramené au jour; le trou était parfaitement libre, et cette opération n'avait pas augmenté sensiblement le débit de la source. Le 6 février 1863, nous avons trouvé pour l'eau jaillissante un débit de 0^{lit},75 par seconde, à la température de 24°. L'influence des pluies abondantes tombées pendant l'hiver de 1862 à 1863 a commencé alors à se faire sentir. Le débit a légèrement augmenté, et il était de 0^{lit},95 par seconde le 21 avril 1863, à la température de 24°.

En définitive, il s'est manifesté dans le débit de la source de Ben-Tallah les mêmes phénomènes d'oscillation qu'on a signalés dans les magnifiques nappes jaillissantes obte-

nues à Passy par M. Kind, et dans l'oued B'hir par M. Jns, ingénieur de MM. Degousée et Laurent. En comparant les profondeurs auxquelles on a atteint, dans les deux sondages de l'haouch Ben-Tallah, les couches qu'il est possible d'identifier, on en déduit que les couches présentent une légère inclinaison du nord au sud, de telle sorte qu'en se rapprochant du pied du Sahel, il devenait probable qu'un troisième sondage rencontrerait les nappes aquifères à une profondeur moindre que dans les deux premiers sondages. Comme la surface extérieure du sol s'abaisse doucement en marchant de Ben-Tallah vers le pied du Sahel, on pouvait espérer en outre que les dernières nappes ascendantes trouvées dans les premiers sondages seraient jaillissantes en se rapprochant du pied du Sahel; dès lors il y avait un double motif pour exécuter un troisième sondage à une certaine distance au nord des premiers. Le débit des eaux jaillissantes pouvait augmenter, parce que la hauteur de charge produisant le débit à la surface du sol devenait plus considérable. En outre, il devenait possible, avec un trou de sonde de 200 mètres de profondeur, d'explorer le terrain de la plaine de la Métidja au-dessous des couches les plus basses atteintes par le deuxième sondage de l'haouch Ben-Tallah. Ces diverses considérations que M. l'ingénieur ordinaire Watonne a fait valoir dans un rapport, pendant que nous étions en congé en France, ont engagé M. le préfet à autoriser l'exécution d'un nouveau trou de sonde à 2.500 mètres environ au nord de l'haouch Ben-Tallah, dans l'haouch Baraki. Après l'examen des lieux, nous avons choisi pour ce nouveau sondage le relais situé sur la route carrossable d'Alger à Sidi-Moussa, à l'embranchement de la route carrossable de Rivet, et à 2.700 mètres nord du deuxième sondage de l'haouch Ben-Tallah.

Le premier sondage de l'haouch Ben-Tallah a coûté les sommes suivantes :

Achat de matériel de sondage à Paris et transport jusqu'à Alger.	21.095,65
Achat de tentes.	825,14
Achat d'instruments de météorologie.	150,00
Achat de bois, fer, charbon, matériel de la forge, transports divers.	4.637,03
Total des achats.	26.687,82
Main-d'œuvre militaire.	5.228,55
Traitement du maître-sondeur et frais de voyage de cet agent.	2.852,00
Indemnités diverses.	782,52
Total général.	34.550,49

Le deuxième sondage de l'haouch Ben-Tallah a coûté :

Achat de matériel permanent.	10.667,35
Fournitures divers d'entretien.	4.261,45
Main-d'œuvre militaire.	11.417,55
Appointements et indemnités diverses du maître-sondeur	5.132,81
Prime à M. Kind.	1.600,00
Total.	31.079,16

En ne tenant pas compte de l'achat du matériel permanent, le prix de revient du mètre courant du deuxième sondage de 200^m.78 de profondeur est de 101^f.66.

Le premier sondage de l'haouch Ben-Tallah, arrêté à la profondeur de 81^m.80, ne peut servir à apprécier les frais d'exécution d'un sondage, parce que deux mois ont été consacrés à faire des tentatives inutiles pour retirer l'outil coincé au fond du trou; cependant on peut en déduire un renseignement utile en ne considérant que le travail fait d'une manière normale jusqu'à la profondeur de 76^m.80. La dépense en main-d'œuvre militaire s'élevait à cette époque à 2.918^f.80, ce qui donne, pour cette main-d'œuvre seulement, un prix de revient de 58 francs par mètre courant.

Le deuxième sondage de Ben-Tallah a coûté 11.417^f.55 de main-d'œuvre militaire pour le forage de 200^m.78, ce qui donne un prix de revient de 56^f.86, soit 57 francs par mètre courant. Ce sondage a coûté plus cher que le premier, parce qu'il a marché avec plus de lenteur. On a tubé

de très-près afin d'empêcher l'outil d'être prisonnier dans les marnes sableuses aquifères. Cette sécurité a été achetée naturellement par un surcroît de main-d'œuvre nécessité par le tubage.

Les soldats que l'on a employés dans les sondages de la plaine de la Métidja étaient payés à raison de 0^f,125 par heure de travail. La journée militaire de dix heures revient ainsi à 1^f,25. La journée de dix heures pour un manœuvre civil ne peut être estimée à moins de 3 francs, c'est-à-dire 2,40 fois plus cher que la journée d'un ouvrier militaire. Un sondage de 200 mètres de profondeur aurait donc coûté 24.000 francs de main-d'œuvre civile indépendamment des fournitures diverses et de la prime à payer à MM. Kind. Ce simple aperçu montre que les sondages de la plaine de la Métidja sont très-coûteux et inabordables en général pour des particuliers tant que ceux-ci seront livrés à leurs propres ressources et qu'ils devront rechercher des nappes profondes. Heureusement que le sondage de Baraki, dont nous parlerons tout à l'heure, a démontré qu'il y a dans la plaine de la Métidja une zone où les sondages donneront de l'eau jaillissante entre 40 et 60 mètres de profondeur.

L'eau du sondage de Ben-Tallah est de bonne qualité pour tous les usages domestiques et pour l'irrigation. Voici sa composition à la date du 10 juillet 1861, d'après une analyse de M. de Marigny :

	gr.
Chlorure de sodium.	0,0765
Id. de potassium.	0,0025
Sulfate de soude.	0,0720
Id. de magnésie.	0,0591
Id. de chaux.	0,0461
Carbonate de chaux.	0,1580
Id. de magnésie.	0,0550
Oxyde de fer.	0,0050
Silice.	0,0080
Matière organique.	Ind.
Poids des sels anhydres par kilog. d'eau.	0,4380

Ou bien, en séparant les bases des acides :

Potasse.	0,0016
Soude.	0,0718
Chaux.	0,1075
Magnésie.	0,0293
Oxyde de fer.	0,0050
Bases. Total.	0,2152
Acide sulfurique.	0,0955
Acide chlorhydrique.	0,0489
Acide carbonique des carbonates neutres.	0,0865
Silice.	0,0080
Acides.	0,2369
Sels hydratés.	0,4501
A déduire, eau correspondant à l'acide chlorhydrique.	0,0121
Poids total des sels anhydres par kilog. d'eau.	0,4380

Sondage de Baraki. (Plaine de la Métidja.)

Le sondage de Baraki est situé dans la plaine de la Métidja à 2.700 mètres nord du puits artésien de Ben-Tallah ; il a été commencé par M. le maître sondeur Purtschet, le 17 novembre 1861, au diamètre de 0^m,35 ; le 6 juillet 1862 il avait atteint 164^m,50 au diamètre de 0^m,27 ; il a rencontré la série des couches suivantes :

Numéros d'ordre.	DÉSIGNATION DES COUCHES.	Épaisseur	Profondeur	Observations.
		des couches.	du forage.	
		mèt.	mèt.	
1	Terre végétale.	3,10	3,10	(a)
2	Marne jaune avec petits noyaux calcaires à la partie supérieure.	16,40	19,50	(b)
3	Marne bleu clair.	2,80	22,30	
4	Marne gris bleuâtre.	0,40	22,70	(c)
5	Marne blanc bleuâtre avec marbrures et petits graviers.	1,90	24,60	
6	Marne gris bleuâtre avec marbrures.	0,70	25,30	
7	Marne grise avec nombreux graviers.	6,20	31,50	
8	Graviers.	3,05	34,55	
9	Marne jaune avec nombreux graviers.	3,55	38,10	
10	Marne jaune.	2,45	40,55	
11	Sable fin.	1,25	41,80	
12	Marne jaune avec nombreux graviers.	1,00	42,80	
13	Sable fin.	0,75	43,55	
14	Marne jaune.	2,45	46,00	
15	Marne jaune avec nombreux graviers.	13,70	59,70	
16	Graviers argileux.	7,00	66,70	
17	Marne jaune avec nombreux graviers.	3,00	69,70	
18	Marne jaune pure.	5,40	75,10	
19	Marne jaunâtre avec noyaux calcaires.	9,50	84,60	
20	Marne jaune avec marbrures bleuâtres.	5,70	90,30	
21	Marne jaune pure.	12,10	102,40	
22	Argile gris bleuâtre avec quelques noyaux calcaires.	14,90	117,30	
23	Marne jaune.	9,00	126,30	(d)
24	Gravier meuble.	7,65	133,95	
25	Marne jaune graveleuse.	15,05	149,00	
26	Sable fin jaune.	3,50	152,50	
27	Marne jaune graveleuse avec concrétions calcaires et sables.	6,90	159,40	
28	Sable fin jaune.	5,10	164,50	

(a) Le niveau des eaux d'infiltration superficielle se tient à 1 mètre sous le sol.

(b) Les couches traversées à Baraki appartiennent au terrain saharien, qui se redresse contre le flanc du Sahel au nord et contre les flancs de l'Atlas au sud, de manière à former un fond de cuvette. On y a trouvé des hélix fossiles.

(c) Première nappe jaillissante à 43^m,80.

(d) Deuxième nappe jaillissante à 126^m,30.

On voit que le sondage de Baraki a traversé une série de couches de marnes pures, de marnes graveleuses, de graviers et de sables; il a été arrêté dans une couche de sable n° 28 indiquant qu'on n'avait pas encore traversé toute l'épaisseur du terrain aquifère de la plaine de la Métidja. Il a rencontré deux nappes jaillissantes: la première a commencé à se manifester à 41 mètres de profondeur, à la rencontre de la couche de sable fin n° 11. Le niveau de l'eau,

qui se tenait primitivement à 1^m,08 sous le sol dans le puits de service et le trou de sonde, s'est élevé progressivement et s'est arrêté à 0^m,25 en contre-bas du niveau du sol. Une tranchée de 0^m,94 de profondeur a été ouverte pour donner écoulement à l'eau et permettre de continuer le sondage. Le débit de la source est allé en augmentant entre 41 mètres et 61 mètres de profondeur. Il s'est élevé jusqu'à 6 litres par seconde dans le fossé d'écoulement, et s'est maintenu, en définitive, à 5^{lit},33 à la température de 21°, entre 61 mètres et 126^m,50 de profondeur. A la rencontre de la couche de graviers situés à la profondeur de 126^m,50, le niveau de l'eau s'est élevé de 0^m,07 dans le tube de retenue, et la température de l'eau a été portée subitement de 21° à 22°. Le débit et la température ont augmenté d'une manière très-notable entre 126 et 135 mètres de profondeur, et l'on a obtenu en définitive dans le fossé d'écoulement un débit total par seconde variable de 10 à 11 litres à la température de 24°. Le 18 septembre 1862, après l'isolement des deux nappes jaillissantes, nous avons trouvé pour la nappe supérieure une température de 23°, pour la nappe inférieure une température de 25°, et pour le mélange des nappes une température de 24°, ce qui indiquait que les deux nappes avaient le même débit. La température de la nappe inférieure ne paraît pas varier, mais il n'en est pas de même pour celle de la nappe supérieure. Ainsi, le 6 février 1865, nous avons trouvé pour la nappe supérieure une température de 21°,75, pour la nappe inférieure une température de 25°, pour le mélange des deux nappes une température de 22°,50, pour l'ensemble des deux nappes un débit total de 11 litres par seconde. La théorie des mélanges indique que la nappe inférieure a un débit de 2^{lit},52 par seconde, et la nappe supérieure un débit de 8^{lit},48 par seconde; elle a donc gagné plus que la première n'a perdu, et comme cette augmentation de débit est accompagnée d'une diminution dans la température, on ne peut l'attribuer qu'à une

augmentation générale du débit de la nappe supérieure par suite de l'influence des pluies d'hiver, pluies qui ont été très-abondantes dans l'hiver de 1862 à 1865.

La puissance hydrostatique de la nappe inférieure de Baraki est plus forte que celle de la première, et son niveau a pu être élevé, au moment de la rencontre de cette deuxième nappe, à 2^m,62 au-dessus du sol, tandis que la première nappe remontait simplement à 0^m,07 au-dessous du niveau du sol. Mais nous devons ajouter qu'aujourd'hui les niveaux hydrostatiques des deux nappes diffèrent beaucoup moins. Ainsi à la fin des travaux d'aménagement des eaux jaillissantes le niveau hydrostatique de la nappe inférieure n'a pu s'élever, le 14 septembre 1862, qu'à 0^m,68 au-dessus du sol. Aussi, pour ne pas diminuer outre mesure le débit total des deux sources, nous avons conservé la prise d'eau à 0^m,94 en contre-bas du sol. Cette eau va déboucher au niveau du sol à 50 mètres environ au delà du trou de sonde et peut être utilisée soit pour un abreuvoir, soit pour l'irrigation des terres.

Le sondage de Baraki a présenté de grandes difficultés d'exécution à cause de l'alternance fréquente des couches de sables, de graviers et de marnes graveleuses; il a fallu que le tubage suivit de très-près le fond du trou de sonde, et l'on a dû introduire cinq colonnes de tubes de retenue partant du sol.

La première colonne avait 0^m,33 de diamètre intérieur et 2 mètres de long;

La deuxième, 0^m,50 de diamètre intérieur et 48^m,25 de long;

La troisième 0^m,27 de diamètre intérieur et 99^m,50 de long;

La quatrième, 0^m,24 de diamètre intérieur et 144^m,25 de long;

La cinquième, 0^m,18 de diamètre intérieur et 161 mètres de profondeur.

L'on a été obligé d'employer une colonne de 0^m,18 de diamètre, parce que la colonne de 0^m,21 de diamètre intérieur était employée au sondage de Mustapha inférieur. La pression des terrains contre les tubes empêchait l'enfoncement rapide de ces derniers; aussi le travail a-t-il marché avec une très-grande lenteur, surtout depuis la rencontre des nappes jaillissantes qui, en délayant le terrain, le rendaient beaucoup plus ébouleux. La nappe inférieure a entraîné plus de difficultés encore que la nappe supérieure. La dépense des travaux d'avancement était très-grande; et en raison de l'épuisement des crédits mis à notre disposition, nous avons dû renoncer à pousser le sondage de Baraki, jusqu'à la profondeur de 200 mètres, ainsi que c'était notre intention première. Dans le début du forage, on a employé une tarière et une langue de serpent pour attaquer les terrains tendres par rotation, avec des tiges rigides en fer de 0^m,04 de côté. C'est ainsi qu'on a fait les premiers 55^m,85, en dix journées de vingt-quatre heures de travail, soit en moyenne 3^m,38 par vingt-quatre heures pour cette période. Les résultats des sondages exécutés par le système Degousée dans le sahara de la province de Constantine, comparés aux résultats des sondages exécutés dans la province d'Alger, avec le système Kind, nous avaient donné la conviction que pour une profondeur d'environ 100 mètres, les terrains tendres, tels que les argiles et les sables tenaces, sont plus facilement attaqués par rotation que par le choc; aussi avons-nous été amenés à compléter le matériel du système Kind, par l'adjonction d'une partie du matériel du système Degousée.

Nous possédons aujourd'hui un matériel mixte, qui permet de combiner les avantages des deux systèmes pour les sondages d'une grande profondeur. Au delà des premiers 54 mètres, on n'a employé généralement à Baraki, que le trépan à chute libre de Kind.

Du 17 novembre 1861 au 6 juillet 1862, il y a eu cent soixante-dix jours de vingt-quatre heures de travail employés à l'exécution d'un trou de sonde de 164^m,50 de profondeur, forage et tubage compris. Ce qui donne un avancement moyen de 0^m,97 par vingt quatre heures pour tout le travail. Du 22 mai au 6 juillet, on a fait 16^m,70, en trente-sept journées cinquante de vingt-quatre heures de travail, soit 0^m,44 en vingt-quatre heures. Les derniers avancements au moment de la cessation des travaux variaient de 0^m,20 à 0^m,50 par vingt-quatre heures au milieu des sables, et cette lenteur, jointe à l'épuisement des crédits, a motivé l'abandon des travaux d'approfondissement.

Les travaux d'aménagement des deux sources de Baraki ont exigé beaucoup de temps à cause des obstacles que la pression latérale des terrains éboulés présentait à l'extraction des tubes en tôle. On a enlevé d'abord la colonne de 0^m,18 de diamètre intérieur.

Les efforts de traction exercés sur la colonne de 0^m,24, l'ont déchirée à 38 mètres de profondeur, et l'on n'a pu retirer que les 38 mètres supérieurs. On a fabriqué alors un outil à crochet pour soulever la colonne par le bas. Des efforts de traction directe n'ayant produit aucun résultat, deux abattages très-énergiques ont été disposés pour agir sur les tiges en fer de 0^m,04 de côté, au bas desquelles était fixé le crochet. On frappait en même temps à coups de mouton sur la tête des tiges. Après deux jours de travail, on n'avait relevé les grosses tiges que de quelques centimètres et le crochet s'était brisé. Devant le peu de résultats des efforts de traction, on a dû renoncer à retirer la partie inférieure de la colonne de 0^m,24, et on l'a percée de trous longitudinaux dans toute la hauteur des deux nappes jaillissantes obtenues, afin de donner passage à l'eau. On a pu retirer entièrement la colonne de 0^m,27 de diamètre. Quant à la colonne de 0^m,30 de diamètre, lorsqu'on essayait de la relever de 0^m,50 de hauteur, le débit du trou de sonde di-

minuait de près de moitié, en même temps que la température de l'eau augmentait. En descendant cette colonne à sa profondeur primitive, tout rentrait dans l'état normal. Cette manœuvre, plusieurs fois répétée, ayant toujours conduit aux mêmes résultats, nous nous sommes décidé à laisser dans le trou la colonne de 0^m,36 de diamètre, afin de conserver la nappe supérieure, dont le débit était de cinq litres environ par seconde. La colonne de 0^m,35 de diamètre étant formée par un bout de tube en mauvais état, on n'a pas essayé de la relever. Afin de bien conserver la nappe inférieure, on a introduit dans le trou de sonde une colonne en bois de sapin de 0^m,20 de diamètre extérieur, et 0^m,10 de diamètre intérieur, recouverte extérieurement d'un enduit de mastic bitumineux vulcanisé, de l'invention de M. Millon, pharmacien en chef de l'hôpital militaire d'Alger. Cet enduit avait pour but d'empêcher les fuites par les fentes du bois qui avaient été préalablement calfatées avec soin. Le tube en bois descend jusqu'à la profondeur de 134 mètres, et il est percé à la partie inférieure sur toute la hauteur de la nappe jaillissante. Il est maintenu dans sa position au moyen d'un tampon en feuilles de cuir, écartées par des bandes d'acier faisant ressort, et qui est fixé à 72 mètres sous le sol. Ce tampon présente l'aspect d'un trou de cône fixé par sa petite base à l'extérieur du tube en bois, et dont la grande base est pressée par les feuilles d'acier contre l'intérieur du tube en tôle de 0^m,24 de diamètre. Afin de rendre la fermeture plus hermétique, on a fixé immédiatement au-dessous du ressort une garniture composée de longs filaments de chanvre maintenus pendant la descente du tube en bois contre les parois extérieures de celui-ci, au moyen d'une ficelle traversant l'intérieur du tube. Lorsque le tube a été descendu à la place qu'il devait occuper, on a coupé la ficelle en introduisant un ciseau dans l'intérieur du trou. Le mouvement ascensionnel de l'eau a fait redresser la filasse qui est venue se loger sous le tampon, et a contribué

ainsi à fermer hermétiquement l'espace compris entre le tube en bois et le tube en tôle.

Quant au tampon, il était d'abord maintenu verticalement contre les parois du tube en bois, pour que ce dernier pût facilement descendre. A cet effet, une frette circulaire en fer avait été placée à la partie inférieure des feuilles de cuir et des bandes d'acier. Une tige de fer traversait à la fois la frette et l'intérieur du tube en bois, au moyen de deux petites rainures verticales pratiquées dans les parois de ce tube. Quand le tube est arrivé en place, on a descendu une masse de fer sur la tige traversant la frette, celle-ci en descendant de 0^m,04 a laissé échapper la partie inférieure des ressorts d'acier, qui se sont alors écarté du tube en bois en vertu de leur élasticité, et ont appliqué les feuilles de cuir contre les parois du tube en tôle. La tige traversant la frette avait été aciérée dans la partie correspondant à l'intérieur du trou de sonde; après avoir fait descendre la frette et la tige centrale de 0^m,04, un coup sec appliqué sur la tige a rompu celle-ci, ce qui a rendu le trou de sonde complètement libre.

Les dépenses du sondage du Baraki, ont été les suivantes :

Matériel, fournitures et transports, colonne ascensionnelle en bois.	fr. 12.576,00
Main-d'œuvre militaire.	12.548,65
Traitement et indemnités du maître sondeur.	3.852,65
Prime à M. Kind.	1.600,00
Valeur des tubes en tôle laissés dans le trou.	4.581,00
Total.	54.758,28

Nota. Sur les 12.576 fr. de l'art. 1^{er}, il y a 5074 fr. 58 c. de fournitures d'entretien. Ainsi, indépendamment du matériel permanent, les dépenses sont les suivantes :

	fr.
Fournitures d'entretien.	5.074,58
Main-d'œuvre.	12.548,65
Traitement du maître sondeur.	3.852,65
Prime à M. Kind.	1.600,00
Total.	22.875,66

Soit 139^f,05 par mètre courant pour les frais d'exécution.

On voit que ces dépenses sont très-élevées; mais l'on ne doit pas perdre de vue que la deuxième nappe jaillissante s'arrête à 134 mètres de profondeur et que le sondage a été poussé comme étude entre 134 et 164 mètres de profondeur. Il y a eu de longs chômages, par suite de l'emploi forcé d'une partie du matériel de Baraki au sondage de Mustapha inférieur. Pendant ce chômage, la nappe jaillissante inférieure a délayé les terrains, ce qui a rendu l'avancement très-difficile et très-coûteux. Le sondage de l'Haouch Baraki qui avait été commencé le 17 novembre 1861, était parvenu le 31 mars à la profondeur de 147^m,10. A cette époque, il n'y avait pas encore eu de chômages et l'on avait dépensé les sommes suivantes pour le travail de forage et de tubage.

	fr.
Fournitures diverses.	3.575,77
Main-d'œuvre militaire.	6.861,05
Surveillance.	1.815,65
Prime à M. Kind.	1.400,00
Total.	13.648,47

Ce qui donne un prix de revient de 92^f,80 par mètre courant, non compris les frais d'aménagement des deux nappes jaillissantes. L'on a employé à Baraki des soldats qui recevaient 1 franc par poste de huit heures de travail; il y avait trois postes par 24 heures. Chaque poste était surveillé par un caporal qui recevait 1^f,20 d'indemnité par jour. Le détachement était commandé par un sergent qui

recevait 1^{fr},50 d'indemnité par jour, et qui était chargé de la tenue de la comptabilité.

Les eaux des deux nappes jaillissantes de Baraki sont d'excellente qualité pour les divers usages de l'économie domestique. Voici quelle est la composition chimique de l'eau de la nappe supérieure recueillie le 16 décembre 1861.

Silice.	0,01250
Oxyde de fer.	0,00600
Carbonate de chaux	0,20100
Carbonate de magnésie.	0,00640
Sulfate de chaux.	0,11182
Sulfate de magnésie.	0,06870
Chlorure de potassium.	0,00226
Chlorure de sodium.	0,11300
Poids total des sels anhydres par ki-	
logramme d'eau.	0,52163
Acide carbonique libre.	0,10274

Ou bien en séparant les bases des acides.

Potasse.	0,00156
Soude.	0,05993
Chaux.	0,15880
Magnésie.	0,02656
Oxyde de fer.	0,00600
Bases. Total.	0,25265
Acide sulfurique.	0,11101
Acide chlorhydrique.	0,07159
Acide carbonique des carbonates	
neutres.	0,09174
Silice.	0,01250
Acides.	0,28684
Sels hydratés.	0,55949
A déduire eau correspondant à l'acide	
chlorhydrique.	0,01767
Poids total des sels anhydres par ki-	
logramme d'eau.	0,52182

(Auteur : VATONNE.)

On a vu que la source jaillissante de Ben Tallah paraissait avoir acquis une température définitive comprise entre 24° et 24°,50 pour une profondeur moyenne de 140 mètres. La source jaillissante inférieure de Baraki possède une température constante de 25° pour une profondeur moyenne de 150 mètres. On observera que la température de la source inférieure jaillissante de Baraki est plus élevée que la source jaillissante de Ben Tallah, bien que cette dernière surgisse d'une profondeur plus grande d'une dizaine de mètres. Cette irrégularité tient peut-être au voisinage du massif de roches cristallines ou métamorphiques de la Bouzareah au milieu desquelles on trouve des roches plutoniques. On sait, en effet, que dans le voisinage des roches plutoniques, la température des sources est un peu plus élevée que celle qui résulte de la loi de la progression de la température avec la profondeur. Il peut se faire également que la température de la source de Ben Tallah soit moins élevée parce que le débit de cette source est moins considérable que celui de la source inférieure de Baraki. L'eau jaillissante de Ben Tallah doit éprouver nécessairement un plus grand refroidissement de la part des couches entourant le tube de retenue. Il est important de remarquer que le décroissement du débit de la source jaillissante de Ben Tallah est analogue à celui qui s'est produit pour la source jaillissante inférieure de Baraki; de plus, à partir du mois de février 1863, un léger accroissement de débit s'est manifesté simultanément dans ces deux nappes qui paraissent avoir été influencées de la même manière par les pluies de l'hiver de 1862 à 1863. La source jaillissante supérieure de Baraki a, au contraire, augmenté notablement de débit depuis la cessation des travaux de sondage. Le 6 février 1863, son débit était en effet de 8^{lit.} 118 par seconde, tandis qu'il n'était que de 5 litres par seconde le 18 septembre 1862. On doit conclure de là que la nappe jaillissante de Ben Tallah diffère essen-

tiellement de la nappe supérieure jaillissante de Baraki, et qu'il y a lieu plutôt de l'assimiler à la nappe inférieure jaillissante de Baraki, puisqu'elle est influencée de la même manière par les saisons.

Sondages du gué de Constantine dans la vallée de l'Harrach
(fig. 15).

Six sondages de 0^m.10 de diamètre ont été exécutés par le service des mines au gué de Constantine, dans la vallée alluvienne de l'Harrach, pour reconnaître la nature du terrain dans lequel le service des ponts et chaussées doit établir les fondations d'un pont sur l'Harrach. Voici les diverses couches traversées dans ces sondages.

Premier sondage.

Numéros des couches.	DÉSIGNATION DES COUCHES.	Épaisseur des couches.	Profondeur du sondage.	Observations.
1	Sable et gravier mouvant	met. 6,20	mét. 6,20	
2	Marne grise très-plastique	0,95	7,15	
3	Marne bleuâtre	0,65	7,80	
4	Marne jaunâtre	0,40	8,20	
5	Sable aquifère	0,20	8,40	(a)
6	Marne jaune compacte	1,40	9,80	
7	Sable aquifère	0,10	9,90	(b)
8	Marne jaune compacte	1,46	11,36	

(a) Première nappe jaillissante à 8^m,20.
(b) Deuxième nappe jaillissante à 9^m,40.

Ce sondage a été exécuté par M. Mairey, garde-mines sur la rive droite de l'Harrach, à 0^m,80 au-dessus du niveau de l'eau de la rivière, et au pied de la berge qui encaisse la rivière. Il a rencontré deux nappes jaillissantes, la première trouvée entre 8^m,20 et 8^m,40 de profondeur s'est

élevée d'abord à 1^m,56 au-dessus du niveau de l'Harrach et à 0^m,70 au-dessus du sol, en fournissant un débit de 0^{lit}.75 par seconde; puis cette source a été coupée par le tube de retenue. La deuxième nappe trouvée entre 9^m,80 et 9^m,90 de profondeur s'est élevée dans le trou de sonde à 2^m,85 au-dessus du niveau de l'Harrach et à 2^m,05 au-dessus du sol du forage; le débit a été de 2 à 3 litres par seconde, à 1^m,80 au-dessus du niveau de l'Harrach.

Deuxième sondage.

Numéros des couches.	DÉSIGNATION DES COUCHES.	Épaisseur des couches.	Profondeur du sondage.	Observations.
1	Sables et graviers	mét. 3,39	mét. 3,69	
2	Marne jaune très-dure	3,11	6,50	
3	Marne bleuâtre très-dure	1,48	7,98	
4	Marne bleuâtre terreuse et tendre avec filaments végétaux	2,10	10,08	
5	Marne noire tendre avec fragments de jons	0,50	10,58	

Ce sondage a été exécuté par M. Mairey à 35 mètres nord du précédent, dans le lit même de l'Harrach et au niveau de l'eau. Il n'a pas rencontré les deux nappes jaillissantes trouvées dans le premier sondage. Il n'y a à signaler que la marne n° 5, devant sa couleur noire à la présence de matières organiques.

Troisième sondage.

Numéros des couches.	DÉSIGNATION DES COUCHES.	Épaisseur des couches.	Profondeur du forage.	Observations.
		mèt.	mèt.	
1	Sables et graviers.	6,31	6,31	(a)
2	Marne jaune assez dure.	0,11	6,45	
3	Marne bleue.	0,35	6 80	
4	Marne grise très-sableuse et tendre.	0,42	7,22	
5	Marne bleue assez dure.	0 66	7,84	
6	Marne jaune peu dure.	0,27	8,11	
7	Sable aquifère.	0,13	8,24	(b)
8	Marne marron très-dure.	2,09	10,33	
9	Marne jaune clair tendre.	2,77	13,10	
10	Marne jaune clair devenant sableuse, très-tendre.	1,43	14,50	
11	Marne jaune avec beaucoup de graviers, assez consistante. reconnue jusqu'à 16 ^m ,11.	1,53	16,11	

(a) Le niveau de l'Harrach est à 2^m,75 sous le sol.

(b) Première nappe ascendante s'arrêtant à 0^m,40 au-dessous du sol et comprise entre 8^m,11 et 8^m,24.

Le troisième sondage a été exécuté par M. le garde-mines Costier, au sommet de la berge droite de la rivière, sur l'axe de la route carrossable. Il n'a rencontré qu'une nappe ascendante qui s'est arrêtée à 0^m,40 au-dessous du niveau du sol du forage, et qui est fournie par une couche de sable de 0^m,13 d'épaisseur, comprise entre 8^m,11 et 8^m,24. Cette nappe correspond probablement à la première nappe jaillissante rencontrée dans le sondage n° 1, exécuté au pied de la berge de la rive droite. En effet, la première nappe du sondage n° 1 est séparée de la couche de sables et graviers par 2 mètres de marne grise bleue ou jaune et la nappe du sondage n° 3 est séparée de la même couche supérieure de sables et graviers par 1^m,91 de marne grise, bleue ou jaune.

Quatrième sondage.

Numéros des couches.	DÉSIGNATION DES COUCHES.	Épaisseur des couches.	Profondeur du forage.	Observations.
		mèt.	mèt.	
1	Graviers.	2,74	2,74	
2	Marne grise clair.	4,58	7,02	
3	Marne bleue.	4,52	11,54	
4	Terre noire ressemblant beaucoup à de la tourbe.	1,39	12,93	
5	Marne bleue foncée.	0,71	13,64	
6	Marne gris bleuâtre.	0,27	13,91	
7	Marne jaune de plus en plus claire.	2,85	16,76	

Ce quatrième sondage a été exécuté par M. Costier au pied de la berge gauche de la rivière, à 2 mètres en amont de l'axe de la route; il n'a pas rencontré de nappes jaillissantes. Celles-ci sont à un niveau inférieur, si elles existent de ce côté de la rivière.

Cinquième sondage.

Numéros des couches.	DÉSIGNATION DES COUCHES.	Épaisseur des couches.	Profondeur du sondage.	Observations.
		mèt.	mèt.	
1	Gravier et sable.	4,67	4,67	
2	Marne jaune clair.	0,33	5,00	
3	Marne jaune grisâtre.	4,05	9,05	
4	Marne grisâtre ou bleuâtre.	7,49	16,54	
5	Terre noire ressemblant à de la tourbe.	0,55	17,09	
6	Marne bleu foncé.	0,69	17,78	

Le cinquième trou de sonde a été exécuté par M. Costier sur la berge gauche de la rivière et sur l'axe de la route; il n'a pas rencontré de nappes jaillissantes. La couche tour-

beuse n° 5 a été rencontrée à 11^m,87 au-dessous de l'assise de sables n° 1.

Dans le sondage n° 4, cette même couche a été rencontrée à 8^m,80 au-dessous de l'assise des sables supérieurs. Le rapprochement de ces nombres prouve que les couches alluviennes de la vallée de l'Harrach sont de véritables lentilles dont l'épaisseur varie d'un point à un autre.

Sixième sondage.

Numéros des couches.	DÉSIGNATION DES COUCHES.	Épaisseur des couches.	Profondeur du sondage.	Observations.
1	Gravier et sables.	mèt. 4,18	mèt. 4,18	
2	Marne grise ou bleue.	5,04	9,22	
3	Terre noire ressemblant à de la tourbe.	1,52	10,74	
4	Marne bleue ou gris verdâtre.	0,92	11,66	
5	Marne jaune rougâtre.	1,06	12,72	
6	Marne jaune avec graviers aquifères.	2,48	15,20	(a)

(a) A 14^m,36, une nappe jaillissante s'est élevée à 0^m,49 au-dessus du sol, quoiqu'il n'y eût pas de tubage.

Le sondage n° 6 a été exécuté par M. Costier dans le lit de l'Harrach, entre les premier et deuxième sondages, dans le but d'établir nettement les allures des couches de sables aquifères rencontrées dans les sondages n° 1 et 5 et celles de la couche de tourbe qui a été rencontrée dans les sondages n° 2, 4 et 5; il a rencontré la première nappe jaillissante à 14^m,36 au-dessous du niveau de l'Harrach, et la hauteur hydrostatique de cette nappe a été de 0^m,49 au-dessus du lit de la rivière. Il résulte de la comparaison des coupes données par les six sondages du gué de Constantine que des nappes jaillissantes existent dans les couches alluviennes de la vallée de l'Harrach. Ces nappes sont très-rapprochées du sol, le long de la rive

droite de la rivière, et peuvent être atteintes par des sondages de 9 à 14 mètres de profondeur. Du côté de la rive gauche, ces nappes n'ont pas été atteintes par des sondages de 15 à 16^m,76 de profondeur, parce qu'elles sont situées plus bas. Cela vient de ce que le terrain saharien dans lequel a été creusée la vallée actuelle de l'Harrach affleure au gué de Constantine tout près de la rive droite *m* (fig. 15), tandis qu'un grand plateau alluvien *pq*. de 1.000 mètres environ de large, sépare la rive gauche de la rivière du terrain plus ancien qui lui sert de limite au nord.

Les couches alluviennes *r*, *s*, qui ont comblé la vallée de l'Harrach présentent dès lors, en travers de cette vallée, une inflexion en forme de cuvette qui les maintient plus éloignées de la rive gauche *p* que de la rive droite *m*, dans un trou de sonde vertical. C'est ce qui est indiqué par la fig. 15. La couche de tourbe se présente au contraire avec des épaisseurs plus grandes sur la rive gauche et s'amincit en se rapprochant de la rive droite. Cela vient aussi de ce que la rive droite de la rivière correspond à la limite méridionale du bassin alluvien, tandis que la rive gauche du lit actuel de la rivière est assez éloignée de la limite septentrionale de ce bassin. Aussi l'épaisseur des couches doit-elle augmenter à mesure qu'on s'éloigne de la rive droite. Quoi qu'il en soit les sondages du gué de Constantine montrent que les couches alluviennes de l'Harrach renferment des nappes jaillissantes indépendantes de celles qui sont contenues dans les couches sahariennes de la plaine de la Métidja. Ces nappes alluviennes ont un débit assez important qui s'élève parfois à 3 litres par seconde, et pourraient certainement être utilisées par l'agriculture en différents points de la basse vallée de l'Harrach. Dans des rapports antérieurs, nous avons parlé des petits sondages d'exploration que le service des ponts et chaussées a fait exécuter dans la vallée de l'Oued Fatis, près de son confluent avec le Mazafran, et aux environs de Boufaric, dans les vallées qui

les sillonnent. Des eaux jaillissantes ont été trouvées ainsi au milieu des couches alluviennes de ces diverses vallées. Les sondages du gué de Constantine ont été exécutés dans les mêmes conditions de succès, au milieu des couches alluviennes de l'Harrach; et l'on voit que l'on peut aujourd'hui considérer comme démontré que les terrains d'alluvions récentes qui ont comblé en partie les grandes vallées sillonnant la plaine de la Métidja renferment des nappes jaillissantes à une faible profondeur sous le sol et susceptibles parfois d'être utilisées par l'agriculture.

Sondage de Mustapha inférieur.

Le sondage de Mustapha inférieur près d'Alger a été commencé en 1860 par MM. Cullaz et Julienne et poussé par ces derniers jusqu'à la profondeur de 146 mètres au diamètre de 0^m,10, en employant le système Degousée. Il a été recommencé par ces messieurs le 7 octobre 1861, au diamètre initial de 0^m,23 avec le matériel du système Kind appartenant à l'État, et poussé jusqu'à la profondeur de 74^m,50. En raison de l'intérêt que la rencontre d'une nappe jaillissante à Mustapha inférieur présentait pour la population d'Alger, M. le préfet a décidé que le sondage serait continué aux frais de l'État, par le service des mines, et divers crédits ont été ouverts à cet effet. En conséquence, le sondage a été repris d'une manière définitive aux frais de l'État, le 16 novembre 1861, par le service des mines, qui a conservé M. Cullaz comme maître sondeur. On a employé successivement l'outil à chute libre de M. Kind et l'outil à chute libre de l'invention de M. Saury, maître sondeur du territoire militaire. Ce dernier outil a continuellement fonctionné depuis la profondeur de 150 mètres et a donné jusqu'à ce jour d'excellents résultats. Il a l'avantage de pouvoir travailler dans des trous où il n'y a pas d'eau, et dont le diamètre ne dépasse pas 0^m,15. La tête *abc* (fig. 16) de l'outil percuteur est tout simplement une

tige carrée de 0^m,04 de côté qui glisse verticalement le long de la tige de suspension *def*, également à section carrée. Le mouvement vertical ascendant ou descendant de l'outil percuteur le long de la tige de suspension est guidé par deux étriers à section rectangulaire dont l'un *ae* est fixé à la partie supérieure de la tige portant l'outil percuteur, et l'autre *dq* est fixé à la partie inférieure de la tige de suspension. Une clavette en fer *i*, fixée sur la tige de suspension, sert d'arrêt à l'étrier supérieur, et limite la hauteur de chute de l'outil. Une deuxième clavette en fer *k*, fixée sur la tige portant l'outil percuteur, peut passer à travers l'anneau *lh*, fixé sur la tige de suspension, et limite également la hauteur de chute de l'outil en butant contre l'étrier inférieur *dq*. Quand l'outil est au bas de sa course, l'anneau en fer *lh*, fixé sur la tige de suspension pénètre dans une encoche de la tête de l'outil. La tige en remontant soulève l'outil percuteur; quand elle est arrivée au haut de sa course, le choc qu'elle reçoit du balancier fait décrocher l'anneau qui retenait l'outil percuteur; alors celui-ci tombe librement de tout son poids. Ce mécanisme est très-ingénieux et fort simple; l'anneau mobile et la partie de l'outil percuteur portant l'encoche de retenue, doivent être en acier. Il suffit d'un coup de lime pour arranger le mécanisme, quand l'anneau n'accroche plus la tête de l'outil par suite de l'usure des parties en contact.

Au 31 décembre 1862, le sondage de Mustapha inférieur était parvenu à la profondeur de 254 mètres; il a traversé les couches suivantes à partir de la surface.

		mèt.
Terrain saharien.	Terre rouge.	8,00
	Grès et poudingue. . .	22,00
Terrain pliocène marin.	Argile grise compacte.	224,00
	Total.	254,00

On a employé en tout deux cent soixante sept journées de travail de vingt-quatre heures, pour faire 249^m,70 d'a-

vancement, forage et tubage compris. Ce qui fait 0^m.94 d'avancement moyen par vingt-quatre heures. On s'est servi de la main d'œuvre militaire fournie d'abord par le régiment de zouaves, et plus tard par des pénitenciers.

Le matériel employé à Mustapha se composait partie du matériel Degousée, appartenant à M. Cullaz; partie du matériel Kind, appartenant au sondage de Baraki. Par suite de l'exécution simultanée des deux sondages, il en est résulté pour chacun d'eux des embarras qu'il est facile de comprendre, et un surcroît de dépenses entraîné par les transports continuels d'une partie du matériel d'un sondage à l'autre. Le sondage de Mustapha a été plusieurs fois suspendu, tantôt par l'insuffisance des divers crédits mis à notre disposition, tantôt par le manque de tubes de retenue. Le sondage ne renfermait qu'une seule colonne de tubes en tôle de 0^m.21 de diamètre intérieur, descendant à la profondeur de 211 mètres. Quand on a repris le travail, après deux mois environ de suspension, on a essayé de mettre la colonne en mouvement en la faisant tourner sur elle-même, et la faisant monter et descendre d'une petite quantité; mais l'arrêt ayant été fort long, les argiles maintenues par le tube ont exercé une pression que l'on n'a pu vaincre, et la colonne s'est divisée en deux tronçons à la profondeur de 162 mètres. Il devenait alors impossible de la faire descendre. Il a fallu suspendre de nouveau le travail jusqu'au 17 novembre, époque de l'arrivée d'une nouvelle colonne de 0^m.18 de diamètre intérieur.

La rupture de la colonne de tubes de 0^m.21 de diamètre, est due à la résistance présentée par les argiles encaissantes. C'est un cas de force majeure qui se présente souvent dans les sondages et auquel il faut se résigner; on y obvie en introduisant une deuxième colonne, ainsi que nous l'avons fait.

Le sondage de Mustapha inférieur a déjà coûté à l'administration les sommes suivantes :

Transports et fournitures.	fr. 4.863,965
Main-d'œuvre militaire.	9.118,780
Traitement du contre-maître, surveillance. . .	3.011,810
Total au 31 décembre 1862. . .	16.994,555

Pour les 179 mètres exécutés par le service des mines, le prix de revient de la main-d'œuvre militaire est de 51 francs par mètre courant.

Le prix de revient définitif, en y comprenant les dépenses de toute nature, est de 94^f.94 par mètre courant, abstraction faite de la valeur des tubes de retenue.

Le sondage de Mustapha inférieur ne nous a jamais paru offrir de grandes chances de succès, à cause de son voisinage de la zone de contact du terrain tertiaire et du massif des roches cristallines de la Bouzareah.

La propriété Julienne est à 1.500 mètres tout au plus de la limite méridionale de ce massif; aussi doit-on craindre que les nappes aquifères du terrain tertiaire n'aient pas un lit bien prononcé à une distance aussi petite du massif de roches cristallines. Cette circonstance serait beaucoup moins à redouter si le sondage s'était trouvé dans une position plus centrale par rapport au bassin tertiaire du versant N. du Sahel; mais nous sommes resté complètement étranger au choix de l'emplacement de sondage de Mustapha inférieur. Le service des mines a été simplement chargé de continuer aux frais de l'État un sondage commencé par des particuliers, et à la réussite duquel la population de Mustapha inférieur attache du reste un très-grand intérêt. A l'origine des travaux, nous ne pouvions dire d'une manière absolue que le succès était impossible; nos études géologiques sur le Sahel nous avaient démontré qu'au dessous de la grande couche d'argile traversée dans le sondage, il y a des grès plus ou moins sableux qui se relèvent sur les

flancs de la Bouzareah, et dans lesquels on pouvait espérer trouver auprès de Mustapha inférieur de l'eau jaillissante en quantité minime il est vrai. Or, vers la fin de 1862, nous avons eu l'occasion de visiter un puits à grande section de 24 mètres de profondeur, creusé au Sacré-Cœur, entre le sondage de Mustapha inférieur et le pied du massif cristallin de la Bouzareah. Les couches tertiaires se redressant sur les flancs de la Bouzareah, le puits du Sacré-Cœur s'est trouvé placé à la partie inférieure de la grande couche d'argile. Il a traversé d'abord 12 mètres de cet argile, et puis 12 mètres de grès très-dur contenant de gros blocs roulés de gneiss et de granit de 0^m,50 de diamètre. Ces grès sur lesquels on pouvait compter pour fournir de l'eau jaillissante à Mustapha inférieur, n'ont donné au Sacré-Cœur que des traces insignifiantes d'eau d'infiltration; ils étaient simplement humides. Il n'était donc plus permis, à notre avis, de se faire illusion sur le résultat définitif du sondage de Mustapha inférieur. Aussi, ne pouvant prévoir à quelle profondeur on rencontrerait les grès dans le sondage de Mustapha inférieur, et convaincu du reste que ces grès seraient à Mustapha tout aussi peu aquifères qu'au Sacré-Cœur, nous avons proposé à M. le directeur général d'abandonner le sondage à la profondeur de 250 mètres, si l'on n'avait obtenu alors aucun résultat qui pût faire espérer trouver l'eau jaillissante. Cette proposition ayant été approuvée, nous avons abandonné le travail d'avancement le 31 décembre 1862, époque à laquelle on était arrivé à la profondeur de 254 mètres, sans avoir traversé complètement la grande couche d'argile bleue.

Sondages du Hamma (environs d'Alger).

Un premier sondage a été exécuté par le service des mines au Hamma, sur la croupe du Sahel, au milieu du terrain pliocène supérieur dans le double but : 1° de recher-

cher la profondeur à laquelle se relève sur le Sahel la nappe qui alimente la belle source du Hamma; 2° d'indiquer la direction à donner à une galerie de recherches qui doit partir du point d'émergence de la source. Ce sondage a été exécuté par M. le maître sondeur Callaz, et M. le garde-mines Coster, au diamètre initial de 0^m,20, avec un appareil du système Degoussée, au moyen de la main-d'œuvre civile. On ne travaillait que dix heures par jour, à raison de 3 fr. par journée. Commencé le 22 juin 1862, il était parvenu, le 19 août 1862, à la profondeur de 50^m,23. Il avait traversé la série des couches suivantes ;

Nombres des couches.	DÉSIGNATION DES COUCHES.	Épaisseur des couches.	Profondeur du forage.	Observations.
		mèt.	mèt.	
1	Déblais calcaires d'un ancien four à chaux. . .	8,00	8,00	(a)
2	Calcaire jaune plus ou moins sableux.	38,78	46,78	
3	Terre graveleuse.	0,52	47,30	
4	Graviers.	0,50	47,80	
5	Sables.	2,43	50,23	(b)

(a) Les couches traversées appartiennent au terrain pliocène marin.
(b) L'eau se tient à 49^m,23 sous le sol.

On a employé cinquante jours de dix heures de travail pour faire 50^m,23 d'avancement; ce qui fait 2^m,41 par jour de vingt-quatre heures. A la profondeur de 50^m,23, de nombreux éboulements rendirent nécessaire le tubage du trou de sonde. On introduisit sans difficulté 41 mètres de tubes de 0^m,16 de diamètre intérieur. Lorsqu'il ne restait plus qu'un mètre de tubes à descendre, le tubage fut confié aux ouvriers par le maître sondeur qui dut se rendre à Alger. Les ouvriers éprouvant quelque résistance dans le mouvement de la colonne, frappèrent à coups redoublés sur la tête. La colonne se brisa et se plia en plusieurs endroits.

Ce fut un accident des plus graves. On parvint cependant à surmonter l'obstacle présenté par les tubes faussés, en rodant ces derniers avec la langue de serpent. On avait dépassé la partie inférieure de la colonne brisée, et il ne restait plus qu'à enlever les éboulements qui comblaient le trou entre 43 et 50 mètres. Entre 43 et 44 mètres, le trépan s'était enfoncé sans difficulté de 0^m,77 dans le trou de sonde, en soulevant au-dessus de sa tête les débris de roches calcaires broyées par son ciseau. Ces débris ont la singulière propriété de faire avec l'eau une pâte tenace, qui reconstitue en quelque sorte au-dessus de l'outil une roche assez dure formant un obstacle énergique à la sortie du trépan. C'est ce qui est arrivé malheureusement à la profondeur de 45^m,47. On n'a pu parvenir à enlever le trépan à l'aide des tensions énergiques produites par de très-puissants leviers, en même temps que l'on frappait à coups de marteau sur la tête de la sonde. Avant d'employer ce moyen, on avait essayé de désagréger avec un lourd ciseau le tampon recouvrant la tête du trépan. Après quinze jours d'efforts inutilement tentés, par M. Purtschet, à qui nous avons confié l'arrachement du trépan, il a fallu renoncer à ces tentatives. On a enlevé du trou de sonde toutes les tiges, et l'on n'a laissé que le trépan coincé dans le trou. On a retiré ensuite 27 mètres de tubes de retenue de 0^m,165 de diamètre intérieur, et l'on a sacrifié 15 mètres de tubes qui étaient brisés et faussés en plusieurs endroits.

Nous avons fait commencer, le 6 novembre 1862, un deuxième sondage à 1 mètre de distance du premier, par M. Purtschet. Le travail était parvenu, le 31 décembre 1862, à la profondeur de 87 mètres sans aucun accident. Il a marché régulièrement nuit et jour avec la main-d'œuvre des condamnés militaires, qui formaient journellement deux postes de dix heures de travail chacun. Il a rencontré les couches suivantes :

Numéros des couches.	DÉSIGNATION DES COUCHES.	Épaisseur des couches.	Profondeur du forage.	Observations.
		mèt.	mèt.	
1	Déblais calcaires d'un ancien four à chaux.	9,50	9,50	(a)
2	Calcaire jaune mêlé de graviers et de sables.	12,60	21,10	
3	Marne sableuse jaune mêlée de graviers.	2,20	23,30	
4	Calcaire sableux jaune, mêlé de graviers.	20,75	44,05	
5	Calcaire dur jaune.	3,15	47,20	(b)
6	Calcaire sableux jaune.	3,00	50,20	
7	Marne sableuse jaune.	3,40	53,60	
8	Calcaire sableux jaune.	20,60	74,20	(c)
9	Marne jaune sableuse.	2,30	76,50	
10	Argile grise sableuse.	9,75	86,25	
11	Argile grise compacte.	0,75	87,00	

(a) Les couches traversées appartiennent au terrain pliocène marin.

(b) Première nappe ascendante comprise entre 45^m,60 et 50^m,20.

(c) Deuxième nappe ascendante comprise entre 55^m,20 et 76^m,50.

On a employé cinquante-quatre journées de vingt heures de travail, ou quarante-cinq journées de vingt-quatre heures, pour faire 87 mètres de forage, tubage compris; ce qui donne un avancement moyen de 1^m,93 par vingt-quatre heures. On a introduit dans le trou de sonde trois colonnes de retenue partant du jour :

La première de 7 mètres de long et de 0^m,24 de diamètre intérieur, pour maintenir les remblais de l'ancien four dans lequel le sondage a été placé;

La deuxième de 0^m,165 de diamètre intérieur et de 40 mètres de long;

La troisième de 0^m,12 de diamètre intérieur et de 66 mètres de long.

Après la cessation des travaux d'avancement, on a enlevé la colonne de 0^m,165 de diamètre. Les couches de calcaire du Sahel diffèrent beaucoup de dureté à des distances très-rapprochées. Aussi les avancements n'ont pas été les mêmes pour des profondeurs égales dans les deux sondages.

Dans le deuxième sondage, l'eau a commencé à se montrer à la profondeur de 45^m,60. A celle de 50^m,20, le niveau de l'eau se tenait dans le trou de sonde, à 45^m,40 sous le sol, et le fond du trou de sonde était formé par un banc d'argile sableuse jaunâtre de 3^m,40 d'épaisseur. A la profondeur de 55^m,20, le niveau de l'eau était à 45^m,20 sous le sol. A partir de là, il a varié entre 42^m,50 et 45^m,30. Il était de 45^m,50 à la fin du sondage. On a donc rencontré dans le deuxième trou de sonde du Hamma deux nappes au moins d'eaux ascendantes bien caractérisées; l'une remonte de la profondeur de 50^m,20, et se trouve au-dessus d'un banc d'argile sableuse jaunâtre; l'autre est comprise dans tout l'intervalle qui s'étend de 55^m,20 de profondeur à 76^m,50. Sa puissance ascensionnelle est plus forte que celle de la nappe supérieure, ainsi que cela est arrivé pour les deux nappes jaillissantes de Baraki.

Le niveau primitif du sol, à l'ouverture du deuxième trou de sonde, est à 92^m,86 au-dessus du niveau de la mer.

La surface supérieure de la couche d'argile grise n° 10 se trouve donc dans le trou de sonde à 16^m,56 au-dessus du niveau de la mer.

Le niveau de l'eau des sources du Grand-Marabout, étant à 27^m,910 au-dessus de la mer, est dès lors plus élevé de 11^m,55, que le point auquel on a rencontré la couche d'argile grise dans le sondage. Ce fait, rapproché de la pente vers l'est-sud-est des couches tertiaires du Hamma et des oscillations du niveau de l'eau dans le trou de sonde, donne lieu de penser que la grande nappe d'eau ascendante trouvée entre 55^m,20 et 76^m,50 se divise en réalité en plusieurs nappes distinctes, et que la grande source du Hamma correspond à l'une des nappes intermédiaires. Cette conséquence est en harmonie également avec la manière dont les trois sources du Hamma émergent au jour. On reconnaît en effet qu'elles sont alimentées par des infiltrations s'écoulant

en vertu de leur propre poids sur la pente de plusieurs assises de marnes jaunes, enclavées dans des bancs calcaires. Le broyage que le trépan a fait subir aux roches extraites du trou de sonde ne permet pas d'assimiler d'une manière rigoureuse les couches d'où émergent les sources du Hamma à aucune de celles trouvées au-dessus de l'argile grise du fond du trou de sonde. Une galerie qui serait dirigée du Grand-Marabout vers le trou de sonde avec une pente ascendante d'un millimètre par mètre pour faire écouler les eaux, aurait à très-peu près la direction des couches elles-mêmes; elle serait comprise dans les 10 mètres supérieurs de la zone aquifère de 22^m,10 d'épaisseur, contenant la nappe ascendante inférieure.

Le deuxième sondage du Hamma a été exécuté par des condamnés militaires, dont la journée de dix heures de travail revenait à 1^f,80 environ tout compris. Il a coûté les sommes suivantes :

	fr.
Fournitures diverses.	519,60
Main-d'œuvre et surveillance.	1.851,66
Prime à M. Kind pour l'emploi de leur maître sondeur. . .	870,00
Total.	3.221,26

Ce qui fait en tout 37^f,63 par mètre courant d'avancement, sans tenir compte de la valeur des tubes de retenue laissés provisoirement dans le trou de sonde.

Le premier forage a coûté beaucoup plus cher à cause du temps perdu à réparer les deux accidents qui ont forcé, en définitive, à abandonner le sondage à 50^m,25 de profondeur.

On y a dépensé les sommes suivantes :

	fr.
Fournitures diverses.	991,57
Main-d'œuvre civile et militaire.	3.128,62
Total.	4.120,19

Ce qui fait 81^f,42 par mètre courant d'avancement. On n'a pas eu de prime à payer à MM. Kind, parce que le

premier sondage n'a pas été fait par leur maître sondeur. Si l'on ne tient compte que des dépenses entraînées par le forage de 50^m,23 d'avancement avant que les deux accidents ne soient arrivés, on trouve :

	fr.
Fournitures diverses.	211,05
Main-d'œuvre civile, surveillance.	<u>1.894,04</u>
Total.	2.105,09

Soit 41^f,92 par mètre courant, sans comprendre de prime. Ainsi l'emploi de la main-d'œuvre des condamnés militaires a donné lieu à une économie très-notable.

NOTICE

SUR LES SONDAGES EXÉCUTÉS DANS LES TERRITOIRES CIVIL ET MILITAIRE
DE LA PROVINCE D'ALGER, PENDANT L'ANNÉE 1863.

Par M. VILLE, ingénieur en chef des mines.

§ 1^{er}. TERRITOIRE CIVIL.

Sondage de Mustapha-Inferieur.

Les travaux d'approfondissement du sondage de Mustapha-Inferieur, aux frais de l'État, avaient été abandonnés, le 31 décembre 1862, à la profondeur de 254 mètres, au milieu d'une épaisse couche de marnes grises pliocènes ; ils ont été continués par MM. Cullaz et Julienne, à leurs frais, risques et périls, jusqu'à la profondeur de 297 mètres. Ils ont traversé sous les marnes une épaisse couche de grès quartzeux et, en dernier lieu, une couche très-dure de brèche formée de débris du terrain cristallin. Cette brèche constitue auprès d'Alger le terrain miocène caractérisé par la présence de divers clypeaster. La rencontre des couches miocènes et le voisinage de la zone de contact du terrain tertiaire du Sahel et des terrains cristallins de la Bouzareah donnaient lieu de penser que le sondage de Mustapha-Inferieur avait très-peu de chances de rencontrer des nappes d'eau jaillissante. Ces considérations, jointes aussi au défaut de ressources des personnes exécutant le sondage, ont empêché de le continuer. Le service des mines a procédé, dans le courant de juillet, à l'extraction des deux colonnes de tubes de retenue de 0^m,21 et 0^m,18 de diamètre qui se trouvaient dans le trou de sonde et qui apparte-

naient à l'État. L'opération n'a réussi que d'une manière incomplète : 150 mètres de tubes de 0^m,21 ont été abandonnés dans le trou de sonde. La pression des marnes a résisté à tous les efforts de traction employés pour enlever cette colonne. Le sondage de Mustapha-Inférieur est aujourd'hui complètement détruit.

On a traversé dans ce sondage les couches suivantes :

Numéros d'ordre.	DÉSIGNATION DES COUCHES.	Épaisseur des couches.	Profondeur des couches.	Observations.
		mèt.	mèt.	
1	Terre rouge	8,00	8,00	(a)
2	Grès et poudingues	22,00	30,00	
3	Argile grise compacte	224,00	254,00	(b)
4	Grès et brèche	43,00	297,00	(c)

(a) Terrain saharien. (b) Terrain pliocène marin. (c) Terrain miocène.

Ce sondage a coûté les sommes suivantes :

Fournitures d'entretien, transports divers . . .	fr. 6.652,67
Main-d'œuvre	9.648,00
Appointements du maître sondeur	2.929,48
150 mètres de tubes de retenue de 0 ^m ,21 abandonnés dans le trou de sonde, poids approximatif, 2.421 kil. à 1 ^f ,15	2.784,15
	<u>21.994,30</u>

Soit 22.000 francs, avec lesquels on n'a fait que 179^m,50; les 117^m,50 restants ont été payés par les propriétaires intéressés. Le prix de revient du mètre courant, exécuté aux frais de l'État, est de 122^f.55; si l'on ne tient pas compte de la valeur des 150 mètres de tubes laissés dans le trou de sonde, le prix de revient du mètre courant est de 107^f.02.

Sondage de Méridja.

Le sondage de Méridja a été commencé le 20 février 1865,

au fond d'un puits de service de 2^m,50 de profondeur, avec des condamnés militaires. Il est situé à 18 kilomètres environ sud-est d'Alger, sur la place publique du village de Méridja (route d'Alger au Fondouk). Il a été suspendu le 26 mai 1865 à la profondeur de 107^m,80 et au diamètre de 0^m,24, par suite du manque de tubes de retenue. Les tubes de 0^m,21 et de 0^m,18 de diamètre intérieur, nécessaires pour continuer le sondage de Méridja, avaient été prêtés à MM. Cullaz et Julienne qui exécutaient le sondage de Mustapha-Inférieur. L'abandon forcé de 150 mètres de tubes de 0^m,21 de diamètre dans le sondage de Mustapha-Inférieur a obligé de commander à Paris une nouvelle colonne de ce diamètre. Cette colonne est arrivée à Alger dans la deuxième quinzaine de décembre et le sondage de Méridja a été repris le 27 décembre. Des éboulements ayant comblé le puits sur une certaine hauteur, on a dû commencer par les enlever. Le 31 décembre 1865, le sondage était parvenu à la profondeur de 104^m,60, après avoir traversé les couches suivantes :

Numéros d'ordre.	DÉSIGNATION DES COUCHES.	Épaisseur des couches.	Profondeur des couches.	Observations.
		mèt.	mèt.	
1	Argile jaunâtre	6,80	6,80	(a)
2	Sable	0,40	7,20	
3	Marne jaune graveleuse	1,10	8,30	
4	Sable jaune	1,20	9,50	
5	Marne jaune un peu graveleuse	3,20	12,70	
6	Marne rougeâtre très-sableuse	0,30	13,00	
7	Marne jaune très-graveleuse	6,50	19,50	
8	Grès jaunâtre sableux	12,00	31,50	
9	Sable quartzeux jaune	4,80	36,30	
10	Grès jaunâtre sableux	3,20	39,50	
11	Sable jaune et graviers	11,50	51,00	
12	Grès jaunâtre très-dur	2,50	53,50	
13	Sable jaune	3,10	56,60	
14	Marne grise ou bleue fossilifère	19,20	75,80	
15	Marne gris jaunâtre	2,40	78,20	
16	Marne jaune	12,50	90,70	
17	Marne grise	8,90	99,60	
18	Marne grise graveleuse	4,70	104,30	

(a) Première nappe ascendante à 10^m,60.

Une première colonne de retenue de 0^m,30 de diamètre descend à la profondeur de 48 mètres.

Une deuxième colonne de 0^m,27 de diamètre descend à la profondeur de 61^m,50.

Une troisième colonne de 0^m,24 de diamètre descend à la profondeur de 96 mètres.

Une première nappe ascendante a été rencontrée à la profondeur de 10^m,60 pendant qu'on traversait la couche de marnes graveleuses n° 5. Le niveau d'eau dans le trou de sonde, qui se tenait d'abord à 2^m,13 sous le sol, s'est relevé de 0^m,23, et la température de l'eau, qui était de 16°,50, a été portée subitement à 17°.

Depuis la profondeur de 56^m,90, le sondage a quitté le terrain saharien pour pénétrer dans les marnes pliocènes qui se relèvent sur le flanc nord de l'Atlas; on peut espérer trouver de l'eau jaillissante dans les couches de sables plus ou moins graveleux contenues dans ces marnes.

Sondage de l'Oued el Halleg.

A la suite de nos explorations géologiques dans la plaine de la Métidja, nous avons reconnu, en 1863, que la plupart des marais de cette plaine étaient alimentés par des sources jaillissantes naturelles situées à une petite profondeur sous le sol. De ce nombre était le marais situé en tête de l'Oued el Halleg, marais desséché par des canaux de drainage dont les eaux servaient à l'irrigation des jardins des colons. Dans une lettre adressée, le 1^{er} juin 1863, à M. le préfet, nous disions :

« D'après la comparaison des températures des sources « jaillissantes artificielles de Baraki, il est permis de sup- « poser qu'un sondage rencontrerait une première nappe « jaillissante sur la route médiane de la plaine (entre l'Oued « el Halleg et Boufarik) à une profondeur qui ne dépasse- « rait pas 50 à 60 mètres. »

Le canal de drainage du village de l'Oued el Halleg ayant

manqué d'eau pendant l'été de 1863, M. le préfet, sur la demande du conseil municipal, a décidé qu'un puits artésien serait exécuté par le service des Mines à proximité de la tête du canal. Ce puits a été commencé le 21 septembre, au diamètre de 0^m,30, par le système Saury, au fond d'un puits de service de 2 mètres de profondeur. Il était parvenu, le 31 décembre, à la profondeur de 127^m,40, après avoir rencontré les couches suivantes :

Numéros d'ordre.	DÉSIGNATION DES COUCHES.	Épaisseur des couches.	Profondeur des couches.	Observations.
		mèt.	mèt.	
1	Terre végétale et graviers.	3,80	3,80	
2	Marne jaune.	3,20	7,00	
3	Gravier mélangé de marne.	3,00	10,00	
4	Marne jaune sableuse.	2,00	12,00	
5	Graviers.	5,40	17,40	
6	Marne jaune graveleuse.	2,30	19,70	
7	Marne grise.	2,50	22,20	
8	Marne jaune.	6,60	28,80	
9	Marne grise.	1,50	30,30	
10	Marne brune.	0,90	31,20	
11	Marne jaune.	1,0	32,20	
12	Marne jaune très-graveleuse.	0,95	33,15	
13	Marne jaune.	5,35	38,50	
14	Marne jaune avec sables et graviers.	1,70	40,20	
15	Marne brune avec sables et graviers.	1,80	42,00	
16	Marne jaune.	2,65	44,65	
17	Marne noire.	1,00	45,65	
18	Marne jaune sableuse.	4,25	49,90	
19	Marne jaune graveleuse.	0,40	50,30	
20	Marne grise.	0,95	51,25	
21	Marne rougeâtre graveleuse très-dure.	15,85	67,10	
22	Marne jaune graveleuse.	2,10	69,20	
23	Graviers et sables.	1,60	70,80	(a)
24	Marne jaune sableuse.	11,31	82,10	
25	Graviers.	2,50	84,60	(b)
26	Sable.	3,50	88,10	
27	Marne grise.	7,40	95,50	
28	Marne jaune avec graviers.	4,60	100,10	
29	Marne brune.	1,90	102,00	
30	Marne jaune.	10,40	112,40	
31	Graviers.	0,90	113,30	(c)
32	Marne jaune.	14,20	127,50	

(a) Première nappe ascendante à 69^m,20. (b) Deuxième nappe ascendante à 82^m,10. (c) Troisième nappe ascendante à 112^m,70.

L'on a rencontré trois nappes ascendantes bien caractérisées. L'une d'elles vient de la profondeur de 69^m,20, et a

fait remonter de 1^m,60 le niveau primitif de l'eau du trou de sonde. Sa température est de 21°;

La deuxième vient de la profondeur de 82^m,10 et a fait remonter le niveau de l'eau du trou de sonde à 1^m,70 au-dessus du niveau atteint par la première nappe. Sa température est de 22°;

La troisième vient de la profondeur de 112^m,70; elle a fait remonter le niveau de l'eau du trou de sonde à 2^m,20 au-dessus du niveau atteint par la deuxième nappe. Sa température est de 23°. Par suite de la rencontre de cette troisième nappe, l'eau a été portée dans le trou de sonde à 1^m,10 en contre-bas du sol. Les trois nappes s'élèvent chacune à un niveau supérieur de plusieurs mètres à celui de la tête du canal de drainage. Il est donc possible de les utiliser toutes les trois au moyen d'une tranchée qui leur permette de s'écouler dans le canal. On continue, du reste, d'approfondir le sondage. Il est permis d'espérer qu'on trouvera vers 150 mètres de profondeur la nappe jaillissante de Baraki et de Ben-Tallah. Nous ferons remarquer que le niveau de l'orifice du sondage est à 7^m,48 au-dessus du fond de la tête du canal de drainage, que le niveau atteint par la première nappe est à 2^m,48 au-dessus du fond de la tête du canal et que cette première nappe a été rencontrée à 61^m,72 au-dessous du fond du canal de drainage. Nos prévisions sur la profondeur à laquelle la première nappe serait rencontrée se sont donc réalisées d'une manière à peu près complète. Nous insistons à cet égard pour justifier l'importance que nous attachons aux observations thermométriques que nous avons faites sur les sources de l'Algérie en diverses saisons de l'année. Le sondage de l'Oued el Halleg a marché sans aucun accident. On a employé 74^h,50 de 20 heures de travail ou 62^h,08 de 24 heures de travail pour faire 125^m,40, ce qui donne un approfondissement moyen de 2^m,02 par journée de 24 heures de travail.

§ 2. TERRITOIRE MILITAIRE.

Sondage d'El Mesran.

Après le succès obtenu dans le forage d'Aïn Malakoff, auprès d'Hamia Rharbia, sur le bord oriental du Zahrez Rharbi, un nouveau sondage, au diamètre initial de 0^m,35, fut commencé le 20 décembre 1862 à 8 kilomètres sud-est du précédent, auprès du poste-café d'El Mesran, sur la route d'Alger à Laghouat, à 21 kilomètres sud du caravan-sérail de Guelt-es Settel. En face du poste se trouve une auberge qui sert d'étape aux voituriers et aux voyageurs qui se rendent à Laghouat. Le poste est situé au pied septentrional de la zone de dunes qui s'étend d'un bout à l'autre des bassins des deux Zahrez, entre le bord de ces lacs et la chaîne crétacée du Djebel Sahari. L'eau abonde à 5 ou 6 mètres de profondeur en beaucoup de points de ces dunes; mais dans un grand rayon autour d'El Mesran, elle est fortement saumâtre; elle donne à la soupe et au café un goût détestable et l'on ne peut la boire surtout en été. Il était donc d'une utilité incontestable d'essayer un sondage à El Mesran, s'il avait des chances de réussir. Nos études géologiques dans le bassin des Zahrez nous ont démontré cette possibilité. En effet, les couches sahariennes plongent avec régularité du sud au nord, entre le rocher de sel et l'axe longitudinal du bassin des Zahrez.

El Mesran se trouve comme l'Aïn Malakoff sur la rive droite de l'Oued Malah. La pente entre ces deux points est très-faible, aussi l'existence d'une nappe jaillissante nous paraît tout à fait probable.

Le sondage d'El Mesran qui, le 31 décembre 1862, avait atteint la profondeur de 10 mètres, était parvenu, à la fin de janvier 1865, à la profondeur de 45^m,70, après avoir traversé les couches suivantes :

Numéros d'ordre.	DÉSIGNATION DES COUCHES.	Épaisseur des couches.	Profondeur des couches.	Observations.
1	Alternances de terre végétale sableuse et de sable qu' rizeux blanc.	mèt. 6,00	mèt. 6,00	(a)
2	Cailloux roulés de calcaire et de silix.	3,00	9,00	
3	Marne jaune.	0,20	9,20	
4	Sable blanc jaunâtre, avec petits cailloux roulés, mélange de sable quartzueux et de sable calcaire.	4,50	13,70	
5	Marne jaunâtre.	2,00	15,70	
6	Sable calcaire rougeâtre.	4,10	19,80	
7	Marne rougeâtre.	4,00	23,80	
8	Marne sableuse jaunâtre.	5,73	29,53	
9	Calcaire blanc friable, farineux.	1,30	30,83	
10	Sable quartzueux et sable calcaire mélangé.	1,50	32,33	
11	Marne jaunâtre.	0,20	32,53	
12	Sable calcaire rougeâtre.	2,60	35,13	
13	Sable blanc quartzueux avec sable calcaire.	3,07	38,20	
14	Sable jaune très-fin quartzueux et légèrement calcaire.	6,80	45,00	
15	Sable jaune très fin, légèrement calcaire, ascendant, traversé sur 0 ^m ,70.	0,70	45,70	

(a) Première nappe d'eau d'infiltration saumâtre.
(b) Nappe d'eau ascendante.

La présence des bancs de sables et de graviers a donné lieu à des difficultés d'abord très-grandes pour la continuation des travaux d'approfondissement, et en dernier lieu tout à fait insurmontables.

Ainsi l'on a d'abord descendu une première colonne de retenue de 0^m,30 de diamètre qu'on a poussée jusqu'à 10^m,05 sous le sol, au milieu de la couche de sables et de graviers n° 4. Alors on a introduit dans le trou une colonne de 0^m,27 de diamètre qui n'a pu dépasser que de 0^m,20 le pied de la colonne de 0^m,30. L'introduction des sables entre les deux colonnes a donné lieu à une résistance telle qu'il était impossible de faire tourner la colonne de 0^m,27. On a enlevé alors les deux colonnes, on a élargi le trou de sonde et l'on a introduit une première colonne de 0^m,35 de diamètre qui avait atteint, le 7 janvier 1863, la profondeur de 13 mètres qu'elle a refusé de dépasser. Le sondage s'est continué

sans accident jusqu'à 24^m,53 dans la couche de marne sableuse jaunâtre n° 8. Là des éboulements venant sans doute de la couche de sable n° 6 ont obligé d'introduire la colonne de 0^m,30 qui a refusé de descendre au-dessous de 22^m,20, quoiqu'elle ne fût engagée que de 9^m,20 dans le terrain ébouleux ; on a descendu alors la colonne de 0^m,27, qui a été poussée à grand'peine à 39^m,50 dans la couche de sable quartzueux n° 14.

Dans un rapport du 13 mars 1863 sur le sondage d'El Mesran, M. l'ingénieur ordinaire Vatonne s'exprime comme il suit :

« Devant l'envahissement des tubes par les sables, il a « fallu soulever la colonne à plusieurs reprises. Dans la « dernière manœuvre de ce genre, le sondage ayant atteint « 40 mètres, les tubes refusèrent longtemps de revenir à « leur ancienne position. Parvenus enfin à 59^m,50, toute tentative de faire franchir ce point en frappant sur la tête de « la colonne et en la chargeant à outrance fut complètement inutile, et en cherchant à soulever la colonne de « 0^m,27, on entraînait la colonne de 0^m,30 dont le pied est « cependant plus élevé de 17 mètres. Les tubes de 0^m,27 « furent envahis à la suite de ces manœuvres sur 9 mètres « de hauteur, et pendant plusieurs jours, malgré un curage « actif, les sables continuèrent à occuper une partie de la « hauteur de la colonne. Cependant, à force de persistance, « le pied de la colonne put être dégagé. Le 22 janvier, le « maître sondeur descend une colonne perdue de 0^m,23 de « diamètre et de 9 mètres de longueur, dont l'extrémité « inférieure s'arrête à 42^m,07 sous le sol. Le sondage atteint « 45^m,70 dans les sables ; mais alors ces derniers remontent « de 10 mètres dans les tubes, et il est impossible d'en « vaincre l'affluence malgré des curages répétés. On a « essayé inutilement d'arracher le tube de 0^m,25. »

Le 28 février, à la suite de divers essais infructueux pour

enlever les sables du trou de sonde au moyen du jeu d'une pompe à incendie et d'une forte pompe aspirante Letestu, on a descendu une colonne de 0^m,19 de diamètre d'une longueur de 35 mètres; elle s'est arrêtée à 55 mètres de profondeur reposant fortement sur les sables. Malgré le jeu de la pompe Letestu, destinée à mettre les sables en mouvement, il a été impossible de faire descendre la colonne de 0^m,19, et on l'a retirée ensuite avec beaucoup de peine, à cause des sables qui adhéraient à la colonne au fond du trou.

Voici les essais qui avaient été faits avant l'introduction de la colonne de 0^m,19 : on a injecté de l'eau dans le fond du trou de sonde, en même temps qu'on mettait les sables en mouvement au moyen d'une tige de fer aciérée par le bas. Ce moyen n'a eu aucun succès, et les sables ont remonté dans l'intérieur des tubes de 2^m,30 au lieu de descendre. Alors on a descendu dans le fond du trou le tuyau d'aspiration de la pompe de Letestu. On a mis les sables en mouvement au moyen d'une tige de fer et l'on a fait fonctionner simultanément les deux pompes. La pompe aspirante a retiré ainsi beaucoup de sables du trou de sonde; mais il en affluait dans le fond beaucoup plus qu'on n'en retirait par la pompe aspirante. On a fait fonctionner isolément la pompe aspirante de Letestu, sans obtenir aucun résultat de désensablement.

On a essayé avec une tige de fer ronde, aciérée par le bas, de pénétrer au-dessous de la couche de sable; la pointe de cette tige n'a pu descendre au-dessous de 43^m,77 et elle n'avait pas encore traversé toute l'épaisseur des sables.

En définitive, nous avons employé à El Mesran tous les procédés indiqués par la pratique des sondages, et tous ces procédés ont échoué devant les sables fluides que nous avions à traverser. C'est d'autant plus malheureux que le point d'El Mesran était bien choisi pour avoir de l'eau jail-

lissante. De ce que les sables étaient remontés de 12 mètres dans l'intérieur de la colonne de retenue de 0^m,27 de diamètre, on pouvait en conclure qu'ils servaient de lit à une nappe ascendante. C'est en effet ce que le thermomètre a démontré d'une manière incontestable. La température de l'eau du trou de sonde est de 17°, tandis que celle des puits voisins variait à la même époque (12 février 1863) de 12° à 13°. L'augmentation de température de l'eau du trou de sonde vient certainement de ce que l'eau remonte du fond du trou. L'eau du trou de sonde est à peu près de même nature que celle des puits du voisinage. Cette eau est potable en hiver; en été, l'eau des puits ordinaires d'El Mesran est impotable. Il est permis de supposer que l'eau du sondage conservera une composition à peu près constante dans toutes les saisons, et que, par conséquent, elle sera potable en été; il y a donc utilité à conserver le trou de sonde d'El Mesran. On peut espérer qu'en été il fournira de l'eau potable au poste-café et à l'auberge voisine. En tout cas, c'est une expérience à faire, en raison de la mauvaise qualité de l'eau de surface d'El Mesran pendant l'été; si elle réussit, nous pourrions avoir en ce point un puits ascendant qui servirait à l'alimentation des voyageurs. Il suffirait de creuser un puits ordinaire jusqu'à 1 mètre en contre-bas du niveau auquel s'élève la nappe jaillissante. Ce niveau est de 6 mètres environ au-dessous du sol. Le puits artésien étant conservé, lorsqu'on sera éclairé par une plus grande pratique des sondages des Zahrez, il peut se faire qu'on puisse reprendre plus tard avec plus de succès le sondage d'El Mesran.

En conséquence, nous avons été autorisé par M. le général Jusuf, commandant la division d'Alger, à ne pas arracher les deux colonnes de tubes de 0^m,30 et 0^m,27 de diamètre qui maintiennent les parois du trou de sonde d'El Mesran, et à conserver ce trou de sonde comme un objet d'expérience.

Sondage de l'Oued Kaïder.

Après l'abandon du sondage du poste-café d'El Mesran, le matériel a été transporté sur les bords de l'Oued Kaïder, à 8 kilomètres nord du poste-café, sur la route carrossable d'Alger à Laghouat. Un sondage a été commencé en ce point le 22 mars 1863, au diamètre initial de 0^m,35. Le 31 décembre suivant, il était parvenu à la profondeur de 160 mètres, après avoir traversé les couches indiquées ci-dessous :

Numéros d'ordre.	DÉSIGNATION DES TERRAINS.	Épaisseur	Profondeur	Observations.
		des couches.	des couches.	
		mèt.	mèt.	
1	Terre végétale.	1,00	1,00	
2	Sable blanc.	2,30	3,30	
3	Terre végétale.	1,62	5,12	
4	Sable gris.	1,00	6,12	
5	Sable jaune.	2,00	8,12	
6	Marne jaune.	0,30	8,42	
7	Sable mélangé de petites veines de graviers.	6,58	15,00	
8	Marne rose avec petits cailloux.	1,10	16,10	
9	Sable gris assez gros.	1,90	18,00	
10	Petits graviers de calcaire et silice.	0,20	18,20	
11	Marne sablonneuse mélangée de calcaire en petites couches ou rognons.	7,00	25,20	
12	Couches de graviers calcaires.	0,20	25,40	
13	Marne sablonneuse mélangée de calcaire blanc en petites couches ou rognons.	24,30	49,70	
14	Marne argileuse rougeâtre mélangée de petits cailloux de calcaires, quartz, silice.	71,80	121,50	
15	Conglomerat de calcaire très-dur, quartz, silice.	15,61	137,11	
16	Marne gris jaunâtre, sablonneuse.	4,00	141,11	
17	Marne rougeâtre argileuse, mélangée de petits cailloux de calcaire, quartz, silice.	5,40	146,51	
18	Poudingue.	13,49	160,00	

Une première colonne de 0^m,30 de diamètre a été descendue à 18 mètres, et s'arrête au-dessus de la couche de graviers n° 10.

Une deuxième colonne de 0^m,27 descend à 57^m,45, et s'arrête dans la couche de marne rougeâtre n° 14.

Une troisième colonne de 0^m,25 de diamètre descend à la profondeur de 130 mètres, au milieu de la couche de conglomerat très-dur n° 15.

Une quatrième colonne de 0^m,19 de diamètre descend à la profondeur de 144 mètres à la partie inférieure de la couche de marne rougeâtre mélangée de cailloux n° 17. Aujourd'hui le sondage est parvenu dans un banc de poudingue très-dur, où l'avancement est très-faible, et qui rend très-difficile l'élargissement du trou par le trépan à oreilles mobiles au-dessous de la colonne de 0^m,19 de diamètre ; aussi l'on continue en ce moment le forage sans tuber. Voici, du reste, quelle a été la marche du sondage :

Le travail a été exécuté presque sans interruption du 22 mars au 24 mai, époque à laquelle il était parvenu à la profondeur de 146^m,51 au diamètre de 0^m,23, en 55^j,50 de travail effectif de 24 heures ; cela donne un avancement moyen de 2^m,64 par 24 heures, pose des tubes comprise. Le 24 mai, le travail a été suspendu faute de tubes ; il n'a été repris que le 26 novembre 1863.

Pendant le mois de décembre, le travail d'avancement a été très-lent, à cause de la dureté du poudingue traversé et d'une rupture de la sonde, rupture qui a occasionné une interruption de travail de huit jours. Aujourd'hui le sondage est repris avec un avancement de 0^m,80 à 1 mètre par 24 heures. Jusqu'à la profondeur d'environ 50 mètres, on a employé la tarière mue par de grosses tiges de fer de 0^m,04 de côté pour le passage des terrains tendres ; mais à partir de 30 mètres, on n'a employé que le trépan à chute libre de Kind.

L'eau a été trouvée dans le trou de sonde à 5^m,12 en contre-bas du sol, avec une température de 12°. Le 26 mars 1863, dès que l'on est parvenu à la couche de sable n° 7, comprise entre 8^m,42 et 15 mètres, le niveau de l'eau du trou de sonde s'est légèrement relevé ; il s'est maintenu depuis lors à 4^m.75 environ au-dessous du sol avec une température variable de 15° à 17°. Il est possible qu'on ait rencontré là la première nappe ascendante constatée au

sondage de Malakoff à la profondeur de 18 mètres ; mais contrairement à nos prévisions, et nous devons ajouter contrairement à toutes les probabilités, on n'a pas rencontré encore à l'Oued Kaïder les sables aquifères qui ont donné la belle source jaillissante d'Aïn Malakoff à la profondeur de 81 mètres. A Aïn Malakoff, le sondage a constamment traversé des sables entre 43^m,70 et 81^m,20.

A l'Oued Kaïder, à la profondeur de 49^m,70, commencent des couches alternatives de conglomérats très durs et de marnes mélangées de cailloux roulés. Il peut très-bien se faire que ces conglomérats et ces marnes caillouteuses ne soient qu'une manière d'être particulière des bancs de sables aquifères d'Aïn Malakoff. Les dimensions des débris roulés sont seulement plus fortes dans les conglomérats que dans les sables, et en outre, par une circonstance fortuite, il y a dans les conglomérats un ciment qui manque dans les sables aquifères. Cependant on ne doit pas désespérer du succès à l'Oued Kaïder, car il y a tout lieu de supposer que l'on trouvera au-dessous du conglomérat que l'on traverse actuellement des couches sableuses, perméables, qui donneront passage à une source jaillissante analogue à celle d'Aïn Malakoff.

Sondage de l'Oued Kourirech.

On a dit plus haut que le sondage de l'Oued Kaïder avait été suspendu le 24 mai 1863, par suite du manque de tubes de retenue de 0^m,18 de diamètre. Les chaleurs n'étant pas encore assez intenses pour empêcher tout travail dans les Zahrez, nous avons été autorisé à commencer immédiatement, avec le matériel disponible, un nouveau sondage au diamètre initial de 0^m,55, auprès du confluent de l'Oued Kourirech, dans le Zahrez Rharbi. Ce point est situé à 30 kilomètres ouest-sud-ouest du sondage de l'Oued Kaïder et à 20 kilomètres ouest-sud-ouest du sondage d'Aïn Malakoff. D'après toutes les probabilités, on devait y rencon-

trer la belle nappe artésienne d'Aïn Malakoff à la profondeur de 80 mètres ; malheureusement nos prévisions ne se sont pas encore réalisées, bien que le sondage ait atteint 104^m,28 de profondeur à la date du 31 décembre 1863.

Voici la série des couches traversées :

Numéros d'ordre.	DÉSIGNATION DES COUCHES.	Épaisseur	Profondeur	Observations.
		des couches.	des couches.	
		mét.	mét.	
1	Terre végétale.	0,50	0,50	
2	Sable jaune.	4,10	1,60	
3	Marne rougeâtre gypseuse et sableuse.	1,50	3,10	
4	Sable blanc.	2,60	5,70	
5	Marne rougeâtre gypseuse et cristaux de gypse.	20,30	26,00	
6	Sable blanc.	1,00	27,00	
7	Marne rougeâtre gypseuse très-dure.	6,17	33,17	
8	Gypse rosâtre et grisâtre.	10,83	44,00	
9	Gypse blanc très dur.	17,10	61,10	
10	Argile grasse gypseuse et sablonneuse.	1,80	62,90	
11	Gypse blanc très-dur.	10,62	73,52	
12	Argile gypseuse, grasse et verdâtre.	1,78	75,30	
13	Argile brune très-grasse, chargée de petits grains de gypse.	7,50	82,80	
14	Gypse veiné argileux avec des cristaux.	21,48	104,28	

Commencé le 18 juin, le travail a été suspendu par M. Saury, à cause des chaleurs, le 5 juillet 1863, à la profondeur de 55 mètres et au diamètre de 0^m,30. Il a été repris le 6 novembre par M. le lieutenant Pomey qui, depuis plusieurs années, commandait le détachement de sondeurs militaires. M. Pomey a conduit le sondage de la profondeur de 55 mètres à la profondeur de 104^m,28.

Dans la première période de travail, allant du 18 juin au 5 juillet inclus, on a fait 55 mètres en 161,50 de 24 heures de travail chacun, ce qui donne un avancement moyen de 3^m,33 par 24 heures, pose de tubes comprise. Il n'y a eu qu'une seule colonne de tubes de 0^m,50 de diamètre descendant à 55 mètres de profondeur. Les 50 premiers mètres, composés de marnes et de sables rougeâtres, ont été creusés avec la tarière et la langue de serpent, à raison de 5^m,45 en moyenne par journée de 24 heures de travail. Les

25 mètres suivants, composés de gypse dur, ont été creusés avec le trépan à chute libre de Kind, à raison de 2^m,27 par journée de 24 heures de travail.

Dans la deuxième période de travail, allant du 6 novembre 1863 au 31 décembre 1863, on a posé une deuxième colonne de tubes de 0^m,27 de diamètre qui descend à la profondeur de 96^m,90. Les bancs d'argile n^{os} 10, 12 et 13 ont rendu nécessaire l'introduction de cette deuxième colonne qui, du reste, ne s'est pas faite sans difficulté. La roue d'engrenage s'est fendue une première fois, ce qui a motivé une suspension de travail de 4 jours. Une nouvelle rupture de cette roue a motivé une deuxième suspension de travaux. On a remplacé l'engrenage brisé de l'Oued Kourirech par l'engrenage de l'Oued Kaïder, et ce dernier a été remplacé par la grande roue en bois qui avait servi au sondage de Chaboumiah. Il est résulté de là de nombreuses pertes de temps. Si l'on ne tient pas compte du temps nécessaire pour réparer les engrenages brisés, on trouve que les 49^m,28 creusés dans la deuxième période de travail ont exigé 39 jours de 24 heures de travail, ce qui fait un avancement moyen de 1^m,23 par 24 heures, pose du tubes comprise.

L'eau se tient dans le trou de sonde à une profondeur qui a varié de 2^m,70 à 2^m,45 sous le sol. Sa température était de 17° le 17 juin 1863, celle de l'air extérieur étant de 38°. Cette température était de 15° le 26 décembre 1863, celle de l'air extérieur étant de 8°. La température de l'eau dans un puits de service au milieu du camp était de 13° à la même date.

Si l'on compare la coupe du sondage de l'Oued Kourirech avec celle du sondage d'Aïn Malakoff, on y trouve de très-grandes différences qu'il était impossible de prévoir. D'après la situation de ces deux sondages, on devait supposer qu'on trouverait à peu près la même succession des couches; or c'est ce qui n'est pas arrivé. Ainsi, dans le son-

dage d'Aïn Malakoff, on a trouvé à 15^m,50 de profondeur une couche de gypse de 0^m,50 d'épaisseur sous laquelle viennent des alternances de graviers, de marnes et de sables. Ceux-ci ont une épaisseur de 37^m,50 et renferment la belle nappe jaillissante d'Aïn Malakoff. A l'Oued Kourirech, le gypse a commencé à se montrer en couches régulières à la profondeur de 37^m,17 et se continue presque sans interruption jusqu'au fond du trou de sonde. Il renferme seulement intercalé un banc d'argile brune ou verte de 9^m,28 d'épaisseur. La petite couche de gypse de 0^m,50 d'épaisseur du sondage d'Aïn Malakoff paraît remplacée à l'Oued Kourirech par une épaisse lentille de gypse qui a déjà atteint 57^m,77 de puissance. Au-dessous de cette lentille, qui n'a pas encore été traversée dans son entier, on peut espérer trouver les couches de sables aquifères d'Aïn Malakoff.

NOTE

SUR L'EXPLOITATION DU SEMMERING EN 1865.

Par M. H. DESGRANGES, directeur du matériel et de la traction
du réseau sud-autrichien.

Par diverses notes publiées en 1862 et 1863 dans les *Annales des Mines*, nous avons fait connaître les conditions dans lesquelles avait lieu l'exploitation du Semmering et donné les résultats comparatifs des dépenses de traction de cette partie de la ligne avec celles des autres sections du réseau des chemins du sud de l'Autriche, pendant l'année 1860.

Aujourd'hui nous sommes à même de fournir les mêmes renseignements pour les années 1861, 62 et 63. On verra que les améliorations considérables apportées dans le service de la traction de toutes les parties du réseau, sont encore plus frappantes en ce qui concerne spécialement le Semmering.

Si la dépense de cette dernière section est encore une charge pour la Compagnie, on conviendra du moins qu'elle est de nature à faire tomber les craintes qu'on s'était plu à répandre, à une certaine époque, sur les conséquences ruineuses que l'exploitation de cette partie difficile du réseau devait amener dans les revenus de la Compagnie.

Assurément les difficultés de traction sur le Semmering sont très-grandes, mais si on considère que, d'une part, la longueur de cette section (41 kilomètres) ne représente que la cinquante-sixième partie de l'ensemble des lignes actuel-

lement en exploitation ou concédées (*), et, de l'autre, les améliorations obtenues jusqu'ici, on comprendra que les dépenses dues à ces difficultés ne peuvent avoir une influence bien sensible sur l'ensemble de l'exploitation.

Nous devons même constater que les frais de traction du réseau Sud-Autrichien, malgré ses difficultés, sont bien au-dessous de ceux des autres lignes de l'Autriche qui cependant sont placées dans des conditions plus favorables que le réseau du Sud.

Nous avons vu que la dépense de traction et d'entretien du matériel, par train et par kilomètre, sur le Semmering avait été, en 1860, de 2^f,85, lorsque la même dépense, sur les autres parties du réseau du Sud, avait été de 1^f,89.

Rapprochant ces chiffres des charges de trains correspondantes, nous étions arrivés à ces résultats :

1° Que pour les trains de voyageurs composés de 15 à 16 voitures, pesant 100 tonnes (non compris machine et tender), la dépense sur le Semmering était de 2^f,85, tandis que la dépense des mêmes trains, sur les autres parties de la ligne, était de 1^f,89, soit 50,79 p. 100 en plus ;

2° Que pour les trains de marchandises qui, à cette époque, devaient être divisés en 3 parties (soit 350 tonnes : 3 = 117 tonnes), la dépense était de 2^f,85 × 3 = 8^f,55 par train complet, alors que la dépense du même train, sur les autres sections, n'était que de 1^f,89, soit le rapport de 1 à 4^f,52.

Mais, de 1860 à 1863, ces résultats ont été bien modifiés, ainsi qu'on le verra.

On sait que la cause principale qui élevait les dépenses provenait de l'entretien coûteux des machines Engerth, employées et de leur défaut de puissance qui exigeait la division de chaque train en trois parties.

	Concédées. kilomètres.	Exploitées. kilomètres.
(*) Réseau Sud-Autrichien	2.318	1.869
La Lombardie et Italie centrale	756	651
Totaux	3.074	2.500

C'est donc principalement à la transformation des machines Engerth qu'il faut attribuer les améliorations qui ont été successivement apportées depuis quatre ans (*).

En effet, en 1860, les trains du Semmering ont été faits avec les machines primitives exigeant, comme nous l'avons dit ci-dessus, la division de chaque train de marchandises en trois parties.

En 1861, la modification de six de ces machines a permis de ne diviser qu'en deux une partie de ces trains ; mais la dépense n'en a pas moins été réduite de 16 p. 100, malgré une augmentation de charge, le prix de 2^f,85 étant descendu à 2^f,40.

En 1862, la modification d'un plus grand nombre de machines a permis de faire passer les deux tiers du nombre des trains de marchandises en deux parties (175 tonnes brutes, non compris machine et tender, au lieu de 117), et le prix de traction n'en est pas moins descendu à 2^f,29, soit une réduction de 20 p. 100 sur le chiffre de 1860.

Enfin, en 1863, tous les trains de marchandises n'ont plus été divisés qu'en deux parties. La dépense par train, avec une charge plus considérable, n'a pas été augmentée ; elle a subi, au contraire, une nouvelle réduction, et n'est plus que de 2^f,155, présentant une amélioration de 24,40 p. 100 sur celle de 1860.

Il résulte de ces chiffres, qu'en tenant compte de l'augmentation de charge des trains de marchandises et de la réduction de dépense, *l'économie de traction réalisée sur le Semmering depuis 1860, est de 50 p. 100.*

Pour aller au-devant de toute objection, je dois encore faire observer que nous sommes fondés, dans les conditions où nous sommes placés, à appliquer aux trains de voyageurs de tout le réseau, comme à ceux de marchandises, le prix moyen de traction, car les premiers, dont le nombre

(*) Voir, sur cette transformation, tome XVI des *Annales des mines*, page 141 (année 1859) le mémoire de M. Couche.

est relativement bas, ont généralement une forte charge (100 à 225 tonnes). En outre, ces trains sont remorqués par des *machines à quatre roues couplées* sur la plupart des sections, et par des *machines à six roues couplées* sur les autres, en sorte que tout compte fait, et en égard aux différences de vitesse, les dépenses des deux natures de train se compensent.

En examinant le tableau n° 1 des dépenses, que nous donnons plus bas, on trouvera aisément le rapport que présentent la dépense de traction du Semmering et celle des autres lignes.

Ainsi les trains de voyageurs de 14 à 15 voitures, passant le Semmering en une fois, ont coûté, en 1863, 2^f,155 par kilomètre, tandis que la moyenne des dépenses de traction sur les autres parties du réseau, à l'exception de la Vénétie et du Tyrol, dont les comptes sont tenus séparément, est de 1^f,258, soit une différence de 0^f,917 ou 74 p. 100.

Pour les trains de marchandises, la dépense de chaque demi-train (175 tonnes) a été sur le Semmering, en 1863, de 2^f,15, soit pour le train entier 2^f,155 × 2 = 4^f,551, au lieu de 8^f,547 en 1860.

Or, la dépense moyenne du même train sur les autres parties a été de 1^f,258, soit une différence en plus de 3^f,07, ce qui donne le rapport 1,23 : 4,51, soit 1 à 3^f/48. En 1860, il était de 1 à 4^f,52.

Ces calculs établissent le rapport des frais du Semmering avec les autres parties de la ligne du Sud et ses embranchements, mais nous devons faire observer que ces dernières lignes ne sont pas construites elles-mêmes dans des conditions ordinaires. On sait que la partie de la ligne principale depuis Semmering jusqu'à Trieste (461 kilomètres) est presque constamment en courbes de petits rayons, et présente, notamment sur la section du Karst (Laybach à Trieste, 150 kilomètres), des rampes de 7 à 12 millièmes,

et que sur la plupart des autres, il y a des rampes fréquentes de 5 à 8 millièmes.

On se ferait donc une idée fautive de l'influence des rampes et des courbes du Semmering sur les frais de traction, en général, si on s'en tenait au résultat que nous avons fait ressortir. C'est pour ce motif que nous devons faire une nouvelle comparaison de ces dépenses, en prenant pour base le prix de traction de notre réseau de la Vénétie et du Tyrol, qui n'offre aucune des difficultés de rampes et de courbes des autres parties du réseau Sud-Autrichien, et que nous avons réduites en 1863 au chiffre de 0^f,72 par kilomètre de train.

Si on examine les tableaux 1 et 2, on trouve :

Trains de voyageurs. . .	{	Semmering.	fr.
		Vénétie et Tyrol (même poids). . .	2,155
			0,720
		Différence.	1,455

soit le rapport de 1 : 3.

Trains de marchandises. {	Semmering.	fr.
	Vénétie et Tyrol.	4,51
		0,72
	Différence.	3,59

soit le rapport de 1 : 6.

C'est ici que le résultat de la comparaison place le Semmering dans une situation plus défavorable, mais il faut faire observer que si notre terme de comparaison primitif ne donnait pas le rapport exact de la traction en montagne avec celle d'une ligne ordinaire, il faut dire aussi que la dernière comparaison établie avec le réseau de Vénétie et Tyrol pêche en sens contraire, car comme on peut le voir au tableau n° 2, les dépenses de traction de ce dernier réseau ont été réduites à une limite que nulle ligne n'a encore atteinte, même en France.

D'après les comparaisons que nous venons de faire, on voit qu'on ne peut fixer d'une manière absolue les excé-

dants de dépenses qui résultent de la traction d'un chemin avec rampes de 25 mètres et courbes de 180 millièmes, ni établir le rapport absolu de ces dépenses à celles d'une autre ligne. Ce rapport varie nécessairement avec la nature des tracés et les divers éléments de l'exploitation, mais on voit aussi qu'à l'aide des chiffres que nous donnons, il sera toujours aisé de faire, pour chaque cas spécial, des comparaisons approximatives.

Nous avons indiqué les avantages réalisés par la traction à la suite de la modification des machines. Mais on sait que cette modification a soulevé quelques observations; on a prétendu notamment que la voie aurait à en souffrir. Cela était difficile à admettre, si l'on se rappelle que les machines primitives, du système Engerth, étaient établies dans des conditions telles que la charge des essieux d'avant était de 15.250 kilog., et celle des essieux d'arrière de 19.800 kilog., tandis que celle maxima des essieux de la nouvelle machine n'excède pas 12.000 kilog. (*).

Toutefois, nous devons laisser au temps de prononcer.

Or, voici les chiffres qui nous ont été donnés par la direction de la voie sur les frais d'entretien de toute nature du Semmering.

En 1854, ces frais se sont élevés à 237.750 fr.
A partir de cette époque, ils se sont successivement
accrus chaque année et avaient atteint, en 1861, le
chiffre de 852.710 fr.

(*) Poids de la machine Engerth à engrenages:

1° Essieu d'avant	15.250 kil.
2° —	10.700
3° —	15.650
4° —	6.250
5° —	19.800
Total.	67.650

Poids de la machine décollée:

1° Essieu d'avant	12.000	} adhérence 46.400
2° —	11.350	
3° —	11.300	
4° —	11.750	
1° Essieu-tender.	9.000	} 19.600
2° —	10.600	
Total.	66.000	

A partir de cette époque, qui correspond à la modification des machines et à une direction plus intelligente de l'entretien, les frais de toute nature, refection et entretien, ont été réduits, savoir:

En 1862, à 584.665 fr.
En 1863, à 439.492

Et il paraît certain que cette dépense déjà ramenée à 10.719 francs, au lieu de 20.800 par kilomètre et par an, continuera à décroître.

Nous espérons que ces chiffres feront tomber toute objection et que rien ne saurait mieux justifier les dispositions qui ont été adoptées par la compagnie, depuis qu'elle a repris les lignes du réseau Sud-Autrichien.

Outre les avantages énumérés, nous avons supprimé les grands ateliers de Mürzzuschlag qui étaient spécialement affectés au Semmering, et nous serons en mesure de réduire le capital-machines de cette section de plus d'un million ou 33 p. 100, en reportant sur la ligne du Brenner dix à douze machines que nous avons en trop pour le service du Semmering.

Nous n'avons parlé jusqu'ici avec détails que des dépenses de traction qui, pour le cas dont nous nous occupons, forment le principal facteur variable des dépenses de l'exploitation.

Nous devons cependant dire quelques mots des autres chapitres de dépenses.

Comme on l'a vu plus haut, les dépenses de toute nature de la voie (*) ont été en 1863 de 439.492 francs, soit par kilomètre exploité 10.719 francs par an.

Sur les autres sections Vienne-Trieste, les mêmes dépenses ont été de 4.000 francs.

Si l'on ramène cette dépense au kilomètre de train complet sur les deux natures de chemin, on a pour le Semmering:

(*) Y compris la surveillance.

$$\frac{459.492 \text{ francs.}}{\text{marchandises. } 191.569 \text{ kilom.}} = 2',52$$

Voyageurs, 78.257 kilom. +

$$\text{ou pour train de voyageurs.} \dots = \frac{459.492 \text{ francs}}{269.826 \text{ kilom.}} \dots = 1',63$$

$$\text{et pour train de marchandises.} \dots 1,63 \times 2 \dots = 3',26$$

Tandis que sur les autres sections, cette dépense n'est que de 0',722 par kilomètre de trains voyageurs et marchandises.

Pour les dépenses du service du mouvement et des stations, on peut dire que le chiffre est le même sur les deux natures de ligne; car si, d'un côté, on est obligé d'adjoindre à chaque train du Semmering deux ou trois gardes-freins, ce qui constitue une dépense de plus, on sait que les chemins de montagne, n'ayant qu'un trafic de transit, le service des stations y est fait plus économiquement qu'ailleurs.

En 1863, la moyenne des dépenses du service du mouvement par kilomètre de train a été de 0',99.

Enfin, pour les dépenses générales d'administration, nous sommes également d'avis qu'elles doivent être réparties comme celles du mouvement.

Ces observations faites, les dépenses par train complet, sans tenir compte de la division sur le Semmering, se résument ainsi :

NATURE DES DÉPENSES.	SEMMERING.		AUTRES sections de la ligne Vienne-Trieste. Voyageurs et marchandises.	VÉNÉTIÉ et Tyrol. Voyageurs et marchandises.
	Marchandises. Trains complets : 350 tonnes au maximum.	Voyageurs : 14 à 15 voitures.		
Traction.	fr. 4,31	fr. 2,155	fr. 1,238	fr. 0,72
Voie.	3,26	1,63	0,722	0,613
Mouvement.	0,99	0,99	0,99	0,706
Administration générale. . . .	0,15	0,15	0,15	0,253
Total par kilomètre de train.	8,71	4,925	3,10	2,382

Nous avons vu précédemment les rapports qui existaient entre les dépenses spéciales de traction. A l'aide de ce tableau on pourra, en se plaçant à divers points de vue, en déduire des conséquences plus générales.

Pour rester dans la limite que nous nous sommes tracée, nous terminerons en faisant ressortir les résultats spéciaux du Semmering.

On sait que le capital dépensé par l'État pour la construction de ce chemin s'est élevé à environ 60.000.000 de francs.

Si l'on applique à cette section de 41 kilomètres la recette moyenne de la ligne entière de Vienne-Trieste, soit 60.000 francs par kilomètre,

Le produit sera de.	fr. 2.460.000,00
Traction.	581.545,72
Voie.	459.492,00
Mouvement.	267.127,74
Administration générale.	40.473,90
Total.	1.528.637,56 (*) 1.528.637,36
Il en ressort un excédant des recettes sur les dépenses de.	1.131.362,64

Ce qui établit le taux des frais d'exploitation à 54 p. 100 (**) et laisse 1,88 p. 100 pour intérêt et amortissement du capital de 60.000.000.

Disons toutefois que tel n'est pas le résultat pour la Compagnie qui, fort heureusement, n'a pas eu à supporter les frais de construction du Semmering.

(*) Au lieu de 2.758.375 francs en 1858-1859.

(**) En 1863, les frais d'exploitation de la ligne de Vienne à Trieste se sont élevés à 33,8 p. 100 des recettes.

Chemins de fer du Sud de l'Autriche.

TABLEAU N° 1. — État comparatif des dépenses de traction des années 1859 à 1865.
1^o Lignes de Vienne-Trieste, de Hongrie et de Croatie.

DÉTAIL du parcours et dépenses.	SOUS l'admini- stration de l'État en 1859.	SOUS L'ADMINISTRATION DE LA COMPAGNIE.				RÉDUCTION des dépenses, 1863 sur 1859.	OBSERVATIONS.
		1860	1861	1862	1863		
	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.		
Parcours des trains	4.416.023	3.990.493	5.512.559	5.345.937	4.551.630		
Parcours des machines	5.967.971	4.561.279	6.078.358	5.701.986	4.797.530		
Excédant du parcours des machines sur celui des trains, pour 100	35,12	14,30	9,66	6,66	5,40		
Dépenses totales de traction et d'entretien	13.322.592 ^f	7.958.366 ^f ,92	8.205.902 ^f	7.698.311 ^f ,85	5.883.419 ^f ,10	7.439.172 ^f ,90	Longueurs en exploi- tation.
DÉPENSES PAR KILOMÈTRE DE TRAIN.							
1 ^o Locomotives.							
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	p. 100.	kilom.
Conduite	0,244	0,254	0,223	0,230	0,255	"	1859. 614
Combustible	1,082	0,828	0,685	0,549	0,454	58,0	1860. 723
Graissage	0,136	0,077	0,083	0,071	0,052	61,4	1861. 1.025
Eau	0,109	0,066	0,033	0,031	0,024	77,8	1862. 1.150
Reparations	0,636	0,351	0,236	0,269	0,203	68,4	1863. 1.278
Frais généraux	0,098	0,083	0,061	0,072	0,100	"	"
2 ^o Voitures et wagons.							
Reparation des voitures	0,228	0,095	0,036	0,068	0,070	"	"
Reparation des wagons	0,434	0,175	0,069	0,094	0,078	72,3	"
Graissage	"	0,042	0,038	0,037	0,034	"	"
Frais généraux	0,049	0,023	0,016	0,019	0,022	56,0	"
Total par train et kilomètre	3,016	1,994	1,480	1,440	1,292	"	"
Reduction sur 1859	"	33,80 p. 100	50,90 p. 100	52,20 p. 100	57,10 p. 100	57,10 p. 100	"

DÉPENSES DE L'EXPLOITATION

Chemins de fer du Sud de l'Autriche.

TABLEAU N° 2. — État comparatif des dépenses de traction des années 1859 à 1863.
Ligne de Vénétie et du Tyrol-Sud.

DÉTAIL du parcours et dépenses.	SOUS L'ADMINISTRATION DE LA COMPAGNIE.					RÉDUCTION des dépenses, 1863 sur 1859.	OBSERVATIONS.
	En 1859	En 1860	En 1861	En 1862	En 1863		
	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.		
Parcours des trains	1.062.318	1.264.631	1.589.962	1.776.315	1.655.117		
Parcours des machines	1.508.775	1.606.618	1.938.419	1.915.980	1.748.195		
Excédant du parcours des machines sur celui des trains, pour 100	42,02	27,04	21,91	7,86	5,62		
Dépenses totales de traction et d'entretien	1.285.646 ^f ,78	1.426.862 ^f ,03	1.701.328 ^f ,10	1.388.447 ^f ,60	1.191.068 ^f		
DÉPENSES PAR KILOMÈTRE DE TRAIN.							
1 ^o Locomotives.							
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	p. 100.	Longueurs en exploi- tation.
Conduite	0,17	0,23	0,163	0,130	0,137	19,4	
Combustible	0,58	0,43	0,443	0,308	0,276	52,4	
Graissage	0,06	0,04	0,054	0,042	0,039	35,0	
Eau	0,03	0,02	0,016	0,013	0,013	56,6	
Reparations	0,18	0,20	0,176	0,129	0,118	40,0	1859. 415
Frais généraux	0,02	0,02	0,041	0,055	0,040	"	1860. 518
2 ^o Voitures et wagons.							
Reparation des voitures	0,08	0,08	0,064	0,050	0,037	53,7	
Reparation des wagons	0,05	0,09	0,094	0,037	0,048	4,0	
Graissage	0,02	0,01	0,010	0,007	0,006	70,0	
Frais généraux	0,01	0,01	0,09	0,010	0,006	4,0	
Total par train et kilomètre	1,20	1,13	1,070	0,781	0,720	"	
Reduction sur 1859	"	5,83 p. 100	10,83 p. 100	31,91 p. 100	40 p. 100	40 p. 100	

DU SEMMERING.

Chemins de fer du Sud de l'Autriche.

TABLEAU N° 5. — Comparaison des dépenses de traction du Semmering avec les autres sections.

(Par kilomètre de train.)

DÉSIGNATION DES LIGNES.	1859	1860	1861	1862	1863
<i>Ligne du Sud.</i>					
Semmering seul.	fr. »	fr. 2,85	fr. 2,40	fr. 2,29	fr. 2,155 (1)
Autres sections.	»	1,89	1,42	1,39	1,238
Ensemble des lignes du Sud. . .	3,016	1,99	1,48	1,41	1,292
Vénétie et Tyrol.	1,20	1,13	1,07	0,78	0,72

(1) De 1860 à 1863, la charge des trains s'est accrue de 50 p. 100.

TABLEAU N° 4. — Tableau de la consommation du combustible par les machines du Semmering, de 1860 à 1863.

ANNÉES.	KILOGRAMMES de coke.	KILOMÈTRES de train.	KILOMÈTRES de machines, y compris manœuvres de gare.	CONSUMATION	
				par kilomètre de train.	par kilomètre de machine.
1860.	15.330.997	425.969	468.465	kilom. 36	kilom. 32
1861.	11.387.009	349.730	382.516	32	29
1862.	8.332.543	300.717	309.443	27	26
1863.	7.129.978	269.826	295.414	26	24

Observations. — On emploie sur le Semmering du lignite de Léoben dont la puissance calorifique est égale à 65 p. 100 de celle du coke.
Dans ce tableau, nous avons pris pour unité le kilog. de coke.
En 1860, les trains étaient divisés en trois; en 1863, ils n'étaient divisés qu'en deux.

MÉMOIRE

CONCERNANT LES GRANDES MASSES D'AÉROLITHES,
TROUVÉES DANS LE DÉSERT D'ATACAMA,
DANS LE VOISINAGE DE LA SIERRA DE CHACO.

Par J. DOMEYKO, ancien élève de l'École des mines de Paris.

Préliminaires sur le fer météorique d'Atacama. — On connaît bien le fer météorique du désert d'Atacama, dont on trouve actuellement des échantillons dans presque tous les grands musées minéralogiques d'Europe et qui a été analysé à plusieurs reprises par les chimistes. Ce fer avait été dans le temps apporté du désert en quantité tellement considérable, qu'on prétend que dans le port de Cobija par où se faisait l'exportation de ce minéral on en ferait les mules pour les voyages. Je possède un bloc de ce fer qui pèse plus de 24 kilogrammes et qui se compose d'une masse de fer nickelifère malléable, au milieu de laquelle on voit l'olivine disséminée en noyaux, semblable à l'olivine du fer météorique de Russie, qu'on connaît sous le nom de fer de Pallas.

La localité d'où viennent ces masses de fer météorique n'est connue que depuis 1859, époque où le docteur Philippi fit son voyage au désert d'Atacama et arriva à l'endroit même où on lui signala le vrai gisement de ce fer. Cet endroit se trouve à une lieue de Imilae (Aguada de Imilae), presque au centre de la partie la plus aride du désert, à 30 lieues de la côte, 40 lieues de Cobija et 55 lieues de San Pedro d'Atacama. En arrivant à cet endroit, le docteur Philippi n'y trouva d'abord que quelques petits morceaux

de fer météorique et des trous dans la terre, dont il présume qu'on avait extrait des gros blocs. Il y avait même des trous plus profonds qu'on avait ouverts dans l'espoir de trouver un filon métallifère. Mais ce qu'il y a de remarquable, c'est que le voyageur y trouva la superficie de la terre parsemée de très-petits morceaux de fer dont la plupart n'avaient que 2 grammes de poids et beaucoup d'autres étaient très-minces, flexibles, non élastiques, caverneux, et ne pesaient chacun que 1 à 2 décigrammes. Des milliers de ces petits morceaux étaient disséminés à la surface, sur une étendue d'environ 60 à 80 pas en longueur et de 20 pas en largeur. Leur composition est, du reste, la même que celle des gros blocs ; c'est toujours du fer nickelifère contenant environ 10 p. 100 de nickel, avec quelques millièmes de cobalt et de l'olivine plus ou moins décomposée (*).

Aérolithe de la sierra de Chaco. — Les masses météoriques qui font l'objet de ce travail viennent du même désert d'Atacama, et à peu près de la même distance de la côte ; mais elles ont été trouvées à plus d'un degré de latitude plus au sud sur le prolongement du même versant des Andes, et probablement sous le même méridien que le fer de Imilae, ne sont pas, comme les précédentes, du fer météorique, mais de véritables aérolithes, composés de matières lithoïdes silicatées, au milieu desquelles on trouve le fer malléable nickelifère d'une composition à peu près identique à celle du précédent, et disséminé en particules tout à fait irrégulières. Elles renferment aussi une proportion très-considérable de protosulfure de fer. Quant à leur matière silicatée, elle diffère sous beaucoup de rapports de celles qui entrent dans la composition de la plupart des aérolithes connus.

(*) Viage al Desierto de Atacama por el Doctor R. A. Philippi. Halle en Sajonia, 1860. 4^o p. 121.

J'ai cru que les aérolithes dont je vais donner la description et l'analyse étaient dignes d'être spécialement examinés et étudiés à cause de l'analogie qu'on remarque entre eux et les masses météoriques du même désert et aussi à cause de quelques particularités de leur composition.

Localité de l'aérolithe. — Les deux premiers échantillons que j'ai reçus de Copiapo m'ont été envoyés par mon ancien élève Don Léonidas Garcia. « On les trouve, me disait « dans sa lettre du 17 août 1861 M. Garcia, en très-grande « abondance à 10 lieues au sud-est de la mine d'argent de « la Isla, près des mines de cuivre de Taltal. Le terrain où « on le rencontre est une vaste plaine du Désert, au milieu « de laquelle on voit surgir quelques collines qui ne « sentent pas à leur surface de crêtes saillantes ni d'affleurements de filons. C'est sur cette plaine, qui ferme un « des plateaux élevés du Désert, qu'on voit un grand « nombre de blocs d'aérolithe, dispersés sans ordre ni « direction déterminée. Les plus gros d'entre eux se trouvent « un peu enfoncés dans la terre, et on a remarqué que du « côté de l'est, à une certaine distance de ces gros morceaux, la surface du terrain présente quelques concavités « vides. »

Dans une lettre postérieure à cette notice, M. Garcia ajoute que, d'après les renseignements qu'il a pu acquérir avec plus d'exactitude, « ces aérolithes proviennent d'un « endroit situé à une quarantaine de lieues du port de « Taltal, au nord-est de ce dernier, en face de la sierra del « Chaco, et que le chemin passe par la vallée de La-chiyuyal (*). » Tous les renseignements réunis jusqu'à présent s'accordent à établir que les morceaux d'aérolithes

(*) Tous ces endroits, aussi bien que Imilae, d'où vient le fer météorique d'Atacama, se trouvent signalés sur la carte du désert d'Atacama, nouvellement publiée par M. Philippi.

de diverses formes et grandeurs qu'on y voit disséminés sur un espace peu étendu s'y trouvent en telle abondance qu'on peut en ramasser facilement plus de 20 quintaux. Il doit en être ainsi, puisque les échantillons qui, malgré la distance et les grandes difficultés qu'on éprouve à voyager dans ce grand désert dépourvu d'eau, ont été apportés jusqu'à présent, les échantillons que je possède, que j'ai vus et que je sais au pouvoir des amateurs de collections, ont au moins un quintal métrique de poids et leur nombre est très-considérable.

En jetant un coup d'œil sur la carte du docteur Philippi, où se trouvent les points que je viens de mentionner, c'est-à-dire Imilae, le port de Taltal et la sierra del Chaco, on trouve cette dernière et Imilae à peu près sous le même méridien et à la même distance de la côte. C'est à cette distance de la mer que le docteur Philippi signale des plaines très-vastes dans le système des Andes d'Atacama, des plateaux qui ont 1.500 à 2.000 mètres d'altitude et des grandes masses de trachyte, roche qui est assez rare vers le midi, sous des latitudes comprises entre les parallèles de Copiapo et d'Aconcague (27°-32° L. S.).

Figure, poids et aspect extérieurs des aérolithes. — Parmi les échantillons que j'ai eu l'occasion de voir et d'examiner, je dois distinguer *les aérolithes entiers et les fragments ou morceaux brisés*, qui peut-être ont été brisés sur le terrain même, vu l'état de décomposition dans lequel ils se trouvent.

Les premiers ou les blocs entiers ont des formes irrégulières, aux angles et arêtes arrondis, se rapprochant plutôt de figures sphéroïdales que d'ellipsoïdes ou de formes pyramidales et prismatiques (*).

Tous ces blocs, gros ou petits, sont à surfaces inégales,

(*) La seule exception que je puisse citer est l'aérolithe que j'envoie pour l'École des mines et dont je parlerai plus tard.

un peu raboteuses, rudes au toucher, mais ils ne sont jamais poreux ou caverneux comme le fer météorique de Imilae. Ils ne sont pas couverts de cette croûte noire ou noirâtre qui recouvre ordinairement les aérolithes. Ils sont à l'extérieur d'un brun foncé noirâtre, portant des taches ocracées qui proviennent de l'oxydation de la masse ou plutôt de l'oxygénation du sulfure dont ils sont pénétrés : on y remarque même des parties minces irrégulières qui se détachent par plaques, à cause de l'oxydation qui pénètre et se propage dans l'intérieur des morceaux. A côté de ces taches hydroxydées, il existe cependant des parties à surfaces unies, plus dures et noires, présentant parfois un peu d'éclat résineux, faible. C'est de ces parties de la surface que sortent ordinairement de l'intérieur de l'aérolithe des grains fort irréguliers de fer métallique malléable, aux angles et arêtes émoussés, et sur quelques points on voit ce fer s'étendre à la surface en forme de lames minces. La superficie des grains est toujours noire, sans éclat, comme celle du fer de Imilae, et si quelques-uns de ces grains qui sont plus saillants se trouvent fortement aplatis et luisants, on l'attribue au frottement que ces pierres ont dû éprouver dans le transport.

Mais indépendamment de ces taches ocracées et des parties plus dures et plus noires de la surface, on y remarque des pointes et des petites taches grenues ou lamellaires jaunâtres ou d'un noir plus luisant que le reste. Nous verrons que c'est le péridot qui a éprouvé un certain effet de l'action de l'air.

Le plus gros bloc de cet aérolithe que je possède, et qui ne présente aucune trace de fracture à sa surface, pèse plus de 20 kilogrammes. Il n'est allongé ni aplati dans aucun sens ; seulement il est d'un côté terminé par une face un peu plus étendue que les autres et un peu plus distincte, quoique très-inégale et aux arêtes moins émoussées, comme si de ce côté ce bloc eût été détaché d'une masse plus con-

sidérable de l'aérolithe. C'est de ce côté aussi que se trouve le centre de gravité du bloc.

Un autre aérolithe entier qu'on m'a permis de briser pour en détacher plus de la moitié, pesait 4.880 grammes (*) et avait à peu près la même forme que le bloc précédent, avec la différence qu'il était plus arrondi et un peu aplati à la base.

Les petits aérolithes qui ont été envoyés du même endroit que les précédents, et dont quelques-uns pèsent à peine 80 à 100 grammes, ont des formes analogues.

Un seul échantillon qui aussi paraît être entier, et qui pèse 2.750 grammes, diffère beaucoup, par sa forme allongée, de tous les autres que j'ai vus jusqu'à présent. Cet échantillon, que j'envoie pour l'École des mines, présente d'un côté une surface aplanie, un peu convexe et allongée, qui lui donne une figure toute particulière.

Caractères minéralogiques. — En passant à la description des caractères minéralogiques de l'aérolithe et des divers éléments qui le constituent, je dois immédiatement distinguer :

(A) Les blocs entiers, qui dans leur intérieur ne présentent pas la moindre trace de décomposition et de l'influence des agents atmosphériques;

(B) Des gros fragments d'aérolithe, pénétrés de matières ocracées, hydroxydées.

Commençons par les premiers, dont l'étude m'a paru être plus importante que celle des seconds.

(A) En brisant par moitié un des gros blocs que je viens de mentionner, celui qui pesait 4.880 grammes, j'ai trouvé

(*) C'est de cet aérolithe, et précisément de sa partie centrale que j'ai fait l'analyse dont je rapporte les résultats, et j'envoie en même temps un gros fragment de la même pierre pour la collection l'École des mines.

que dans son intérieur il ne contenait pas la moindre trace de matières ocracées, et paraissait conserver intacte sa composition primitive. On y distingue, à la simple vue, trois substances différentes qui rendent cette composition très-hétérogène.

(a) D'abord *la masse principale lithoïde*, d'un gris cendré, à cassure grenue et à gros grains, douée d'un faible éclat résineux dans quelques parties de sa cassure fraîche. Cette masse, examinée au microscope, se compose d'une matière vitreuse sans couleur, ou un peu brunâtre, translucide; et au milieu d'elle on voit disséminée une substance noire très-irrégulièrement répartie, et dont le mélange avec la première donne à l'ensemble cette couleur grise plus ou moins foncée qui forme un des principaux caractères de cet aérolithe. La partie vitreuse raye le verre; au chalumeau, elle ne se fond que difficilement sur les bords. Il y a des parties où le mélange de ces deux substances étant plus intime, la masse présente un éclat résineux plus prononcé, ressemblant à celui de feldspath résinite.

Cette masse, broyée dans un mortier d'agate, après qu'on a eu soin d'en séparer tous les grains et particules malléables qui restent sur le tamis, se réduit facilement à l'état d'une poussière impalpable, dont la couleur est beaucoup plus claire, d'un blanc grisâtre, et dont, au moyen d'un aimant, on peut séparer la substance magnétique de la majeure partie de la masse qui n'est pas attirable à l'aimant.

(b) *La substance silicatée vitreuse, lamellaire*, remarquable par son éclat plus vif et sa structure lamellaire, dans un sens, avec indication d'un second étage oblique. La superficie des lames n'est pas nette; leur couleur est gris noirâtre, quelquefois presque noire; mais quand on les examine au microscope, on voit qu'elles se composent d'une matière vitreuse incolore, au milieu de laquelle, comme dans la masse principale, la matière colorante noire se

trouve irrégulièrement distribuée, formant des dessins assez bizarres et variés. L'éclat vitreux ne réfléchit que du clivage plus net, tandis que la fracture transversale porte un éclat résineux. Les lamelles les plus pures du clivage rayent facilement le feldspath et ont la dureté du quartz; elles ne sont fusibles que très-difficilement et seulement sur les pointes des petites écailles.

Cette substance ne se trouve qu'en petite proportion, formant de petits amas minces et irréguliers au milieu de la masse principale (*a*); elle est très-tenace et adhère fortement à la masse dont il est très-difficile de la détacher.

Quelques fragments minces de ce minéral, les plus purs possible et ne contenant que bien peu de matière colorante, m'ont donné pour densité 5,6.

(*c*) *Fer nickélifère métallique*. Ce fer se trouve disséminé dans la masse lithoïde (*a*) en grains tout à fait irréguliers, comme dans presque tous les aérolithes connus. Les grains sont de toute grandeur, depuis celle des particules, qui ne pèsent que le quart de milligramme, jusqu'à celle des petites masses du poids d'un gramme et demi. Les grains engagés dans l'intérieur de la masse ont des arêtes et extrémités très-aiguës, dont on sent les pointes en passant le doigt sur la fracture récente. Mais aussi j'ai séparé une lame de plus d'un centimètre carré de ce fer de la surface d'un aérolithe, et une petite lame excessivement mince qui s'est trouvée engagée entre les lames de la substance antérieure vitreuse. Ce fer se comprime facilement sous le marteau (*b*), et on le trouve toujours pénétré d'une proportion notable de matière silicatée qui constitue la masse de l'aérolithe; mais aussi il ne se laisse pas réduire en lames très-minces sans se gercer.

(B) Tous les échantillons que j'ai vus jusqu'à présent appartenant à la seconde catégorie, c'est-à-dire les échantillons qu'on trouve pénétrés de matière hydroxydée, ne sont que de gros fragments dont on reconnaît aisément la

cassure plus ou moins fraîche. Je n'ai pu m'assurer s'ils ont été trouvés dans cet état sur place, ou bien si on les a brisés pour ne pas emporter de trop gros morceaux, et parce qu'ils faisaient partie d'aérolithes qui étaient plus tendres et plus faciles à casser.

En effet, j'ai reconnu que tous ces fragments étaient composés d'une matière beaucoup plus tendre, plus fragile et moins dense que les aérolithes entiers. L'hydrate de fer pénètre seulement la masse lithoïde; il y a des morceaux qui ont tout à fait l'aspect de minéral de fer hydraté. La matière colorante noire diminue dans la même proportion que cette substance brun jaunâtre augmente; mais les grains métalliques paraissent être intacts. Si l'on excepte cette substance hydroxydée, on trouve dans ces fragments les mêmes éléments minéralogiques (*a*), (*b*) et (*c*), que dans les aérolithes non décomposés; seulement le minéral lamellaire (*b*) (olivine) est devenu jaunâtre, ou d'un brun clair jaunâtre, et la masse grise (*a*), en grande partie décolorée: de manière qu'on découvre plus facilement dans cette dernière le minéral vitreux incolore, amorphe, qui forme l'élément essentiel de la masse.

Mais le fait le plus intéressant qu'on observe en examinant la *structure de séparation* de ces fragments, est le suivant. En admettant que la présence de la matière hydroxydée brune est due à une influence des agents atmosphériques, postérieure à la chute de l'aérolithe, il est facile de concevoir que l'action de ces agents ayant dû se propager par des jointures et des plans de séparation dans l'intérieur de la masse, cette même matière hydroxydée sert maintenant à signaler par ses couleurs la véritable *structure de séparation* de la masse entière, structure qui est tout à fait indépendante de celle d'agrégation et de la structure minéralogique des divers éléments qui composent le corps. Or, en observant bien la distribution des parties ocracées dans l'intérieur de ces fragments, on y découvre

des plans de séparation à surfaces courbes, irrégulières, et en frappant fortement avec un marteau sur les gros morceaux rongés par l'hydrate, j'ai réussi à en détacher des noyaux et rognons durs, qui avaient des formes tout à fait pareilles à celles des gros blocs d'aérolithes qu'on considère comme aérolithes entiers. Ces rognons ont aussi la même superficie inégale, un peu raboteuse, noirâtre, et les arêtes aussi arrondies que celles des blocs entiers non fracturés; tandis que l'intérieur des cavités que laissent ces rognons est tapissé d'un enduit brun, peroxydé.

Ce fait donne lieu de supposer que tous ces blocs si nombreux, qui se trouvent dispersés à la surface du terrain et qu'on prend pour autant d'aérolithes entiers, ne sont que des noyaux d'une seule masse météorique, laquelle peut-être, étant tombée sur un rocher dur voisin de l'endroit, s'est brisé en morceaux de différente dureté et présentant divers degrés de résistance. Cette hypothèse paraît expliquer le gisement des gros blocs à la superficie du terrain, sans qu'ils y soient enterrés comme ils auraient dû l'être à cause de leur poids. C'est aussi aux mêmes circonstances qu'on doit peut-être attribuer l'absence de la croûte qu'on a trouvée à la face de presque tous les aérolithes isolés qu'on connaît jusqu'à présent, et qui manque à l'aérolithe de la sierra du Chaco.

Densité. — Pour déterminer la différence entre la densité moyenne des gros blocs entiers (A) et des gros fragments d'aérolithe, plus tendres, plus pénétrés de matière hydroxydée (B), je me suis servi de la méthode qui consiste à déterminer l'augmentation du poids d'un vase contenant de l'eau distillée, dans laquelle on plonge la pierre entière retenue par un fil d'archal.

J'ai trouvé par ce moyen que :

Un bloc d'aérolithe, pesant 2^k,750, et appartenant à la catégorie (A), donne pour densité 5,64 : température de l'eau 14° p. 100.

Gros fragment d'aérolithe pénétré de matière hydroxydée (B), pesant 1^k7,22, ne donna par le même moyen, pour densité que 4,10, terre, 14°.

Composition. — Avant de m'occuper de l'analyse des divers éléments minéralogiques qui entrent dans la composition de cet aérolithe, j'ai tâché de déterminer approximativement les proportions dans lesquelles s'y trouvent réunis ces éléments. J'ai opéré dans ce but sur des quantités considérables, prises sur diverses parties des échantillons, et après avoir séparé la partie malléable qui reste sur le tamis, j'ai séparé, au moyen d'un fort aimant, la partie de la poussière attirable par celui-ci de la partie qui ne l'est pas.

Voici les résultats de ces opérations effectuées sur une centaine de grammes de chacune des deux classes d'échantillons (A) et (B) :

		Fer malléable nickellifère.	Poussière attirable à l'aimant.	Poussière non magnétique.
(A)				
De la partie centrale du bloc qui pesait 4,880 grammes. Densité : 5,6.	}	39 p. 100	18,7 p. 100	54 p. 100
(B)				
De la masse pénétrée de matière hydroxydée. Densité : 4,1.	} De la partie extérieure plus ocracée.	12 p. 100	10 p. 100	78 p. 100
	} De la partie intérieure plus tenace.	35 p. 100	5	60 p. 100

Je passe maintenant aux analyses des divers éléments minéralogiques de l'aérolithe.

Analyse du fer malléable. — Il m'a été impossible d'obtenir par des opérations mécaniques du fer malléable par-

faitement dégagé de la matière silicatée qui l'entoure; les lames les plus minces de ce métal, aplaties sur l'enclume, laissent encore un petit résidu siliceux dans les acides. Pour connaître la véritable composition de l'alliage, j'ai fait trois analyses: 1° une par le chlore sec, déterminant la composition des chlorures volatilisées; 2° une autre, sur 4^{rs}, 15 de même fer, réduit en feuilles les plus minces possible par l'acide muriatique pur étendu d'eau, en faisant passer les gares par une dissolution ammoniacale de cuivre; 3° une troisième, qui m'a servi à vérifier les précédentes, par l'eau régale.

J'ai remarqué qu'en attaquant l'alliage par l'acide muriatique pur, plus ou moins étendu d'eau, le fer et le nickel ne se dissolvent pas en même temps dans les mêmes proportions dans lesquelles ils entrent pour composer l'alliage. Ainsi, après avoir prolongé l'opération pendant plus d'une heure à chaud, et ajoutant de l'eau et de l'acide, il ne s'est dissous qu'environ trois quarts de nickel et 96 p. 100 de fer, laissant dans le résidu une poudre noire composée de :

148 milligrammes de fer. 4 équivalents.

Et 118 milligrammes de nickel. . . . : 3 équivalents.

Cet alliage ne s'attaque que très-difficilement par l'acide muriatique, et se dissout instantanément dans l'eau régale. L'alliage dissous dans l'acide muriatique étendu d'eau contenait 5^s, 491 de fer et 0^s, 369 de nickel, environ 10 équivalents de fer pour 1 de nickel.

L'hydrogène dégagé dans cette opération ne forme que quelques traces de précipité dans la dissolution ammoniacale de cuivre.

Les résultats obtenus dans les trois analyses (éliminant des deux dernières le petit résidu siliceux qui reste dans les acides) donnent pour la composition du fer météorique de cet aérolithe, savoir :

	(1)	(2)	(3)
	Par le chlore.	Par l'acide muriatique.	Par l'eau régale.
Fer.	88,9	88,2	88,8
Nickel.	11,1	11,8	11,2

Il est remarquable que ce fer présente à peu près la même composition que les masses de fer météorique du même désert, provenant de Imilae. En effet, ce dernier, analysé dernièrement au laboratoire de M. Bunsen, est composé de :

Fer.	88,01
Nickel.	10,25
Cobalt.	0,70

En outre, on y a trouvé dans l'analyse citée :

Magnésium.	0,25
Calcium.	0,15
Sodium.	0,21
Potassium.	0,15
Phosphore.	0,33

Je ne trouve pas de cobalt dans le fer de l'aérolithe de Chaco, et une analyse faite sur 5 grammes de ce fer pour rechercher le phosphore ne m'a donné que quelques traces fort douteuses de ce dernier. J'ai constaté dans les liqueurs provenant de la première et de la deuxième analyse la présence de la chaux dans des proportions qui ne dépassent pas deux millièmes de calcium, mais je n'y trouve pas de magnésie, ni d'alcali.

Analyse de la masse lithoïde, non magnétique. — Pour connaître la composition de la masse silicatée lithoïde au milieu de laquelle l'alliage précédent est disséminé, je ne me suis servi que de la partie centrale d'un aérolithe qui au moment d'être cassé ne présentait pas de trace de fer peroxydé hydraté. J'ai séparé de cette partie, d'abord tous les petits fragments de minéral lamellaire (b) que j'ai réservé pour une analyse à part, et ensuite tout le fer malléable et la poussière attirable à l'aimant.

Ayant de cette manière réuni une quantité assez considérable de matière silicatée non magnétique, entièrement dégagee des éléments attirables à l'aimant, j'ai immédiatement reconnu que cette matière était celle qui dégageait beaucoup d'hydrogène sulfuré, quand on traitait l'aérolithe par l'acide hydrochlorique, et qu'il fallait, avant tout, reconnaître la nature du sulfure qui s'y trouve. On reconnaît aussi sans difficulté que cette matière silicatée est en partie attaquant par les acides, en partie, tout à fait inattaquant, et qu'elle diffère de la substance lamellaire (b).

En vue de ces considérations, mes recherches relatives à la nature de la masse lithoïde non magnétique de l'aérolithe se composent :

1° D'une analyse de la matière non magnétique (a) pour sulfure ;

2° D'une analyse de la substance lamellaire (b) la plus pure possible ;

3° De l'analyse de la masse lithoïde non magnétique (a) séparée autant que possible de la précédente ;

4° De l'analyse de la partie silicatée, tout à fait inattaquant par les acides.

1° *Analyse pour le sulfure.* — Pour déterminer la proportion du soufre et la nature du sulfure contenu dans la partie non magnétique, j'ai traité dans un matras fermé, muni d'un tube pour verser l'acide, et d'un autre qui conduisait le gaz et qui plongeait dans une dissolution ammoniacale de cuivre, 5 grammes de matière, par l'acide muriatique pur, étendu d'eau, poussant la chaleur vers la fin jusqu'à l'ébullition. L'analyse du précipité qui s'est formé dans la dissolution ammoniacale m'a donné le poids du soufre qui avait été dégage à l'état d'hydrogène sulfuré. J'ai ensuite repris le résidu du traitement par l'acide muriatique, par une dissolution de potasse à chaud, et après avoir passé par cette dissolution du chlore j'ai cherché la

présence de l'acide sulfurique par la méthode ordinaire.

La première partie de l'analyse m'a donné pour la proportion du soufre dégage à l'état d'hydrogène sulfuré :

Sur 5 grammes de matière, soufre, 0^g,217; sur 1 gramme, 0^g,0434.

La seconde partie de l'analyse ne m'a fait découvrir dans ledit résidu du traitement par l'acide muriatique qu'à peine 1 à 2 millièmes de soufre. Ce dernier résultat prouve que tout le soufre contenu dans la partie lithoïde non magnétique de l'aérolithe s'y trouve à l'état de protosulfure de fer, correspondant à :

Soufre.	4,54	} 11,84 p. 100 de minéral.
Fer.	7,50	

La même opération, répétée sur 10 grammes de matière, m'a donné les mêmes résultats.

2° *Analyse de la partie silicatée lamellaire (péridot) (b).*

— Ayant recueilli au moyen d'un triage le plus soigné possible 288 milligrammes de matière silicatée lamellaire qui se trouve disséminée dans la masse, et dont j'ai déjà donné les caractères (b), j'ai traité cette matière par de l'eau régale bouillante et j'ai séparé la silice gélatineuse du résidu inattaquant au moyen d'une dissolution potassique.

J'ai obtenu sur ces 288 milligrammes de minéral :

	milligrammes.	
Silice du silicate attaquant.	65	} 1
Protoxyde de fer.	100	
Magnésie.	46	} 1
Chaux.	25	
Alumine.	10	
Résidu inattaquant.	40	
	<hr/>	
	286	

Je présume que ces 3 1/2 centigrammes de chaux et d'alumine appartiennent à la partie attaquant de la masse

lithoïde (*a*) dont je vais bientôt donner l'analyse, et que le minéral lamellaire (*b*) pur n'est que du péridot (f, Si, Mg).S; ce qui du reste paraît être confirmé par la dureté de ce minéral, sa densité 3,6 et sa manière de se comporter au chalumeau.

3° *Analyse de la masse principale non magnétique (a) séparée de la matière précédente.* — Pour effectuer l'analyse de cette masse, j'ai fait abstraction du soufre dont la proportion avait été déterminée d'avance, et j'ai traité la matière par l'eau régale. Le résidu qui en provenait a été repris par une dissolution potassique, puis la partie inattaquable a été traitée au creuset de platine par le carbonate de baryte, comme on procède ordinairement pour les silicates inattaquables. J'ai fait séparément l'analyse des liqueurs qui résultaient de l'action de l'eau régale et séparément celle de la matière qui provenait de l'attaque au creuset de platine.

En réunissant les résultats de ces deux analyses à celle qui me fit connaître la proportion et la nature du sulfure, j'obtiens pour la composition totale de la masse non magnétique ce qui suit :

	Total.	oxygène.	Partie attaquable par les acides.	oxygène.	Partie inattaquable par les acides.
Silice	43,22	(22,4)	9,70	(5,0)	33,52 5
Alumine	7,60	(3,6)	7,60	(3,6)	»
Protoxyde de fer..	26,52	(5,5)	15,04	(3,5)	11,47
Magnésie.	6,60	(2,6)	0,60		6,00
Chaux.	4,27	(1,2)	4,27	(1,2)	»
Soude.	0,40		»		0,40
Soufre.	4,54				
Fer.	7,50				
	FS 11,84				
	<hr/> 100,45				

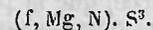
4° *Analyse de la partie inattaquable.* — Ayant conçu quelques doutes sur la séparation de la partie silicatée inattaquable et de la partie attaquable de la masse totale non magnétique, j'ai pris une quantité considérable de

celle-ci, et après l'avoir soumise à plusieurs reprises, alternativement, à l'action de l'eau régale et de la dissolution potassique, jusqu'à ce que le résidu ne diminuât plus sensiblement de poids, j'ai extrait plus de 2 grammes de minéral complètement inattaquable par les acides, et j'en ai fait une analyse par le carbonate de baryte.

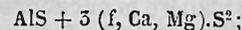
Les résultats de cette analyse m'ont donné pour la composition de ce silicate inattaquable :

Silice.	60,25	5
Protoxyde de fer.	22,10	1
Magnésie.	17,25	
Soude.	0,50	

Ce qui correspond à peu près à la formule d'un trisilicate :

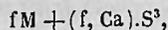


On voit, d'après ce qui précède, que la masse lithoïde non magnétique, qui sert pour ainsi dire de gangue au fer météorique, est un mélange d'une matière silicatée et de deux autres minéraux, dont un, à qui elle doit sa couleur grise et qui s'y trouve en proportion considérable, formant 10 à 11 p. 100 du poids de la matière, est du protosulfure de fer, et l'autre, à qui la masse principale doit sa structure porphyroïde, est du péridot qui s'y trouve en très-petite proportion, disséminé, et formant des parties vitreuses, lamellaires. Quant à la masse lithoïde principale (*a*), on peut la considérer, ou comme un silicate incomplètement attaqué par les acides, et dans ce cas sa composition trop compliquée pourrait être représentée par la formule

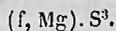


ou bien cette masse n'est qu'un mélange de deux minéraux silicatés, dont un, qui est facilement attaqué par les acides, renferme toute la chaux et l'alumine de l'aérolithe,

et forme un silico-aluminate dont la composition se rapproche de la formule



tandis que le second. tout à fait inattaquable, est un trisilicate ne renfermant que quelques millièmes d'alcalis



Examen de la poussière silicatée magnétique. — Je n'ai qu'à ajouter quelques mots sur la nature de la matière qui se laisse réduire en poussière aussi fine et aussi impalpable que la masse lithoïde non magnétique et qui possède en même temps la propriété d'être attirable à l'aimant. Cette poussière magnétique est à peu près de la même couleur grisâtre (un peu plus foncée) que la poussière non magnétique; elle dégage de l'hydrogène sulfuré en abondance, lorsqu'on la traite par l'acide muriatique pur; mais quand ce gaz s'est entièrement dégagé, il se produit encore de l'hydrogène qui a l'odeur analogue à celui que dégage le fer contenant du carbone. Aussi quand on attaque cette poussière par l'acide nitrique ou l'eau régale, le soufre qui se sépare est toujours enveloppé dans une substance noirâtre graniteuse qui ne disparaît qu'au grillage du résidu.

Pour reconnaître si la vertu magnétique de cette matière est due à la nature du sulfure qui entre dans sa composition, j'ai traité 10 grammes de poussière magnétique par l'acide muriatique, en faisant passer les gaz par une dissolution ammoniacale de cuivre, et j'ai recherché le soufre dans le résidu par la même méthode que j'ai employée pour l'analyse de la masse non magnétique.

Ces 10 grammes de matière m'ont donné 0^{sr},354 de soufre dégagé à l'état d'hydrogène sulfuré — 0.0354 sur 1 gram.

La dissolution qui provenait du traitement du résidu par la potasse et ensuite par le chlore, n'a produit, en y versant du chlorure de barium, que 23 milligrammes de sul-

fate de baryte, ce qui correspond à peine à 3 milligrammes de soufre sur 10 grammes de poussière magnétique.

J'ai extrait en même temps de ces 10 grammes 26 à 27 p. 100 de matière silicatée inattaquable par les oxydes, la même qui entre dans la composition de la poussière non magnétique.

On voit par conséquent que la poussière magnétique renferme une proportion de sulfure de fer moindre que celle qu'on a trouvée dans la poussière inattirable à l'aimant, et que ce sulfure n'est pas un sulfure magnétique, mais le protosulfure FS. Cela me porte à supposer que la vertu magnétique de ladite poussière, dont la proportion s'élève jusqu'à 18 p. 100 dans quelques parties de l'aérolithe, est due au fer oxydulé et en partie au fer métallique (peut-être carbure) disséminés en particules excessivement petites, adhérentes à la masse silicatée et sulfurée du corps. Cette poussière ne donne aucun sublimé à la chaleur rouge, et quand on la soumet à l'action d'un courant de chlore sec, il s'en dégage tout le soufre et presque tout le fer (excepté le fer oxydé contenu dans le silicate) à l'état de chlorures. Ces derniers renferment une proportion notable de nickel qui appartient au fer métallique.

Je n'ai pas fait d'analyse de la masse ocracée de l'aérolithe (B) qui dégage toujours une proportion considérable d'eau; seulement je trouve qu'elle contient dans quelques parties de la pierre des traces de cuivre très-inégalement distribué. On y rencontre en même temps d'autant moins de sulfure que la masse silicatée se trouve plus chargée de matière brunâtre.

En résumé, ce qui rend l'aérolithe de la sierra del Chaco d'un intérêt particulier pour la science, et ce qui le fait distinguer des autres aérolithes connus, c'est d'abord;

1° La *localité* où l'on signale le gisement de cet aérolithe et l'analogie que sous ce rapport il présente avec le fer météorique du même désert de Imilae; analogie dans la

composition du fer et dans la grandeur des masses qu'ils composent ;

2° La grande *densité* de l'aérolithe de Chaco, comparée à celle des autres aérolithes connus et la grande proportion de protosulfure de fer qu'il renferme et qui lui donne sa couleur grise foncée. Je ne connais que l'aérolithe de Sérès (en Macédoine), analysé par Berzelius (en 1818), qui contient une proportion encore plus forte de sulfure de fer, mais ce dernier, selon Berzelius, est un sulfure magnétique ;

3° Enfin, la *composition* de la masse silicatée dans laquelle, si l'on trouve sans contredit un minéral analogue à l'olivine, il me paraît impossible de reconnaître dans le reste l'existence de l'augite ou d'un feldspath quelconque. Son élément tout à fait inattaquable est un trisilicate de fer et de magnésie, et la partie attaquable un silico-aluminate.

Reste à savoir si le grand nombre de ces pierres qu'on nous apporte sont des aérolithes entiers, provenant d'une pluie d'aérolithes, ou des noyaux d'une grande masse aérolithique qui, en se brisant, se divisa en morceaux, d'une manière analogue à ce qu'on observe au pied des hautes montagnes ou des grands escarpements lorsqu'un gros bloc de conglomérat s'en détache et se brise en morceaux. Ce fait ne pourra s'éclaircir qu'en examinant les aérolithes de la sierra del Chaco en place, et en prenant note de toutes les circonstances de la localité.

Liste des minéraux dont je fais accompagner ce mémoire et que j'envoie pour la collection de l'École des mines.

N° 1. Un aérolithe entier pesant plus de 2.700 grammes provenant du désert d'Atacama et connu, tantôt sous le nom d'aérolithe de Taltal, à cause du nom du port où l'on descend pour arriver à l'endroit où cet aérolithe a été trouvé, tantôt sous le nom d'aérolithe de la sierra de Chaco, dans le voisinage de laquelle on signale la vraie localité de cette pierre.

N° 2. Un gros fragment qu'on a extrait de la partie centrale d'un

autre aérolithe de la même espèce que le précédent, et qui n'a pas encore éprouvé l'influence des agents (voir le mémoire A).

N° 3. Fragment d'un autre aérolithe, provenant de la même localité, mais la pierre appartient à la classe des échantillons hydroxydés qui ont déjà subi l'effet des agents atmosphériques (voir le mémoire B).

N° 3 est un petit noyau détaché de ce dernier fragment.

N° 4, 4. Deux petits fragments détachés de la partie extérieure d'un aérolithe et qui font voir de quelle manière les gros blocs se décomposent par plaques sous l'influence des agents atmosphériques.

N° 5. Argent bismuthal de San Antonio del Potrero Grande (Copiapo) Ag^{Bi} . (Un morceau de minerai et un peu de ce minerai.)

N° 6. Plusieurs échantillons de l'oxychloroiodure du désert d'Atacama : $2\text{Pb}(\text{Cl}^{\text{I}})\text{I}3\text{PbO}$.

N° 7. Amalgame natif de la Rosella Ag^{Hg} cristallisé.

N° 8. Séléniure double d'argent et de cuivre (cuvairite) de Flamenca (Atacama) pesant 85 grammes.

N° 9. Sulfure double de bismuth et de cuivre, en aiguilles engagées dans la pyrite cuivreuse.

N° 10. Sous-sulfate de cuivre provenant des mines nommées El Cobre, sur la côte du désert d'Atacama.

NOTICE

SUR QUELQUES NOUVEAUX MINÉRAUX DU CHILI.

Par M. DOMEYKO, ancien élève de l'École des mines de Paris.

1. *Oxychloroiodure de plomb du désert d'Atacama.*

Ce minéral m'a été envoyé de Copiapo par le docteur Schwartzemberg qui l'a découvert dans les minerais de plomb provenant d'une mine située à une dizaine de lieues de distance du port de Paposo, dans le désert d'Atacama. Cette mine avait été pendant quelque temps exploitée pour galène argentifère; mais le produit des travaux n'ayant pas compensé les frais, on a à peine entamé les affleurements du filon et on l'a laissé complètement abandonné.

Le minéral dont il s'agit forme des croûtes de 1 à 2 millimètres d'épaisseur sur la galène; il est amorphe, d'un beau jaune de soufre, tirant sur le jaune de citron, parfois un peu rougeâtre. Sa structure est compacte, passant à structure terreuse; les morceaux les plus durs sont rayés par le spath calcaire, et leur densité, selon M. Schwartzemberg, est 57.

En concassant ces incrustations superficielles de la galène, on observe qu'elles sont très-hétérogènes, composées de roues très-minces, irrégulières, blanches, jaunes et brunâtres. La matière jaune, qui est la plus pure et la plus iodurée, n'est pas toujours celle qui se trouve au contact immédiat de la galène et on la voit le plus souvent séparée

(*) Ces échantillons ont été envoyés par M. Domeyko à la collection de l'École impériale des mines.

de celle-ci par la substance blanche ou qui est bleuâtre, cuivreuse, tandis que la matière jaune est ordinairement recouverte à l'extérieur par une autre brunâtre un peu poreuse. M. Schwartzemberg a observé aussi la présence de quelques petits cristaux de minéral ioduré, engagés probablement dans la partie poreuse, mais il n'a pas pu en déterminer la forme, à cause de l'état détérioré des échantillons qui lui avaient été remis.

Le minéral jaune est aussi fusible que l'argent corné; en se fondant il perd sa belle couleur et ne la recouvre pas après le refroidissement; sur le charbon, il produit une infinité de globules métalliques; mais son caractère principal et le plus saillant est qu'en l'essayant dans un petit matras, sans qu'on y ajoute de réactif quelconque, il dégage des vapeurs violettes très-abondantes d'iode, laissant un résidu fondu.

En versant de l'acide nitrique pur sur le minéral, il ne se produit pas la moindre trace d'effervescence; mais la matière perd immédiatement sa couleur jaune, devient d'abord brunâtre, puis blanche, et finit par se dissoudre complètement si l'on ajoute assez d'eau et d'acide et qu'on chauffe légèrement la liqueur.

Composition. — Pour avoir la substance la plus pure possible, j'ai été obligé de gratter avec un canif la partie jaune des incrustations, évitant de toucher aux parties blanchâtres et brunâtres du minéral, car j'avais reconnu que la matière blanche se composait principalement de sulfate de plomb et de chaux, et celle qui est rougeâtre contenait une argile ferrugineuse.

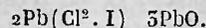
J'ai effectué l'analyse de deux manières: 1° d'abord, en me servant de l'eau acidulée avec de l'acide nitrique, employée en proportion beaucoup plus considérable qu'il n'en faut pour le chlorure de plomb, et opérant à froid; j'ai précipité le chlore et l'iode par le nitrate d'argent, et après avoir lavé le précipité, je l'ai repris par l'ammoniaque et

l'hydrosulfate d'ammoniaque, pour obtenir une dissolution, dont j'ai séparé l'iode du chlore par le nitrate de palladium, observant pour cette dernière opération les règles que prescrit M. Rose dans sa *Chimie analytique* (t. II, p. 610, édit. de 1851). 2° J'ai ensuite vérifié les mêmes résultats pour le chlore et l'iode, en fondant le minéral avec du carbonate de potasse, et opérant la séparation du chlore et l'iode dans la liqueur qui avait été neutralisée avec de l'acide nitrique, par le nitrate de palladium, etc. Quant aux autres éléments, je les ai séparés et dosés par les méthodes ordinaires.

J'obtiens pour la composition de la partie jaune du minéral:

Chlorure de plomb.	22,8	} Chlore. 5,7 Plomb. 17,1
Iodure de plomb.	18,7	
Oxyde de plomb.	47,1	} Iode. 10,5 Plomb. 8,4
Acide sulfurique.	2,5	
Chaux.	1,7	} Gangue siliceuse.
Oxyde de fer aluminé.	1,6	
Résidu siliceux.	3,7	
		98,1

Ces résultats indiquent que le minéral pur doit contenir 1 équivalent d'iodure de plomb pour 2 équivalents de chlorure de même métal, et que pour 1 équivalent de chloroiodure on a 5 équivalents d'oxyde. Un petit excès de ce dernier doit s'y trouver à l'état de sulfate, mélangé avec la gangue, et la formule la plus probable de l'oxychloroiodure dégagé de ce mélange doit être



On reconnaît facilement l'importance que doit avoir ce minéral pour l'industrie, donnant plus de 10 p. 100 d'iode par la simple calcination dans les vases fermés. D'après M. Schwartzemberg, ce minéral n'est pas une rareté scienti-

fique, puisque le mineur qui avait exploité la mine apporta plus 20 quintaux de minerai trié et concassé (*métal chancado*), composé de petits fragments de galène, dont la plupart sont couverts de substance jaune iodurée. La galène est lamellaire, à lames très-petites et moyennes, ne donnant à l'essai que 0,005 d'argent, et en jugeant d'après la forme et l'aspect des morceaux, on dirait qu'elle forme de petits amas irréguliers au milieu de l'argile, ou des veines de peu de largeur dont les salbandes sont iodurées. Il y a des morceaux qui sont de tous côtés incrustés dans le minéral jaune oxychloroioduré. Malheureusement, le mineur qui prenait ce dernier, à ce qu'il paraît, pour l'argent corné jaune (argent ioduré), ne voulait pas croire que son minerai n'était pas riche en argent, et tous ces 20 quintaux de minerai, qui du reste ne provenaient que des affleurements du filon, ont été détruits on ne sait pas comment. On sait que l'argent ioduré du Chili se trouve aussi presque toujours aux affleurements des filons.

2. *Argent bismuthal de San Antonio del Potrero Grande (Copiapo).*

Il y a environ vingt ans que j'ai signalé dans les minerais d'argent de San Antonio de Copiapo l'existence d'un alliage natif d'argent et de bismuth qui s'y trouve associé à l'arséniure de cuivre et à l'argent natif, ayant pour gangue une roche argileuse, porphyroïde, d'un gris verdâtre. J'ai examiné plus tard et à plusieurs reprises les mêmes minerais de San Antonio, sans pouvoir bien isoler cet alliage de ses minéraux associés, et ce n'est que l'année passée qu'on m'a envoyé, de la même mine de Copiapo, des minerais beaucoup moins riches que les précédents, mais qui ne contenaient pas d'arséniure ni d'argent natif. La gangue de ces minerais est toujours la même et de même couleur grise verdâtre; l'argent bismuthal s'y trouve dis-

séminé en particules excessivement petites qui se groupent quelquefois en veines très-irrégulières. Ces particules ne présentent pas d'indices de cristallisation. Elles ont, dans la cassure fraîche du minerai, l'éclat et la couleur de l'argent natif, mais bientôt elles ternissent et prennent une teinte jaunâtre, ressemblant beaucoup à une variété d'argent antimonial, très-commun à Chanareillo, qui ne renferme que 5 à 6 pour 100 d'antimoine. Le minerai broyé passe totalement à travers un tamis, et l'on en sépare facilement, au moyen d'un lavage soigné, la partie métallique qui ne retient que 8 à 10 p. 100 de gangue.

L'analyse du minéral lavé, 0,059 de gangue, m'a donné pour la composition de l'argent bismuthal :

Argent.	84,7	(6,5)
Bismuth.	15,3	(1,1)

Dans une autre analyse que j'ai publiée, en 1845, dans la première édition de ma *Minéralogie*, j'ai trouvé ce même alliage natif, composé de :

Argent.	85,6
Bismuth.	14,4

Les deux échantillons analysés provenaient des minerais qui m'avaient été envoyés à divers époques, et je crois que la formule atomique de l'espèce pure doit être :



3. *Amalgame natif Ag⁵Hg³ cristallisé.*

Cet amalgame, qui est un des trois que j'avais découverts dans les minerais d'argent de la Rosilla (Copiapo) et que j'ai décrits dans un de mes mémoires, il y a quatre ans, a été trouvé cristallisé. Sa forme est la même que celle de l'arquerite et de l'argent natif octaédrique. Le minéral pur est très-malléable, forme ordinairement des rameaux par l'agroupement des cristaux et se trouve noirci à la surface.

L'analyse d'un échantillon cristallisé m'a donné pour sa composition :

Argent.	65,1
Mercure.	34,9

Cet amalgame n'a été jusqu'à présent trouvé que dans les mines d'argent de la Rosilla.

4. *Sélénure double d'argent et de cuivre (cukairite Berz.).*

Cette espèce, dont j'ai déjà envoyé un échantillon à l'École des mines il y a deux ans, n'est pas peut-être aussi rare au Chili que je le croyais jusqu'à présent. Dernièrement, le hasard me l'a fait découvrir dans une collection de minerais de cuivre argentifère, provenant des mines de Flamenco, situées à quelques lieues de distance au nord de Tresfuntas dans le désert d'Atacoma, et l'on m'a envoyé de l'autre côté des Andes du Chili, de la province de San Juan, quelques petits fragments d'un sélénium analogue, mais qui n'a pas probablement la même composition que celui de Flamenco. Ce dernier forme une veine métallique, pesante, de 10 à 12 millimètres de largeur, d'un gris de plomb, ternissant à l'air et se coupant facilement au couteau. Cette veine, qui est d'une structure peu compacte, en partie grenue, en partie donnant quelques indices de cassure lamellaire très-imparfaite, est accompagnée d'une autre veine moins large, compacte, noire, sans éclat et toutes les deux se trouvent encaissées dans deux salbandes silicatées brunes jaunâtres. L'échantillon que j'envoie maintenant pour l'École des mines faisait partie d'un gros morceau qui pesait plus d'une livre. La veine métallique grise a la même composition que le minéral dont j'ai donné l'analyse dans mon dernier mémoire, et le caractère le plus sûr pour reconnaître ces minéraux consiste dans la manière dont ils se comportent au chalumeau dans un tube ouvert, de 6 à 7 milli-

mètres de diamètre; la matière se fond et l'on obtient un sublimé blanc mélangé d'un autre qui est rouge; en laissant ce tube pendant quelque temps à l'air, la partie blanche du sublimé attire l'humidité et disparaît, ne laissant que le sublimé rouge de sélénium.

5. *Sulfure double de bismuth du Cerro Blanco de Copiapo.*

C'est un minéral qui dernièrement attira l'attention des essayeurs de cuivre de Copiapo par les erreurs qu'il occasionnait dans leurs essais de cuivre par la voie humide. Il accompagne le cuivre pyriteux dans les mines du Cerro Blanco de la province de Copiapo. Ces mines sont très-abondantes en minerais, et leurs filons, très-larges, engagés en partie dans la roche soulevante, dioritique, en partie dans un terrain soulevé métamorphique, ne produisent ordinairement que des minerais pyriteux à gangues quartzieuses. La pyrite cuivreuse s'y trouve très-souvent cristallisée en gros cristaux maclés très-imparfaits, noirs à la surface, très-éclatants dans leur cassure, et accompagnés de cristaux de quartz, dont les prismes sont toujours terminés par trois faces.

C'est toujours la pyrite cuivreuse, soit amorphe, soit cristalline, qu'on voit traversée par de longues aiguilles éclatantes, d'un blanc d'étain, fortement attachées à la masse pyriteuse et de peu de dureté. Ces aiguilles sont des prismes très-minces, et leur structure est lamellaire à lames très-étroites et allongées dans un sens; on y découvre aussi quelques indices d'un autre clivage qui forme des angles presque droits avec le premier.

En un mot, tous les caractères de ce minéral s'accordent avec ceux qui ont été donnés par Schneider au minéral nommé *tammenite*, découvert dans les mines de Tammenbaum, à Johanngeorgenstadt, $\text{Cu}^2\text{S} + \text{Bi}^2\text{S}^3$ (Pogg., 1853, p. 166), et dont la forme a été décrite dernièrement par Dauber.

Pour réunir environ 4 décigrammes de minerai, qui n'était même pas libre de cuivre pyriteux, il m'a fallu gratter ces aiguilles avec un canif, et détruire une quantité considérable de minerai. L'analyse m'a donné pour la composition de la poussière grise qui en provenait :

Bismuth.	52,7
Cuivre.	20,6
Fer.	4,1
Soufre.	22,4
	99,8

Le fer et une partie de soufre et de cuivre appartiennent évidemment au cuivre pyriteux.

6. *Sous-sulfate de cuivre de la côte d'Atacama.*

On extrait actuellement en grande abondance des mines nommées el Cobre, situées sur la côte du désert d'Atacama, un minerai qui, par sa couleur et son éclat vitreux très-vif, ressemble à l'atacamite, et par sa forme et structure, à certaine variété de malachite fibreuse. Ce minerai forme ordinairement de grosses fibres qui sont des sections de prisme à structure lamellaire, et qui se croisent en tous sens au milieu d'une gangue ferrugineuse rouge. Sa dureté est presque égale à celle de la malachite verte ; il est très-facilement soluble dans l'eau acidulée à froid, et il ne colore pas la flamme du chalumeau.

Le le trouve composé de

Protoxyde de cuivre, Cu. . .	68,5	(13,8)
Acide sulfurique.	15,8	(9,5)
Eau.	15,5	(12,5)
Gangue ferrugineuse.	2,4	
	100,2	

ce qui conduit à la formule $\text{Cu}^2\text{S}^3 + 4 \text{Aq.}$, et c'est probablement le même sous-sulfate du Mexique qui avait été analysé par M. Berthier.

RECHERCHE

SUR LA NATURE DE LA SUBSTANCE TERREUSE ROUGE QUI ACCOMPAGNE
LES MINÉRAIS DE MERCURE AU CHILI (*).

Par M. DOMEYKO, ancien élève de l'École des mines de Paris.

La substance qui forme l'objet de ce travail n'est pas rare au Chili. On la découvre presque dans toutes les mines de mercure qui ont été jusqu'à présent exploitées dans

(*) Il y a seize ans que j'ai tâché d'attirer l'attention des minéralogistes sur la nature de la substance terreuse rouge qui colore certains minerais de mercure du Chili et qu'on a l'habitude de prendre pour du cinabre terreux. (*Annales des mines*, t. VI, 1844, p. 184.) Ayant reconnu que cette substance est facilement attaquable par l'acide muriatique et inattaquable par l'acide nitrique pur ; qu'en même temps elle rend tout son mercure par sublimation dans un tube étroit fermé par un bout sans qu'il soit nécessaire d'y ajouter un oxydant, j'ai soupçonné que le mercure s'y trouve à l'état d'antimonite de mercure. Les échantillons que j'ai examinés à cette époque provenaient des mines de Punitaque et de Illapel ; ils ne renfermaient que des quantités peu considérables de cette substance, insuffisante pour en faire une analyse complète. Six ans plus tard, on découvrit des filons de mercure de El Aitar et de La Lajarilla qui contenaient, comme les minerais précédents, du cuivre gris mercuriel mélangé de la même substance rouge, beaucoup plus abondante que dans les filons de Punitaque et de Illapel. Ayant pu alors répéter mes analyses sur de grandes quantités du même minéral rouge, j'ai reconnu que l'antimoine devait s'y trouver à l'état d'acide antimonique et que l'oxyde de cuivre formait un des éléments essentiels de la même substance. Cependant, les résultats de mes recherches étaient loin de me satisfaire, et me trouvant dans ce temps retenu par d'autres occupations qui m'o-

cette République; mais le fait que je crois avoir constaté, c'est que partout où on trouve ce minéral, il accompagne le cuivre gris mercuriel et presque jamais le cinabre lamellaire ou compacte pur, comme celui d'Almaden ou celui qui provient des nouvelles mines de Californie. J'ai même remarqué qu'un filon de Punitaque (province de Coquimbo), qui ne donne que du cinabre pur, ne produit pas de cette substance rouge, tandis qu'un autre situé à peu de distance du premier filon de la mine nommé Manto de Valdivia et dans lequel j'ai reconnu la présence du cuivre

bligèrent à suspendre mes travaux du laboratoire, j'ai fini par extraire au moyen du lavage, autant que j'ai pu, tout le minéral rouge que m'avaient fourni les échantillons provenant de La Lajarilla et El Altar, et j'ai envoyé la poussière lavée à M. Dufrenoy, avec une note circonstanciée sur l'origine de cette substance. Malheureusement, par des accidents auxquels on voit souvent exposés les objets envoyés à de si grandes distances, l'échantillon de poudre n'a été remis qu'environ deux ans plus tard à M. Dufrenoy, et la note dont je fais mention fut perdue. Ce n'est qu'à la fin de 1857 que j'ai eu connaissance de l'important travail que M. le professeur Rivot a fait sur ce même échantillon et qui a été publié dans les *Annales des mines*, tome VI, 6^e livraison. Dans ce même temps on venait de découvrir des minerais de mercure de la même espèce et en assez grande abondance dans les mines de Tambillos, près de Coquimbo. Cette dernière découverte, et surtout les nouvelles indications et lumières que je puisais dans le travail de M. Rivot, m'ont engagé à reprendre mes anciennes recherches sur ce même minéral. Pour cela, je ne pouvais plus me procurer de minerais de La Lajarilla, de Illapel ni d'El Altar; car toutes ces mines se trouvent actuellement abandonnées. Il ne m'en restait que quelques fragments de ma collection que j'ai soumis à l'analyse, et auxquels j'ai ajouté les minerais de Tambillos. Pour arriver aux résultats que je présente dans ce mémoire, j'ai été obligé de changer les procédés et de prendre des précautions que j'avais négligées. En effet, le minéral rouge n'étant qu'un mélange provenant de la décomposition de quelques espèces minérales peu connues, il m'a fallu examiner avec plus de soin le gisement de ce minéral, les espèces qui lui sont associées, et les moyens les plus efficaces pour le séparer mécaniquement des substances étrangères.

gris antimonié mercuriel, contient aussi des minerais colorés par la même substance. Enfin, je la trouve toujours composée des mêmes éléments que le cuivre gris, seulement elle en contient en proportions variables et ils s'y trouvent presque tous oxygénés.

Un second fait non moins remarquable, c'est que les minerais qui sont pénétrés ou seulement tachés de cette substance, appartiennent aux affleurements et aux régions les plus élevées des filons. Ces minerais et leurs gangues se montrent toujours remplis de petites cavités et de matières poreuses; ils ne pénètrent jamais à de grandes profondeurs et disparaissent avec le cuivre gris mercuriel qui leur sert de base. C'est à cette circonstance qu'on doit attribuer probablement le peu de temps qu'a duré l'exploitation de tous ces filons et l'état d'abandon dans lequel ils se trouvent.

Outre le cuivre gris, les principaux minéraux qui accompagnent la substance rouge, et avec lesquels on la voit mélangée, sont les suivants :

- Cuivre carbonaté bleu ;
- L'arséniat de cuivre ;
- Quelquefois du sous-sulfate de cuivre et de l'atacamite ;
- Le silicate de cuivre ;
- La pyrite (en très-petite proportion) du quartz, tantôt hyalin, tantôt ferrugineux, et de l'argile mélangée d'hydrate de fer ;
- Enfin on y trouve, quoique rarement, du carbonate de chaux, etc.

Ajoutons qu'en soumettant au lavage de grandes quantités de ces minerais on découvre quelquefois des petites gouttelettes de mercure.

En revenant maintenant à la substance rouge, je dois dire avant tout qu'elle forme une poussière d'une grande ténuité et impalpable, qui remplit l'intérieur des pores, soit dans la gangue, soit dans le cuivre gris. Quand elle est pure, libre de tout mélange, elle a une belle couleur rouge vermillon claire et surnage l'eau avant de se mouiller.

Quand on concasse les fragments riches en cuivre gris, cette substance sort des pores, tombe en poussière qui se délaye aussi facilement dans l'eau que les argiles pures, et reste longtemps en suspension dans le liquide avant de se déposer.

Cette dernière propriété jointe à la couleur, donne le meilleur caractère pour distinguer cette matière minérale des autres avec lesquelles elle se trouve mélangée, et m'a fourni le meilleur moyen de la séparer mécaniquement, sans recourir aux acides et aux réactifs qui ne sont pas sans action sur elle.

En effet, de tous les minéraux ci-devant mentionnés, les uns opposent une certaine résistance à se réduire en poudre; les autres, comme le cuivre gris et la pyrite, ne donnent qu'une poussière lourde et aucun ne se délaye dans l'eau, et n'y reste en suspension aussi longtemps que la substance qui nous occupe.

Voici par conséquent la méthode que j'emploie pour obtenir cette matière rouge sans mélange de sels de cuivre et de matières sulfurées antimoniées.

Je commence par concasser sur l'enclume les morceaux qui me paraissent les plus purs, en y portant des coups de marteaux légers et instantanés (secs), évitant surtout d'écraser les grains. En détruisant de cette manière quelques gros échantillons j'obtiens déjà une quantité considérable de poussière, laquelle, passée à travers un tamis très-serré, et soumise à la lévigation, me donne une matière homogène qui ne laisse pas déceler au microscope la moindre trace de particules vertes, bleues ou métalliques. (Je vais désigner cette poussière par la lettre *a*.)

Je reprends ensuite le minerai granulé qui est resté sur le tamis et je le broie dans un mortier de fer, mais seulement au point que la matière passe par un tamis à larges mailles. Il reste alors sur le tamis la majeure partie de

la gangue et des minéraux verts et silicatés les plus tenaces, et il se concentre beaucoup de poussière rouge dans la poudre tamisée. On sépare cette poussière rouge par une lévigation à grande eau, en ayant soin de ne décanter les eaux rouges qu'après quelques instants, ce qui permet aux parties les plus lourdes de se déposer. On obtient de cette manière une autre poussière impalpable (*b*) presque aussi pure et homogène que la précédente (*a*) quoique moins rouge, à cause de la plus grande proportion de gangue quartzeuse qui s'y trouve mélangée (*b*).

Les résidus qui proviennent de ce second tamisage et de la dernière lévigation contiennent encore beaucoup de matière rouge, adhérente aux particules de la gangue et des divers autres minéraux du mélange. J'ai tâché d'en séparer une nouvelle quantité de poudre rouge en broyant de nouveau ces résidus, en faisant passer le tout à travers un tamis serré, et en soumettant la poudre tamisée à une lévigation soignée. La poussière que déposent dans ce cas les eaux troubles ne conserve ordinairement qu'une couleur rouge bien pâle, et on y distingue au microscope de petits grains verdâtres. Aussi cette poussière (que je désignerai par la lettre *c*) donne à l'analyse proportionnellement plus d'oxyde de cuivre et moins d'antimoine et de mercure.

En opérant de cette manière sur environ 500 grammes de minerai tiré, j'ai extrait une trentaine de grammes de poussière (*a*), (*b*) et (*c*); et pour tirer parti du résidu que m'a laissé la dernière lévigation, je l'ai soumis à l'action du courant d'eau à l'augette, afin de séparer la partie la plus lourde du minerai. Dans ce cas, si l'on prolonge trop l'opération, surtout si le courant d'eau est un peu rapide, on perd la majeure partie du cuivre gris, mais on découvre la présence d'une très-petite proportion de cinabre ordinaire presque pur, qu'on reconnaît facilement par sa belle couleur carmin et l'aspect de ses petites particules cristallines lourdes, qui ne se délayent pas dans l'eau. Comme

il m'a paru important de constater la présence de ce cinabre dans le minerai, j'ai répété la même opération sur environ 300 grammes de minerai broyé, et j'en ai extrait, au moyen du lavage à l'augette, à peu près un demi-gramme de cinabre à grains cristallins, mélangé d'un peu de cuivre gris et de gangue quartzeuse (d).

Voici maintenant les propriétés de la substance rouge, pure, telle, par exemple, qu'on l'obtient de la première lévigation (a). L'acide chlorhydrique pur la décolore facilement, pour peu qu'on chauffe la liqueur, et il dissout tout le cuivre et presque tout le mercure, laissant dans le résidu de l'acide antimonique du sous-chlorure de mercure et la gangue. L'acide nitrique faible et à froid ne fait que dissoudre le cuivre. La dissolution, dans ce cas, n'accuse pas la présence de l'acide sulfurique, et le résidu insoluble reste avec sa couleur rouge un peu plus intense qu'il n'avait avant l'action de l'acide. En chauffant la poussière rouge (a) dans un tube fermé par une extrémité, sans rien ajouter, on voit se dégager de la vapeur d'eau; tout le mercure se sublime à l'état métallique, mélangé de l'oxyde d'antimoine, et en cassant le tube, on sent l'odeur de l'acide sulfureux. Si on chauffe la même matière avec de la litharge, on obtient du sublimé de mercure pur, sans qu'il se dégage de vapeurs antimoniées.

D'après ces propriétés du minéral, je croyais que le meilleur moyen de l'analyser serait de l'attaquer par l'acide muriatique et de faire passer un courant d'hydrogène sulfuré, pour séparer ainsi les sulfures électronégatifs par l'hydro-sulfate. Je voulus seulement reconnaître cette fois si l'acide muriatique n'exerçait pas une action notable sur le sulfure de mercure en présence de l'acide antimonique. J'ai choisi pour cela du cinabre natif à structure cristalline, bien pur, porphyrisé dans un mortier d'agate, et de l'acide antimonique artificiel fortement calciné dans une capsule de porcelaine à la flamme d'une lampe à alcool.

Ces réactifs m'ont servi pour faire les expériences préliminaires dont voici les résultats :

0^{gr}.50 de cinabre pur, sans aucun mélange, digéré pendant quelques heures dans l'acide muriatique fort, et puis bouilli pendant environ une heure avec cet acide, ne laissa qu'à peu près la moitié de son poids en matière non attaquée, et la dissolution donna, au moyen du protochlorure d'étain, le reste du mercure à l'état métallique parfaitement pur.

0^{gr}.50 du même cinabre, mélangé et porphyrisé avec de l'acide antimonique, traité de la même manière que le précédent, en employant la même quantité d'acide et le même temps pour l'ébullition, ne laissa qu'environ 7 centigrammes de cinabre non attaqué. Ce dernier, repris et réduit à l'état d'une poussière impalpable avec l'acide antimonique, disparut au bout de quelques minutes d'ébullition avec l'acide muriatique. On a remarqué que dans ces cas la présence de l'acide antimonique donne lieu à une proportion notable de sous-chlorure de mercure.

Ces expériences démontrent que l'acide muriatique fort et bouillant attaque quoique difficilement le cinabre, et qu'il l'attaque complètement et sans difficulté lorsque le cinabre est réduit à l'état de poussière très-fine, mélangée avec de l'acide antimonique.

J'ai aussi reconnu que le cinabre pur, mélangé de son poids d'acide antimonique, et chauffé au rouge dans un tube étroit, fermé par un bout, donne par sublimation tout son mercure à l'état métallique, mélangé d'oxyde d'antimoine, et avec dégagement d'acide sulfureux, tandis que le même cinabre traité de la même manière, mais sans addition de l'acide antimonique, ne produit, comme on sait, que du sublimé noir de sulfure, sans aucune trace de mercure métallique.

Les résultats que je viens de rapporter m'ont servi à expliquer pourquoi la substance rouge purifiée par léviga-

tion et contenue dans les poussières (a) et (b), substance qui s'y trouve à l'état de division excessive, s'attaque si facilement par l'acide muriatique fort et bouillant, sans être attaqué par l'acide nitrique, et pourquoi on trouve toujours des quantités notables de sous-chlorure de mercure dans les résidus blancs des dissolutions muriatiques. On comprend en même temps pourquoi cette substance chauffée dans un tube fermé, rend tout son mercure à l'état métallique, mélangé de sublimé blanc, tandis que la même matière chauffée avec la litharge ne donne que du mercure.

Analyse. — Les mêmes résultats de mes expériences m'ont déterminé à ne pas employer l'acide muriatique dans l'analyse de cette substance et à donner la préférence à la méthode suivante.

Je prends 2 grammes de matière purifiée (a, b, c.) que je porphyrise avec 2 grammes de soufre et 7 à 8 grammes de carbonate de potasse; je fonds le tout dans un creuset de porcelaine et je reprends la masse fondue par l'eau chaude. J'analyse la partie insoluble pour cuivre, fer et la silice de la gangue, et j'analyse à part les sulfures des métaux électro-négatifs, que j'obtiens en sursaturant la liqueur alcaline par l'acide acétique, etc. On conçoit que ce mode de procéder est beaucoup plus court que celui d'attaquer la matière rouge par l'acide muriatique, et permet de répéter plusieurs fois l'analyse de la même substance avec assez d'exactitude. Seulement on est obligé de doser le mercure à part, et je le fais en fondant 1 gramme de matière avec 1 gramme de litharge dans un tube recourbé, de 6 à 7 millimètres de diamètre, en répétant la même opération jusqu'à ce qu'elle donne deux résultats identiquement les mêmes.

Quant au dosage du soufre que j'avais complètement négligé dans mes anciennes analyses par l'acide muriatique, je parviens à déterminer la proportion exacte de ce corps,

en attaquant 2 grammes de matière par l'eau régale bouillante, et prolongeant assez l'ébullition. Je précipite l'acide sulfurique par le chlorure de barium, et je reprends ensuite le sulfate de baryte après l'avoir fortement calciné par l'acide muriatique.

Voici maintenant les résultats de mes analyses exécutées sur les poudres rouges extraites par les moyens indiqués a, b, c.

(1) Poudre déposée par les eaux de la première lévigation et obtenue en concassant les fragments les plus purs du minéral (a).

Antimoine.	0,185	A. antimonique.	0,241
Mercure.	0,199	Mercure.	0,199
(prenant 0,052 pour former le sulfure HgS).		Soufre (trouvé).	0,053
		Oxyde de cuivre.	0,169
		Oxyde de fer.	0,022
		Silice (gangue).	0,248
		Eau (perte).	0,088
			1,000

(2) Poudre rouge obtenue de la même manière précédente (a), mais provenant d'un mélange de minerais.

Antimoine (trouvé).	0,225	A. antimonique.	0,295
Mercure.	0,256	Mercure.	0,256
(prenant 0,057 de soufre pour former HgS).		Soufre (trouvé).	0,053
		Oxyde de cuivre.	0,156
		Oxyde de fer.	0,030
		Gangue.	0,081
		Eau et perte.	0,169
			1,000

(3) Poudre rouge provenant de la réduction en poussière de la matière granulée, dont on avait séparé la substance rouge de la première analyse (1); seconde lévigation (b).

Antimoine (trouvé).	0,176	A. antimonique.	0,251
Mercure.	0,198	Mercure.	0,198
(prenant 0,051 de soufre pour former le sulfure HgS).		Soufre (trouvé).	0,051
		Oxyde de cuivre.	0,181
		Oxyde de fer.	0,011
		Gangue, perte, etc.	"

(4) Poudre d'un rouge pâle obtenue en transformant en poussière plus fine les résidus provenant de la séparation de la matière précédente (3), et en soumettant cette poussière plus fine à une nouvelle lévigation (c).

Antimoine (trouvé)	0,114	A. antimonique	0,149
Mercure	0,078	Mercure	0,078
(prenant 0,013 de soufre pour former HgS).		Soufre (trouvé)	0,015
		Oxyde de cuivre	0,191
		Gangue, eau, etc.	»

Cette poudre contenait déjà de l'acide arsénique et faisait un peu d'effervescence dans les acides : aussi son oxyde de cuivre provient déjà en grande partie de l'arséniate, du carbonate, et peut-être d'un peu de sous-sulfate dont il était impossible de débarrasser la substance rouge.

(5) J'ajouterai la composition du résidu *d* formé par le cinabre à grains cristallins, mélangé d'un peu de cuivre gris et de grains verdâtres, résidu que j'ai obtenu en lavant à l'augette ce qui restait de minerai, après la séparation des poudres rouges (1), (3) et (4).

Ce résidu contenait 0,545 de cinabre pur, et en outre, j'ai extrait du même résidu,

Antimoine	0,072
Cuivre	0,120
Soufre	0,007

et une proportion considérable d'arsenic. Ces soufre, arsenic, antimoine et cuivre, appartiennent probablement au cuivre gris et à l'arséniate de cuivre.

Pour compléter ces recherches, il me restait à connaître la composition de la partie grise métallique des minerais dont on avait séparé les poudres rouges précédentes; et comme cette partie est toujours pénétrée de substance rouge antimoniée, il m'a fallu trouver le moyen de débarrasser totalement de cette dernière le cuivre gris que je devais analyser. Je voyais bien que le simple lavage à l'au-

gette ne pouvait pas effectuer cette séparation, et du reste, le courant d'eau emportait la majeure partie du cuivre gris, dont les particules étant plus friables que la gangue et pénétrée de matières légères, se laissent entraîner par l'eau plus facilement que ne semblerait leur permettre la densité spécifique du cuivre gris. Mais ayant reconnu que ce cuivre gris n'est pas sensiblement attaqué par l'acide muriatique pur, si on ne prolonge pas l'ébullition, j'ai réussi à séparer ce minerai par le moyen suivant.

Je commence par choisir les fragments les plus riches en cuivre gris, et après les avoir réduits dans un mortier d'agate à l'état de poussière impalpable, je lave cette dernière par lévigation et décantation des eaux troubles, et puis je verse sur le résidu de l'acide muriatique pur, que je chauffe jusqu'à ce que toutes les particules rouges disparaissent complètement. En ajoutant alors de l'eau, je décante les liqueurs troubles avant qu'elles aient le temps de déposer le précipité. On voit immédiatement le cuivre gris se réunir au fond et se séparer plus facilement de la gangue et de l'acide antimonique, qui se portent à sa surface et se laissent emporter par les eaux. En répétant ensuite les mêmes opérations, c'est-à-dire en chauffant les résidus de lavage avec de nouvel acide muriatique, et séparant les parties blanches par des lévigrations répétées, je termine la purification du cuivre gris en le lavant à l'augette. J'ai obtenu par ce moyen environ 15 grammes de matière, qui ne présentait au microscope que des particules grises métalliques et des grains de gangue siliceuse, sans aucun mélange de parties rouges, ni de pyrite.

Une analyse faite sur 15,67 de ce cuivre gris, et une opération faite à part sur 1 gr. de la même matière pour le dosage du mercure par la voie sèche, m'ont donné :

	Sur 167. gr.
Mercure.	0,138
Cuivre.	0,485
Antimoine.	0,254
Arsenic.	0,050
Soufre.	0,303
Fer.	0,014
Gangue.	0,352
Eau de la gangue, perte.	0,074
	1,670

En éliminant la gangue, je trouve que ce cuivre gris se rapproche beaucoup par sa composition d'une des six variétés de cuivre gris mercuriel analysées par Hauer et provenant des mines de Schemnitz en Hongrie.

(*Jahrb. d. geolog. Reichsanstalt*, 1852. N° 4. Rammelsberg, 5 suppl., 1853.)

	Du Chili,	de Schemnitz (3).
Soufre.	24,5	24,37
Antimoine.	20,4	25,48
Arsenic.	4,0	0,09
Mercure.	11,0	16,69
Cuivre.	39,0	50,58
Fer.	1,5	1,46
	100,0	98,67

Ce qui démontre que le cuivre gris mercuriel du Chili n'est pas une espèce nouvelle et que sa composition peut être représentée par la formule



Conclusions. — Les résultats de ces recherches me conduisent à émettre les conclusions suivantes :

1° La substance terreuse rouge qui accompagne le cuivre gris, et qui constitue souvent la principale richesse des minerais de mercure au Chili, se compose essentiellement d'acide antimonique, oxyde de cuivre et sulfure de mercure. L'oxyde de cuivre, comme M. Rivot l'a déjà bien re-

connu, doit s'y trouver combiné avec l'acide antimonique. Si cet oxyde, qui s'y trouve en proportions presque égales avec le cinabre, n'était qu'à l'état de mélange, il est certain qu'au lieu de laisser à ce dernier sa belle couleur rouge éclatante, plus claire que celle du cinabre pur, il changerait sa couleur en brun obscur ou tout à fait noirâtre. Cet antimoniate de cuivre est facilement décomposé par l'acide nitrique faible, et on remarque que, dans ce cas, l'oxyde de cuivre, en se dissolvant dans l'acide, ne fait que rétablir la couleur rouge carmin du cinabre natif plus foncée que celle du mélange. Ce qui me fait supposer que la véritable couleur de l'antimoniate de cuivre, si ce corps n'était pas intimement mélangé de sulfure de mercure, serait blanche comme le sont divers sels de cuivre anhydres. Je ne vois pas jusqu'à présent le moyen de déterminer la véritable composition de cet antimoniate. Les proportions très-variables d'acide antimonique et d'oxyde de cuivre qu'on rencontre dans les poudres rouges qui proviennent des lévignations successives de la matière, paraissent confirmer la supposition de M. Rivot que ces poudres ne sont que des mélanges d'acide antimonique et d'antimoniate de cuivre. Quant au sulfure de mercure, on peut le considérer soit comme du cinabre excessivement divisé et à l'état de mélange, ou bien comme jouant un rôle analogue à celui du sulfure de mercure qui se trouve dans les premiers précipités qu'on obtient en faisant passer l'hydrogène sulfuré par une dissolution contenant du mercure et d'autres sels métalliques. On sait que dans ce cas le précipité blanc qui se forme se compose de sulfure de mercure et du sel au milieu duquel il se produit ;

2° Toutes ces poudres rouges, contenant les mêmes éléments que le cuivre gris, proviennent évidemment de la décomposition de ce dernier, due à l'influence des agents atmosphériques. Il est naturel de penser que dans cette décomposition les métaux les plus oxydables et les éléments

électro-négatifs ont dû éprouver les modifications nécessaires pour se grouper en sels, laissant le mercure, dont le sulfure est peut-être de tous les sulfures le plus indifférent à l'action de l'oxygène à la température ordinaire, dans son état primitif sulfuré. Ainsi, l'antimoine, l'arsenic et une partie de soufre se sont acidifiés, tandis que le cuivre et le fer, passant à l'état de bases, il s'est formé de l'arséniate de cuivre, du carbonate de cuivre, du sous-sulfate et de l'antimoniade de cuivre ; comme aussi de l'acide antimonique en excès et probablement du sulfate de fer et du sulfate de chaux qui ont fait éliminer du mélange une partie du soufre appartenant au cuivre gris. Si l'on pouvait réunir tous ces éléments disséminés dans la matière décomposée, on y trouverait sans doute l'antimoine, le cuivre et le mercure dans les mêmes proportions que dans le cuivre gris. Si, au contraire, on soumet cette matière à des lévignations successives, on voit que les premières poudres, les plus ténues, celles qui exigent le plus de temps pour se déposer dans les eaux rouges, sont celles qui sont proportionnellement plus riches en mercure et moins riches en antimoine ; tandis que les poudres qui ne se délayent pas aussi facilement dans l'eau ou qui s'y déposent les premières ont moins de mercure et plus de matières antimoniées (*).

(*) Je remarque que la poudre rouge analysée par M. Rivot, poudre que j'avais extraite d'une très-grande quantité de divers minerais, en mélangeant les poussières qui provenaient des divers lavages, a donné de l'antimoine et du mercure en proportions à peu près égales à celles qui se trouvent dans ma dernière analyse de cuivre gris, insérée dans ce mémoire. Quant au tellure que M. Rivot a découvert dans cette poudre, il doit probablement provenir de quelques échantillons de minerais tellures qui s'étaient trouvés parmi les morceaux provenant de La Lajarilla. Malheureusement, le filon de cette dernière mine se trouvant actuellement abandonné, je n'ai pu me procurer une nouvelle provision de ces minerais et je n'ai pu déceler la présence du tellure dans les matières rouges et dans le cuivre gris, dont je viens de donner l'analyse.

EXPLOSION

D'UN APPAREIL A VAPEUR SURVENUE DANS UNE FABRIQUE DE SUCRE
A SÉRAUCOURT (AISNE).

RAPPORTS, ET AVIS

De la commission centrale des machines à vapeur.

Dans sa séance du 5 décembre 1863, à laquelle assistaient :

MM. Combes, président,
Thirria, membre,
Piérard, membre,
Couche, membre,
Callon, rapporteur,
Cléry, secrétaire,

la commission centrale des machines à vapeur, sur le renvoi fait par Son Exc. M. le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, en date du 17 novembre 1863, a pris connaissance des pièces concernant l'explosion d'un appareil à vapeur, survenue dans une fabrique de sucre, à Séraucourt (Aisne) ; et elle a entendu la lecture du rapport suivant, rédigé par M. le rapporteur :

Rapport.

Le 2 octobre dernier, dans la fabrique de sucre de M. Théry, à Séraucourt (Aisne), est survenu un accident qui, par la grandeur des désastres qu'il a produits, a vivement ému l'opinion publique.

L'une des chaudières de concentration de l'établissement a fait explosion au moment du changement de poste ; de

sorte que le personnel de l'atelier s'est trouvé alors double de ce qu'il est pour le travail courant.

La chaudière, projetée en l'air, brisa le plancher qui recouvrait le local et retomba dans l'atelier, couvrant les ouvriers, au nombre de trente, de débris et d'une masse de 40 hectolitres de jus bouillant; en même temps que la vapeur de six générateurs, de 50 à 70 chevaux chacun, était vomie dans le local par un tuyau de 7 centimètres de diamètre, sous une pression de cinq atmosphères.

Sur 50 personnes atteintes, 22 succombèrent immédiatement ou après quelques heures de souffrance; 8 seulement survécurent et sont maintenant hors de danger.

Le désastre eût été plus grand encore sans la présence d'esprit et le courage d'un jeune homme qui courut aux générateurs et ferma les prises de vapeur, de manière à permettre de pénétrer dans le local plus tôt qu'on n'eût pu le faire sans cela.

M. l'ingénieur ordinaire de Marsilly, informé, le 4 octobre, par la gendarmerie de Saint-Quentin, se rendit immédiatement sur les lieux et y passa les journées du 5 et du 6, afin de faire une enquête complète, avec le concours du juge de paix du canton.

Son rapport, très-développé et accompagné des dessins nécessaires, décrit l'appareil et rend parfaitement compte des circonstances dans lesquelles il a fait explosion.

Cet appareil, faisant partie d'un système dit à *double effet* pour la concentration des jus, consiste (Pl. XI, fig. 1, 2, 3) en un cylindre en tôle de 2^m,40 de diamètre, terminé en dessus par une calotte hémisphérique, et, à sa base, par une cuve en fonte, de même diamètre, à fond plat, ayant un rebord de 0^m,50 de hauteur. Sur le fond de cette cuve repose un serpentin (fig. 2) où circule la vapeur venant directement des chaudières et à une pression allant jusqu'à 4 1/2 ou 5 atmosphères.

La concentration du jus produit de la vapeur, qui se rend

à son tour dans le serpentin d'une seconde chaudière où s'achève la concentration du sirop venant de la première. Sur le trajet de la première chaudière au deuxième serpentin, se trouve un robinet ou soupape dont on règle l'ouverture à volonté, sans pouvoir cependant interrompre complètement la communication. En général, ce robinet doit être ouvert en grand, lorsque les deux chaudières fonctionnent ensemble; autrement on est exposé à produire, dans l'intérieur de la première, une pression qui peut théoriquement, à la limite et en supposant l'orifice plus ou moins obstrué, aller jusqu'à la pression des générateurs eux-mêmes.

Il paraît que c'est précisément la circonstance qui s'est réalisée le jour de l'accident. L'ouvrier préposé à la surveillance de la première chaudière a admis la vapeur dans le premier serpentin, sans avoir soin d'ouvrir ou de faire ouvrir suffisamment la communication de la première chaudière au deuxième serpentin. Au bout d'une heure, sous l'effort d'une pression graduellement croissante, la cuvette en fonte s'est brisée en se détachant nettement de son fond; le cylindre a été projeté et a produit les effets désastreux indiqués ci-dessus.

Après avoir traité la question de fait, M. l'ingénieur ordinaire examine la question de la responsabilité qui incombe au chef de l'établissement. Il pense, et M. l'ingénieur en chef avec lui, que M. Théry avait rempli les devoirs que la prudence et sa position lui imposaient, et que le véritable auteur du désastre est l'ouvrier imprudent préposé à la conduite de la première chaudière. Il ajoute que cette chaudière ayant été éprouvée pour une pression de 2 atm. 1/2, il eût pu être utile d'y placer une soupape de sûreté et un manomètre; mais il ne regarde pas l'absence de ces deux appareils comme constituant une contravention.

M. l'ingénieur en chef de Hennezel est d'avis également, comme il vient d'être dit, que le propriétaire est à l'abri de

tous reproches, et que l'accident doit être entièrement imputé à l'imprudence d'un ouvrier, jointe à un concours de circonstances malheureuses qui en ont augmenté la gravité.

Des ordres sont donnés, ajoute M. l'ingénieur en chef, pour qu'avant la fin de la présente campagne il soit procédé à une visite générale de toutes les fabriques de sucre de l'Aisne, de la Somme et de l'Oise (au nombre de 124), afin de rechercher et de combattre partout jusqu'aux chances les plus improbables d'explosion. Les industriels et les constructeurs, sous l'impression de l'horrible catastrophe de Séraucourt, ne feront aucune objection aux mesures de précaution qui pourront leur être indiquées. Ils appellent eux-mêmes cette indication. Déjà, d'ailleurs, la plupart des usines, sauf de très-légères exceptions, sont parfaitement en règle, et il reste très-peu de chose à faire pour qu'elles satisfassent aux prescriptions les plus minutieuses des règlements.

Dans cette situation, ni M. l'ingénieur ordinaire, ni M. l'ingénieur en chef ne font de propositions spéciales.

Je ne pense pas non plus qu'il y ait lieu en cette occasion de rien ajouter aux prescriptions réglementaires en vigueur.

Mais comme cet accident, par la gravité de ses conséquences, est de nature à frapper l'attention, il serait bon de faire insérer aux *Annales des mines* et des *Ponts et chaussées* un extrait du rapport de M. de Marsilly, afin que les industriels ne perdent pas de vue la nécessité de prendre toutes les mesures de précaution possibles dans l'installation et dans l'emploi de tous les appareils plus ou moins importants où la vapeur intervient, et qui peuvent, en cas d'explosion, causer quelquefois d'aussi terribles désastres.

Telle est la conclusion que j'ai l'honneur de soumettre à la commission centrale.

Paris, le 30 novembre 1863.

L'ingénieur en chef des mines, rapporteur.

Signé : CALLON.

Avis de la commission.

La commission, après avoir entendu la lecture du rapport qui précède, porte spécialement son attention sur le détail des dispositions de l'appareil qui a fait explosion et, avant d'émettre son avis, estime qu'il convient de réunir de plus amples renseignements sur le mode actuel d'établissement des appareils de cette nature, et charge M. l'ingénieur en chef rapporteur de lui faire connaître dans un rapport supplémentaire le résultat de ses recherches à cet égard.

L'inspecteur général des mines,
président de la commission,

CH. COMBES.

L'ingénieur des mines, secrétaire,

CLÉRY.

Rapport de l'ingénieur ordinaire.

Le 2 octobre 1863, à 7 heures trois quarts du soir, dans la fabrique de sucre de M. Telvéry à Séraucourt (Aisne), eut lieu l'explosion d'une chaudière contenant quarante hectolitres environ de jus chauffé par la vapeur à l'aide d'un serpentín; elle fut lancée en l'air, brisa d'énormes poutres et un plancher qui se trouvaient au-dessus d'elle, et retomba à peu près à la place où elle était précédemment, couchée sur le côté au milieu des débris de toute espèce. Par suite d'une fatalité terrible, les ouvriers qui devaient reprendre le travail de nuit à 8 du soir heures venaient d'arriver; ceux du jour commençaient à peine à partir; il y en avait beaucoup de rassemblés dans l'espace libre autour de la chaudière; c'est au milieu d'eux qu'elle éclata. Qu'on se figure quarante hectolitres de jus bouillant projetés violemment sur eux, des débris de bois et de matériel lancés de toute part et la vapeur de six générateurs de 50 à 70 chevaux chacun vomie à torrents par un tuyau de 0^m.07 de

diamètre sous une pression de 5 atmosphères. Le gaz était éteint ; l'obscurité ajoutait à l'horreur de la situation ; la panique régnait dans l'usine ; des ouvriers qui n'avaient pas été touchés d'abord furent, en fuyant, brûlés par la vapeur ; les blessés qui ne pouvaient fuir étaient enveloppés par elle. Il y eut trente personnes atteintes ; huit seulement ont survécu à leurs blessures et se trouvent aujourd'hui hors de danger. Parmi les morts, un petit nombre fut tué sur le coup ; la plupart succombèrent quelques heures ou quelques jours après. Le désastre eût été sans doute plus grand encore si le sieur Rousseau, ouvrier, fils d'un contre-maître, n'avait eu la présence d'esprit et le courage de courir aux générateurs et de fermer toutes les prises de vapeur. Les chauffeurs effrayés jetaient bas leur feu, ne sachant ce qui était arrivé. La conduite du sieur Rousseau me paraît devoir être signalée à l'attention de M. le Préfet. Sans lui le nombre des victimes aurait été probablement plus considérable encore ; ce n'est qu'un quart d'heure après l'explosion qu'on a pu pénétrer dans l'usine et secourir les blessés.

L'ingénieur des mines, prévenu le 4 octobre par le garde-mines de Saint-Quentin, M. Jurkowski, s'est rendu immédiatement sur les lieux et y est resté le 5 et le 6. En passant à Saint-Quentin il eut la précaution de voir M. le juge d'instruction et de lui demander une commission rogatoire pour M. le juge de paix afin de procéder plus sûrement à une enquête. M. le juge de paix s'est rendu de suite à son appel ; il avait déjà fait une enquête ; il en a communiqué les éléments à l'ingénieur soussigné et il a fait comparaître devant lui toutes les personnes dont le témoignage paraissait de nature à jeter quelque clarté sur les causes du sinistre.

Pour faire apprécier celles-ci, il est nécessaire de décrire la chaudière qui a éclaté. Cette chaudière fait partie d'un appareil à double effet pour la concentration des jus (Pl. XI, *fig. 1*) ; elle consiste en un cylindre en tôle DIOE de 2^m,40 de diamètre et de 1^m,45 de longueur, terminé par une calotte sphérique DIO ; ce cylindre se raccorde à sa base avec une cuve en fonte DKE de même diamètre intérieur et à fond plat, dont la hauteur est de 0^m,30 ; c'est dans cette cuve qu'est placé un serpentín MM' (*fig. 2*) où circule de la vapeur prise directement aux générateurs et que recouvre le jus obtenu après la défécation et la filtration, lequel est introduit à l'aide de pompes ou de monte-jus. On prend la fonte de préférence à la tôle pour former le fond, parce que cette dernière est attaquée par les acides organiques contenus dans le jus, tandis que la fonte ne l'est pas d'une manière sensible. La chaudière est posée verticalement sur sa base en fonte.

La tôle a 0^m,010 d'épaisseur, la fonte 0^m,03.

Le tuyau qui amène la vapeur au serpentín a 0^m,07 de diamètre ; un robinet R, consistant en une soupape qu'on lève ou que l'on abaisse à l'aide d'une vis dans l'intérieur d'un raccord en fonte, se trouve fixé au dehors sur le tuyau près de la chaudière et permet de régler à volonté l'admission de la vapeur dans le serpentín.

La fabrique de sucre de M. Théry renferme trois chaudières tubulaires de 70 chevaux constamment en feu et cinq générateurs ordinaires à bouilleurs de 50 chevaux chacun dont deux ou trois en marche suivant les besoins de la fabrication. Lors de l'accident, trois générateurs et les trois chaudières tubulaires étaient en feu. Les vapeurs de toutes ces chaudières se rendent dans un grand cylindre en tôle qui sert de réservoir commun et sur lequel sont toutes les prises de vapeur de l'usine.

Les retours de vapeur se font dans une bêche où l'on recueille l'eau condensée pour l'alimentation des générateurs. A l'extrémité de chaque tuyau de retour est placée une cloche système Cail (*fig. 3*) qui permet seulement à l'eau condensée de passer dans la bêche et intercepte la vapeur. Le tuyau qui amenait la vapeur au serpentín de la chaudière qui a fait explosion avait sa prise sur le réservoir général de vapeur ; le tuyau de retour ne portait aucun robinet ; mais il était muni d'une cloche système Cail.

On voit donc que la pression de la vapeur dans les deux serpentíns s'élevait par intervalles à 4 1/2 ou 5 atmosphères comme dans les générateurs ; par conséquent la pression devait s'élever au même point dans l'intérieur de la chaudière, quand aucune issue n'était laissée à la vapeur produite par le jus.

Celle-ci ne s'échappe pas librement à l'air. Elle passe d'abord dans un vase dit de sûreté V où se dépose le jus qu'elle entraîne, et se rend de là dans le serpentín d'une seconde chaudière QS de forme cylindrique en tôle, où l'on concentre le sirop provenant de la première chaudière. Après avoir circulé dans ce serpentín, les vapeurs condensées ou non condensées se rendent au réservoir commun de toutes les eaux de condensation ; le tuyau de retour T n'est pas muni d'une cloche Cail ; aucun robinet n'intercepte le passage. Quant aux vapeurs produites dans l'intérieur de la seconde chaudière, elles sont d'abord condensées dans une cloche à l'aide de l'eau, puis aspirées et rejetées au dehors par une pompe pneumatique Y.

L'ensemble des deux chaudières et de leurs accessoires constitue l'appareil dit à double effet pour la concentration des jus.

Il importe de remarquer qu'un robinet R' consistant en une sou-

pape suspendue à une vis, comme celui précédemment décrit pour le premier serpentín, est placé à l'entrée du serpentín de la seconde chaudière; on le ferme assez souvent, par exemple lorsqu'on vient de remplir la première chaudière, mais on ne peut jamais le fermer complètement; il existe sur la vis avec laquelle on manœuvre la soupape un point d'arrêt tel que celle-ci s'arrête à un ou à un demi-centimètre de son siège, en sorte qu'il y a toujours un petit passage ouvert à la vapeur. Quelquefois la première chaudière fonctionne seule; dans ce cas, on ouvre un robinet qui se trouve sur le vase intermédiaire dit de sûreté et l'on ferme celui du serpentín de la deuxième chaudière.

L'appareil à double effet chez M. Théry est placé sous la conduite d'un contre-maître spécial; il donne ses ordres à deux ouvriers, l'un chargé de la première chaudière, l'autre de la deuxième. Ceux-ci ouvrent et ferment les robinets d'admission de vapeur dans les serpentins et règlent l'introduction des jus; leur rôle est d'exécuter fidèlement les instructions qu'il leur donne.

Ce point est important à noter.

Maintenant, que nous avons décrit l'appareil, il nous sera facile de faire comprendre ce qui a amené l'explosion.

Celle-ci a été causée évidemment par la pression qui existait dans l'intérieur de la chaudière.

Évidemment aussi cette pression ne pouvait en aucun cas dépasser celle des générateurs.

Quelle était cette dernière?

Il arrive souvent que les générateurs des fabriques de sucre ne sont pas surveillés par les chefs d'établissement; que les chauffeurs surchargent les soupapes et que la pression dépasse le maximum légal. L'examen des générateurs auxquels l'ingénieur soussigné s'est livré n'autorise, dans le cas actuel, aucune supposition de ce genre. Les générateurs sont en bon état, tous sont timbrés, les soupapes ont été réglées dans le courant de l'année par le garde-mines et rien n'indique que la pression ait pu dépasser 5 atmosphères.

Nous devons donc admettre qu'au moment de l'accident la pression de la vapeur dans les générateurs était comprise entre 4 $\frac{1}{2}$ et 5 atmosphères, soit 5 au maximum.

Quelle pouvait être maintenant la pression dans l'intérieur de la chaudière à concentrer le jus? Il résulte des dépositions des ouvriers qu'à 6 heures $\frac{3}{4}$ on avait introduit du jus dans la chaudière; les robinets des serpentins des deux chaudières étaient alors fermés. L'ouvrier préposé à la conduite de la première chaudière,

qui est un jeune homme de quinze ans environ, reconnaît avoir alors ouvert le robinet d'admission sans avoir reçu l'ordre du contre-maître: d'autre part, l'ouvrier préposé à la conduite de la deuxième chaudière déclare n'avoir pas ouvert le robinet d'admission dans le serpentín de celle-ci, l'ordre ne lui en ayant pas été donné. Tous deux déclarent que le robinet du vase intermédiaire permettant à la vapeur de s'échapper à l'air lorsqu'on l'ouvre était resté fermé. Ainsi, il est prouvé que pendant une heure, de 6 h. $\frac{3}{4}$ à 7 h. $\frac{3}{4}$, la vapeur produite dans la première chaudière n'avait d'autre issue que la faible ouverture qui existait au-dessous de la soupape du robinet du deuxième serpentín quand elle était abaissée. Les deux ouvriers préposés à la conduite des chaudières ont été relevés de leur poste quelques minutes avant l'accident et ont ainsi échappé à la mort; ceux qui les ont remplacés ont péri. Le contre-maître lui-même a été tué. On peut se demander si le robinet du deuxième serpentín n'avait pas été ouvert par l'ouvrier nouvellement arrivé quelques instants avant l'accident. Tout doute à cet égard est levé par la déposition de deux ouvriers de la fabrique qui ont déclaré être venus voir, aussitôt qu'on est entré dans l'usine, après l'explosion, si le robinet du serpentín de la deuxième chaudière était ouvert; ils l'ont trouvé fermé; celui du vase de sûreté intermédiaire l'était également. Il est donc parfaitement établi que pendant une heure:

1° La vapeur a circulé dans la serpentine de la première chaudière;

2° Que la vapeur dégagée par le jus bouillant n'avait d'autre issue que la faible ouverture qui restait quand la soupape fermant l'accès du deuxième serpentín était abaissée.

L'ingénieur soussigné a fait démonter le robinet du deuxième serpentín; son diamètre est de 0^m,12; celui du tuyau dans lequel elle se meut est de 0^m,14; le jeu, quand la soupape est abaissée, est de 0^m,01 environ. Il a été impossible d'apprécier exactement le passage resté libre: mais il est certainement très-faible et tout à fait insuffisant pour la quantité de vapeur produite dans un vase dont la section est de 4^m,52. Il est donc très-probable, pour ne pas dire certain, que la pression s'est élevée graduellement dans l'intérieur de la première chaudière jusqu'à 4 atm. $\frac{1}{2}$ au moins et peut-être 5.

Cette pression suffisait-elle pour produire la rupture? C'est ce que nous allons examiner.

D'après M. Morin (*Aide-mémoire mécanique pratique*, 4^e édit., page 384) pour un cylindre de 2^m,40 de diamètre et une pression

de 5 atmosphères, la tôle aurait dû avoir 0^m,011 d'épaisseur; elle n'a que 0^m,010; la différence n'est point telle qu'elle ait dû se rompre; en effet elle n'a pas fléchi. L'effort de traction longitudinale qu'elle supportait par millimètre carré était de 2^k,55 pour 5 atmosphères; or elle peut supporter avec sécurité 6 kilogrammes. Si la chaudière avait été tout entière en tôle, il est donc très-probable qu'elle aurait résisté. C'est la cuve en fonte qui a cédé; elle s'est rompue suivant un cercle parfaitement net dans la partie cylindrique un peu au-dessus de la courbure. Quant au fond plat, il a été cassé en plusieurs morceaux; est-ce par le choc? est-ce par la pression de la vapeur? C'est ce qu'on ne saurait dire (*). Ce qui est positif, c'est que la vapeur a rompu le cylindre en fonte suivant un cercle; la cassure de la fonte est très-nette; il n'y a pas d'éclats.

Pour un cylindre en fonte de 2^m,40 de diamètre et une pression de 5 atmosphères, l'épaisseur, calculée d'après M. Morin, doit être de 0^m,051; c'est à très-peu près ce qui existe; un cylindre en fonte aurait donc résisté à la pression de 5 atmosphères. Il aurait résisté également à l'effort de traction longitudinale suivant l'arête du cylindre; car pour 5 atmosphères cet effort est de 0^k,824 par millimètre carré et la fonte supporte avec sécurité 2^k,17. Si le fond avait été une demi-sphère, la partie cylindrique en fonte n'aurait eu à résister qu'aux deux efforts mentionnés ci-dessus, et il est probable qu'elle n'aurait pas cédé; mais le fond était plat; les conditions de résistance se trouvaient tout autres pour une pression de 5 atmosphères. La cuve peut être considérée comme un solide dont les extrémités, c'est-à-dire les rebords cylindriques, étaient encastrés (**). Le fond supportait l'énorme pression de 486.832 kilogrammes qui tendait à le faire fléchir; c'est la partie encastrée, c'est-à-dire le cylindre qui a dû rompre près de la courbure. On s'explique donc parfaitement comment la rupture a eu lieu et le cercle suivant lequel elle s'est produite.

Une objection cependant peut être faite à cette conclusion. Le 13 mars 1863, sur la demande de M. Théry, le garde-mines a fait l'épreuve de la chaudière sous une pression effective de 4 atmosphères 1/2; elle avait parfaitement résisté. Mais on peut répondre à cela que la pression de la vapeur a pu dépasser

(*) J'ai fait casser des morceaux de fonte; la cassure indiquait une fonte de bonne qualité.

(**) Ajoutons que la fonte n'est jamais parfaitement homogène et que hors de la coulée, c'est surtout près des courbures que se manifeste le manque d'homogénéité et de résistance.

4 atm. 1/2; ne se fût-elle même pas élevée plus haut, l'explosion aurait pu avoir lieu encore, si à 4 atmosphères 1/2 on était arrivé près de la limite de la résistance à la rupture.

Le contre-maitre de M. Théry a émis l'opinion que le serpentín s'était détaché à l'intérieur de la chaudière près du point où il était fixé; le collet aurait pu être arraché; ce fait n'est point rare dans les cuves à concentrer les sirops (*). On conçoit alors que la vapeur des générateurs se précipitant avec force dans l'intérieur de la chaudière aurait produit un choc et causé la rupture.

Cette explication est plausible. Mais il ne nous paraît pas probable que le serpentín se soit détaché au moment où, suivant toutes les présomptions, la tension de la vapeur à l'intérieur de la chaudière était à peu près la même que dans les générateurs.

Le serpentín a été examiné; il ne portait aucune trace de déchirure due à la pression intérieure de la vapeur.

Il était rompu à 0^m,60 environ de sa naissance, et ce bout de 0^m,60 dont l'extrémité était fixée à l'intérieur de la chaudière n'a pu être retrouvé.

L'ingénieur soussigné est donc d'avis que l'explosion a été produite par l'élévation de la pression de la vapeur du jus dans l'intérieur de la chaudière et non pas la rupture du serpentín, et il n'hésite pas à attribuer cet accident à l'ouvrier imprudent qui, sans ordre du contre-maitre, a ouvert le robinet du premier serpentín et a poussé la négligence à ce point que, quoiqu'une heure se soit écoulée entre le moment où il a ouvert son robinet et l'explosion, il n'a donné aucun avis ni au contre-maitre ni à son camarade préposé à la conduite de la deuxième chaudière. Ceux-ci devaient croire que la première chaudière ne travaillait pas, car il arrivait souvent que l'on suspendait son travail. L'appareil à double effet venait en aide en quelque sorte à l'appareil à triple effet de Cail, lorsque la fabrication marchait très-vite, et son service subissait de fréquentes interruptions.

Il nous reste pour terminer, à examiner une question toujours très-délicate, c'est la part de responsabilité qui incombe au chef de l'établissement, M. Théry. S'il y a négligence de sa part, s'il n'a pas rempli les obligations imposées par les règlements, il est du devoir de l'Administration de provoquer des poursuites quelque pénible que soit ce devoir.

(*) Ces cuves sont ouvertes et la rupture du serpentín n'occasionne pas d'accident; c'est souvent près du point d'attache que la rupture a lieu.

L'appareil à double effet de M. Théry a été construit par M. Hour-toul, constructeur à Saint-Quentin; c'est la troisième année qu'il fonctionne dans son établissement. Cette année le sieur Théry, après sa fabrication, voulant mettre tous ses appareils en règle, a appelé tout particulièrement l'attention du garde-mines de Saint-Quentin sur l'appareil dit à double effet. Le garde-mines ayant relevé les épaisseurs de la tôle et de la fonte, conclut que cet appareil pouvait marcher sans danger sous une pression normale de 2 atm. $\frac{1}{2}$, et lui fit subir une épreuve à l'aide de la presse hydraulique triple de la pression effective normale, c'est-à-dire de 4 atm. $\frac{1}{2}$. C'est le 15 mars qu'eut lieu cet essai. M. Théry considéra sans doute que l'ouverture laissée à la soupape du deuxième serpentin, empêchant la pression de s'élever rapidement dans la chaudière, présentait, avec les précautions prises par lui dans la conduite de l'appareil, des garanties suffisantes; et en effet, ce n'est qu'une heure après l'ouverture du robinet d'admission de la vapeur des générateurs dans le premier serpentin que l'explosion eut lieu. M. Théry nous paraît donc avoir rempli les devoirs que la prudence et sa position lui imposaient. Ce qu'on ne saurait trop déplorer c'est l'imprudence et la négligence de l'ouvrier préposé à la conduite de la chaudière.

Nous croyons devoir remarquer que si la chaudière à concentrer le sirop avait été munie d'une soupape de sûreté suffisamment large et se levant à 2 atm. $\frac{1}{2}$, la pression n'aurait pu dépasser ce chiffre et qu'il n'y aurait pas eu d'explosion. Il eût été utile aussi de placer un manomètre; on ne peut prendre trop de précautions pour des appareils du genre de celui dont l'explosion a eu de si terribles conséquences.

Amiens, le 16 octobre 1863.

L'ingénieur des mines,

DE COMMINES DE MARSILLY.

Rapport supplémentaire, et avis de la commission centrale des machines à vapeur.

Dans sa séance du 29 décembre 1863, à laquelle assistaient :

MM. Combes, président,
Thirria, membre,
Mary, membre,
Fournel, membre,
Couche, membre,
Callon, rapporteur,
Cléry, secrétaire,

la commission centrale des machines à vapeur a entendu la lecture du rapport supplémentaire suivant, rédigé par son rapporteur.

Rapport supplémentaire.

Dans sa séance du 3 décembre 1863, la commission centrale des machines à vapeur a entendu un rapport sur la désastreuse explosion, survenue, le 2 octobre dernier, dans la fabrique de sucre de M. Théry, à Séraucourt (Aisne).

Ce rapport, analysant celui de M. l'ingénieur ordinaire de Marsilly et l'avis de M. l'ingénieur en chef de Hennezel, établit que la cause immédiate de l'explosion est l'imprudence d'un ouvrier, qui en n'ouvrant pas en grand la communication entre deux appareils d'évaporation conjugués, a permis à la pression de s'élever dans le premier, qui se trouvait chauffé par un serpentin recevant directement la vapeur d'un ensemble de générateurs à haute pression.

La commission centrale des machines à vapeur, avant de délibérer sur les conclusions du rapport, a porté son attention sur l'appareil lui-même, et s'est demandé si, indépendamment du fait d'imprudence, cause directe et immédiate de l'accident, l'appareil ne présentait pas quelques dispositions plus ou moins vicieuses, capables, soit de faciliter la production, soit d'augmenter, le cas échéant, la gravité de cet accident.

Elle a demandé, sur ce point de vue, un supplément de rapport.

Pour répondre au désir de la commission, je me suis mis en rapport avec la maison Gail, afin d'étudier dans quelles conditions elle établit les appareils plus ou moins analogues à celui qui a fait explosion à Séraucourt, appareil qui n'a pas été construit par cette maison.

Identique en principe, en ce sens que la concentration des jus sucrés se fait à la vapeur et que la vapeur produite dans un premier appareil va, à son tour, produire l'évaporation d'un appareil suivant, le système Gail et le système installé à Séraucourt présentent des différences de détails qui sont toutes au désavantage de ce dernier.

On est en droit de critiquer dans celui-ci :

1° L'emploi d'une large cuve à *fond entièrement plat*, de 2^m,40 de diamètre et de 0^m,03 d'épaisseur, pouvant être soumise accidentellement à des pressions assez fortes. Une semblable pièce vient difficilement au moulage; il est difficile qu'il n'y ait pas, spécialement près de l'angle formé par le fond et le rebord, des effets de retrait qui compromettent plus ou moins la résistance de la pièce. C'est là en effet que la rupture a eu lieu lors de l'explosion du 2 octobre;

2° L'absence d'une soupape de sûreté, soit sur l'appareil même, soit sur le tuyau y amenant la vapeur des chaudières, de manière à limiter, dans tous les cas, la pression maximum dans l'intérieur de l'appareil. Une telle soupape semble *nécessaire* quand la vapeur vient directement des chaudières, et qu'elle n'est pas, ainsi qu'on le fait le plus souvent, la vapeur d'échappement des machines; la soupape est *utile*, même dans ce dernier cas;

3° La présence d'un robinet capable d'obstruer (incomplètement, dit-on), mais du moins en grande partie la communication entre les deux appareils, et de faire ainsi

du premier en quelque sorte un appareil entièrement clos, dans lequel la tension peut alors n'avoir d'autre limite que celle même des générateurs.

Les appareils Gail échappent entièrement à ces diverses critiques : la forme des récipients en est bien étudiée; une large soupape de sûreté empêche la vapeur qui chauffe le premier appareil de dépasser une pression effective donnée (une demi-atmosphère); la communication du premier récipient au second reste toujours parfaitement libre, ainsi que celle du second au troisième, l'appareil étant à triple effet.

Aussi, la maison Gail affirme-t-elle que sur le nombre très-considérable d'appareils livrés par elle, aucun n'a jamais fait explosion.

Toutefois, il serait difficile de dire que les dispositions relativement vicieuses de l'appareil de Séraucourt constituent des contraventions formelles, positives, à des prescriptions réglementaires déterminées, et, à ce point de vue, je pense que la conclusion de MM. les ingénieurs exonérant le propriétaire de l'usine de toute responsabilité (autre qu'au point de vue civil) doit être admise par la commission centrale.

Ceci accepté, la conclusion du rapport lu dans la séance du 3 décembre subsisterait, c'est-à-dire qu'il y aurait lieu de publier un extrait du rapport de M. de Marsilly, afin de rappeler aux industriels, par un exemple frappant, la nécessité de prendre toutes les précautions possibles dans l'installation et dans l'emploi des appareils où la vapeur intervient.

On ajouterait seulement, à la suite de cet extrait, si la commission accepte les observations critiques ci-dessus, un court exposé des vices de construction que présentait l'appareil de Séraucourt, et qui semble avoir pu contribuer à faciliter d'abord et ensuite à aggraver l'explosion du

2 octobre. Cet exposé ne pourrait que rendre plus utile la lecture du rapport de M. de Marsilly.

Paris, le 25 décembre 1893.

L'ingénieur en chef des mines, rapporteur,

Signé : CALLON.

Avis de la commission.

La commission, après avoir entendu la lecture du rapport qui précède, en approuve les observations et en adopte les conclusions.

*L'inspecteur général des mines,
président de la commission,*

CH. COMBES.

*L'ingénieur ordinaire des mines,
secrétaire,*

CLÉRY.

RAPPORT

SUR L'EXPLOSION D'UNE CHAUDIÈRE A VAPEUR A CARMEAUX (TART).

Par M. LIENARD, ingénieur des mines.

Le 9 mars 1863, vers neuf heures du soir, l'une des chaudières à vapeur qui alimentent la machine d'extraction du puits de la Grillatié à Carmeaux, fit explosion sans produire d'autre accident que des dégâts matériels.

Cette chaudière avait été construite en 1857 dans les ateliers de M. Olin Chatelet à Toulouse; elle avait d'abord été établie au puits du Castillan, puis transportée en 1861 au puits de la Grillatié où elle avait été installée à côté de trois autres chaudières semblables. Elle occupait ainsi le bord du massif le plus éloigné de la machine à la droite du chauffeur.

Elle se composait (Pl. XI, fig. 4 et 5) d'un corps principal de 6^m,50 de longueur et de 0^m,90 de diamètre, et de deux tubes bouilleurs de 4^m,80 de long et 0^m,45 de diamètre; chacun de ces tubes était réuni au corps principal par une seule tubulure placée vers l'arrière. Le foyer se trouvait sous l'extrémité du corps principal et les deux bouilleurs étaient chauffés par des retours de flamme. La grille n'était qu'à 0^m,40 au-dessous de la tôle; c'est un peu trop rapproché surtout pour un combustible d'aussi bonne qualité que celui de Carmeaux.

L'eau employée pour l'alimentation provient d'un petit puits creusé dans le terrain tertiaire; elle est très-convenable pour cet usage, mais le plus souvent elle est insuffisante et on est obligé de suppléer avec de l'eau de la mine qui est légèrement alcaline. Ce mélange d'ailleurs ne paraît pas présenter d'inconvénient, et on n'a jamais d'incrustations bien dures à enlever lors des nettoyages qui se font tous les quinze jours.

Au commencement de l'année dernière, la chaudière en question avait été réparée, et avant d'être remise au feu elle avait subi l'épreuve réglementaire à la date du 27 mai 1863. La réparation consistait dans le remplacement de la partie de la chaudière exposée directement à l'action du foyer; on avait alors placé au-

dessus de la grille une feuille de tôle de 2^m,30 de longueur et 1^m de largeur, dont le sens du laminage, par suite de ces dimensions même, était forcément parallèle à l'axe de la chaudière.

Dans la soirée du 9 mars, trois des chaudières seulement, suivant l'usage, étaient en feu; la machine fonctionnait depuis plusieurs heures pour épuiser les eaux de la mine, sans autres arrêts que ceux nécessaires pour les manœuvres. Le sieur Trouillet, chauffeur, dont la place de travail n'était point couverte, se retira un instant dans la chambre de la machine pour s'abriter contre le vent et la pluie. A peine y était-il entré que l'explosion se produisit. La machine ne recevant plus de vapeur s'arrêta, et les deux tonnes qui se trouvaient vers le milieu du puits durent être maintenues par l'usage du frein.

Les fig. 4 et 5, Pl. XI, donnent une idée de l'état de la chaudière et de son massif après l'explosion. La feuille de tôle qui avait été posée lors de la dernière réparation présentait, parallèlement à l'axe, à 0^m,10 au-dessous de la ligne des rivets, et à 0^m,20 au-dessous de la partie supérieure des carneaux, une déchirure de 1^m,30 de longueur, et dont les bords s'étaient écartés de 0^m,10 dans la plus grande largeur. La vapeur, faisant irruption par cette ouverture béante, avait fait sauter le carneau pour se créer un passage. En même temps, par suite de la réaction, le corps principal avait été soulevé de quelques centimètres et écarté de 0^m,10 sur la droite par un mouvement de rotation autour de son extrémité postérieure. Les tubulures placées vers l'arrière ont dû être légèrement tordues, mais les bouilleurs n'ont aucunement souffert, pas plus que les chaudières placées à côté. Par suite du déplacement du corps principal, le tuyau de prise de vapeur s'est rompu et toute la vapeur a pu s'échapper.

La tôle dans le voisinage de l'ouverture avait encore l'épaisseur de 0^m,10 qu'elle avait à l'origine; la tranche de la déchirure présentait quelques défauts de soudure tendant à diviser la tôle en feuillets; enfin il y avait à la partie la plus basse de la feuille une boursouffure, trace évidente d'un coup de feu.

La chaudière avait été nettoyée le dimanche 1^{er} mars; après l'explosion, les parois étaient recouvertes d'une pellicule blanche extrêmement mince se détachant facilement en écailles; au fond il y avait un dépôt de 5 ou 6 millimètres d'épaisseur, mais ne présentant nullement la consistance pierreuse et s'écrasant en poussière sous la seule pression d'un corps dur.

Quelques instants avant l'explosion, le chauffeur avait chargé du charbon sur la grille; il n'a pu me dire si la boursouffure existait

déjà à ce moment. Avant de quitter sa place, il n'a point regardé ni le manomètre ni l'indicateur du niveau de l'eau; mais le mécanicien affirme que le manomètre placé dans la chambre de la machine marquait seulement 3^m 5/4 (les chaudières sont timbrées pour 5 atmosphères), et que la pompe alimentaire fonctionnait sans interruption depuis plus d'une heure et demie. L'eau était refoulée en même temps dans les trois chaudières dont tous les robinets d'alimentation étaient ouverts. Le sifflet d'alarme, quoique en bon état, n'a point fonctionné.

D'après ces constatations, on ne doit point chercher à expliquer l'accident par un abaissement excessif du niveau de l'eau car cet abaissement aurait dû se produire en même temps sur les trois chaudières. Il est probable que le chauffeur, fatigué par une pluie battante, aura chargé sa grille sans précaution; peut-être même aura-t-il forcé la charge à dessein pour n'avoir pas à revenir fréquemment. Par suite de la faible hauteur du fourneau que j'ai signalée en commençant, il en sera résulté une surchauffe qui, jointe à la mauvaise qualité de la tôle et à la mauvaise orientation du sens du laminage, suffit parfaitement pour expliquer l'explosion.

L'appareil moteur du puits de la Grillatié doit être prochainement remplacé par un autre dont la construction touche à sa fin. Les nouveaux générateurs seront couverts: c'est une amélioration qui a son importance, car on sera alors en droit d'exiger plus de soin de la part du chauffeur qui ne sera plus tenté d'abandonner son poste pour chercher un abri contre les intempéries des saisons.

BULLETIN. ^(a)

Anthracite du Valais.

Il existe, dans le canton du Valais, d'importants gisements d'anthracite. Dans le voisinage de Sion, une mine de cette nature est exploitée avec succès depuis plusieurs années. Jusqu'à présent, l'extension de la consommation de ce produit a rencontré de grands obstacles; car l'anthracite ne peut être utilisé comme combustible pour tous les usages de l'industrie; on ne s'en sert avantageusement que pour la fabrication de la chaux, des briques et encore dans quelques autres circonstances. Le prix de ce combustible est d'ailleurs assez avantageux.

La possibilité de fabriquer des agglomérés avec l'anthracite paraît devoir donner quelque importance à ces gisements du Valais; en effet, les frais de cette fabrication ne sont pas considérables, de sorte que l'on pourrait ainsi faire une concurrence avantageuse aux charbons étrangers. La différence de prix en faveur de l'anthracite serait même de quelques francs par tonne.

Si l'on pouvait arriver à établir une exploitation en grand des gisements d'anthracite si considérables qui se trouvent dans le Valais, on exercerait par cela même, une heureuse influence sur le bien-être des contrées voisines; en outre, il serait important pour la Suisse de trouver dans son propre sol les charbons dont elle a besoin pour sa consommation.

Mais pour arriver à constituer cette exploitation en grand de l'anthracite, il faut des capitaux considérables, que le Valais ne peut pas fournir. Aussi s'occupe-t-on en ce moment de la création d'une société.

(Extrait d'une dépêche adressée à M. le Ministre des affaires étrangères par M. le Ministre de France à Berne.)

(a) Ce bulletin présente des extraits faits, par le secrétaire adjoint de la Commission, de divers documents adressés à M. le Ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, par M. le Ministre des affaires étrangères.

Lignite et jayet du canton de Berne.

MM. Gloggnier et Zangger ont continué les travaux qu'ils avaient entrepris à Trubschachen, dans le canton de Berne, pour l'exploitation d'une couche de lignite et de jayet. M. Gressly, qui a visité les lieux, encourage à continuer les recherches qui ont atteint une couche de jayet ayant un pied d'épaisseur et s'étendant à une grande distance. Cette exploitation fournira aussi des produits secondaires qui pourront être utilisés pour l'agriculture.

(Extrait d'une dépêche adressée à M. le Ministre des affaires étrangères par M. le Ministre de France à Berne.)

Richesse des bassins houillers de l'Angleterre.

La Société géologique de Glasgow s'est occupée, dans une de ses dernières séances, des ressources que peuvent présenter pour l'avenir les gisements houillers qui sont actuellement connus dans le Royaume-Uni; des chiffres puisés aux sources officielles ont été présentés à cette occasion et ils peuvent se résumer ainsi :

Étendue, richesse et production annuelle des houillères du Royaume-Uni.

GISEMENTS HOULLERS.	ÉTENDUE	EXISTENCE	RENDEMENT
	en milles carrés.	de houilles constatée en millions de tonnes.	actuel en tonnes.
Du Nord, Écossais	1.920	25.300	11.081.000
De l'Est, Newcastle	1.845	24.000	34.635.384
De l'Ouest, Lancashire, etc.	535	7.594	25.643.000
Du Sud, Pays de Galles	1.094	26.560	13.201.796
Cumberland	25	90	1.255.644
Totaux	5.419	83.544	85.817.324

Tous ces gisements sont à une profondeur qui n'excède pas 1.200 mètres, et, au taux actuel de leur production, ils ne seraient pas épuisés avant 970 ans.

Les mines de houilles de l'Écosse sont les plus considérables

après les mines de Cornouailles, qu'elles dépassent en étendue; on en extrait annuellement 11 000.000 de tonnes, et elles en contiennent encore 25.300 millions, ce qui assurerait pour 2.000 ans environ l'approvisionnement de cette partie du pays.

On pense aussi que le terrain houiller se prolonge sous le Firth of Forth sur une superficie de 10 milles carrés, et il est vraisemblable que son exploitation pourra y être tentée par la suite.

(Extrait d'une lettre de M. Bouillat, consul de France à Glasgow, à M. le Ministre des affaires étrangères.)

Accidents arrivés dans les mines de l'ouest de l'Écosse, en 1862.

L'industrie minière du district ouest de l'Écosse ne paraît pas s'être ressentie, durant 1862, de la crise manufacturière qui pèse sur cette contrée. Nulle grève, assez importante pour mériter une mention particulière, n'est venue entraver la production du pays, et l'on n'a pas eu à déplorer de ces terribles catastrophes qui jettent parfois la désolation dans le pays.

Le tableau suivant classe d'ailleurs, suivant leur nature, les accidents qui se sont produits dans l'ouest de l'Écosse depuis 1855.

Accidents survenus dans les mines de l'Ouest de l'Écosse.

I. ACCIDENTS AYANT CAUSÉ MORT D'HOMME.										
	EXPLOSIONS.		ÉBOULEMENTS.		CHUTES dans les puits.		DIVERS.		TOTAUX.	
	Nombre.	Décès.	Nombre.	Décès.	Nombre.	Décès.	Nombre.	Décès.	Nombre.	Décès.
Mines de charbon. —										
Mines de fer et charbon.										
Moyenne des cinq ans (1856 à 1860) . . .	6	8,5	20,2	21	11,3	12,1	3,1	4,1	40,6	45,7
1861	4	4	21	21	7	7	4	5	36	37
1862	2	3	26	26	4	5	3	4	35	38
Mines de fer :										
1861	0	0	6	6	3	3	3	4	12	13
1862	1	1	3	4	8	9	6	6	18	20
II. ACCIDENTS N'AYANT CAUSÉ QUE DES BLESSURES.										
Mines de charbon et de fer										
1862	64		85		11		41		221	

Les explosions de gaz ayant causé mort d'homme, se trouvent réduites à deux ; c'est le chiffre le plus bas auquel elles soient jamais descendues ; et encore faut-il remarquer que la plus grave des deux a eu lieu par suite de travaux exécutés en dehors des conditions habituelles d'exploitation.

C'est sans nul doute au soin que l'on prend de visiter plus attentivement les galeries, avant d'y laisser pénétrer les mineurs, qu'il faut attribuer cette notable amélioration. On devra d'ailleurs attacher d'autant plus d'importance à la stricte observation des règles prescrites à cet égard, qu'il y a lieu de supposer que les couches nouvelles, situées à des profondeurs croissantes, contiennent de plus grandes quantités de gaz explosif.

Ce danger serait sans doute efficacement combattu, en confiant l'inspection des galeries à un homme possédant sur ce point quelques connaissances spéciales ; mais pour que cette mesure eût tout le succès désirable, il faudrait que cette fonction, contrairement à ce qui se fait actuellement, constituât la principale occupation de cet agent. On devrait aussi le mettre à même de s'en acquitter

consciencieusement, en lui assurant une rémunération suffisante pour qu'il n'eût pas la tentation d'abrégier sa visite, afin de se livrer plus tôt à un autre travail.

Si maintenant on passe aux accidents arrivés par suite d'éboulements, c'est au contraire une augmentation qu'il y aura à noter.

Ils forment, pour 1862, plus des deux tiers du chiffre total des accidents, et ils ont presque tous atteint des ouvriers au milieu de leur travail. La plupart des victimes ont certainement dû à leur propre imprudence le malheur qui les a frappées ; mais c'est ailleurs qu'il faut chercher la principale raison de la fréquence des éboulements.

Elle se trouve dans le mode dangereux d'exploitation de la houille dans le cas où deux couches se présentent immédiatement superposées. Directeurs et ouvriers sont trop enclins à ne considérer que la question d'économie, et, afin de faciliter le détachement de la couche supérieure, ils la privent d'appui pendant quelque temps en extrayant d'abord le charbon de la couche inférieure qui la soutenait, et cela quelquefois sur une étendue assez considérable.

Cette méthode, on le conçoit, est fort expéditive, mais très-dangereuse.

L'idée d'adopter un système plus prudent a malheureusement autant de peine à se faire admettre par les patrons que par les ouvriers qui y sont le plus intéressés, et on ne saurait compter de ce côté sur une amélioration bien prochaine.

La moitié des chutes dans les puits de descente, bien que le nombre en soit fort réduit, surtout pour les mines de charbon, aurait pu être prévenue par la plus simple prévoyance ; il eût suffi d'entourer d'une grille les orifices des puits pour empêcher les ouvriers d'y tomber. Mais c'est encore là une mesure qui, malgré sa simplicité, ne sera adoptée par les exploitants qu'autant qu'ils y seront forcés.

— On sait qu'au mois d'août dernier, le Parlement Britannique, dont l'attention avait été éveillée par la catastrophe de Hartley, sur les dangers que présentaient les mines n'ayant qu'un seul puits, a passé un *act* pour contraindre tous les propriétaires de ces mines à les pourvoir d'une seconde voie de communication avec le dehors.

Les avantages que l'on est en droit d'attendre de l'application générale de cette mesure, tant sous le rapport de la sûreté des ouvriers, que sous celui de la ventilation des galeries, et, par suite, de la santé des populations qui y travaillent, sont trop évidents

pour qu'il soit besoin de les faire ressortir; mais il est bon d'indiquer comment elle a été accueillie.

Il existait alors dans ce district 504 mines distinctes, dont chacune n'avait qu'un seul puits. On pourrait penser qu'un certain nombre de propriétaires, s'appuyant sur l'article 4, qui admet quelques cas d'exemption, demanderaient à être déchargés de l'obligation imposée par la nouvelle loi. Toutefois, il importe de constater qu'il n'en a pas été ainsi; car trois réclamations seulement se sont produites: deux d'entre elles ont été retirées depuis, et il est probable que la troisième le sera également.

— L'École des mines de Glasgow, dont l'ouverture remonte à trois ans, continue à offrir toutes facilités aux ouvriers désireux de se perfectionner dans leur métier, et l'expérience a montré que tous ceux qui s'y sont présentés pour être admis en qualité d'élèves, possédaient déjà certaines connaissances.

(Dépêche adressée par M. le consul de France à Glasgow, à M. le Ministre des affaires étrangères.)

Production métallurgique en Russie.

La production métallurgique de la Russie se répartit de la manière suivante :

1° L'Oural, c'est-à-dire la partie de cette grande chaîne montagneuse et ses ramifications qui s'étendent dans les gouvernements de Perm, Orenbourg, Viatka, Vologda, Kazan et Samara, donnent de l'or argentifère, du platine, du cuivre et du fer;

2° De la contrée de l'Altaï, on tire principalement de l'or, de l'argent et du cuivre;

3° La province de Nertchinsk avec les exploitations de la Sibérie orientale, le pays au delà du lac Baïkal et la contrée traversée par le fleuve Amour, produisent principalement de l'or et de l'argent;

4° Le gouvernement d'Olonetz, avec les lacs et les marais qui couvrent la contrée environnante, donne d'immenses quantités de fer;

5° Le pays qui s'étend à l'est de Moscou renferme des gisements assez considérables de minerai de fer d'excellente qualité, mais le développement de l'industrie métallurgique s'y trouve arrêté par le manque de combustible;

6° Enfin, les provinces du Don sont également riches en gise-

ments de fer et de houille, dont l'exploitation ne se fait encore que sur une échelle assez restreinte et par l'État seulement.

Les exploitations en activité, tant à l'État qu'aux particuliers, embrassent une superficie totale de 48.550.229 dessiatines (*) de terrain, dont 16.177.468 (environ le tiers) sont couvertes de bois. Les travaux des mines occupent une population qui comprenait, d'après le dernier recensement, 391.000 âmes (hommes) et 160.000 âmes paysans dépendant des usines de l'État. Dans ces chiffres n'entrent pas les travailleurs libres qui, d'ailleurs, sont relativement en petit nombre.

Le nombre total des exploitations et des usines en activité était en 1859, de 224, dont 185 appartenant à des particuliers et 39 à l'État ou au Cabinet impérial.

Le tableau suivant présente un aperçu de la production métallurgique en Russie pour les années 1859, 1860 et 1861.

Tableau de la production métallurgique en Russie pour les années 1859, 1860 et 1861.

DÉSIGNATION des matériaux.	ANNÉE 1859.			ANNÉE 1860.			ANNÉE 1861.			Observations.
	pouids.	l.	z.	pouids.	l.	z.	pouids.	l.	z.	
Or.	1 541	33	72	1 457	15	95	1 456	1	77	(a)
Platine.	55	34	3	61	19	36	105	11	80	(b)
Argent.	1 084	4	»	1 070	14	86	967	31	82	
Cuivre.	319 839	»	»	315 193	31	»	280 940	28	»	
Piomb.	61 145	»	»	54 001	29	»	49 416	7	»	
Fonte de fer.	17 500 000	»	»	18 174 125	17	»	17 463 786	30	»	
Fer.	12 153 083	»	»	11 207 841	2	»	9 898 587	30	»	
Acier.	97 025	»	»	64 098	7	»	84 305	35	»	
Acier fondu.	»	»	»	33 321	38	»	33 335	28	»	
<i>Métaux ouvrés.</i>										
Fonte.	»	»	»	1 626 132	18	»	1 421 521	12	»	
Fer.	3 439 941	»	»	385 355	6	»	326 587	5	»	
Projectiles de guerre.)	»	»	»	230 645	26	»	90 673	5	»	
Cuivre.	»	»	»	474	»	»	302	25	»	
Bouches à feu.	»	»	»	114 158	12	»	70 723	»	»	

(a) 1 poud = 40 livres = 3.840 zolotniks.

(b) 1 poud = 16¹/₂.

N. B. — La production de l'année 1859 représente une somme totale de 47 295.604 roubles, dont 20.635.584 pour la valeur de l'or. Les documents russes ne fournissent pas d'évaluation analogue pour les années 1860 et 1861.

(*) La dessiatine équivaut à 1^{hect}/₁₀₉₂₅.

En outre, l'exploitation des gisements houillers a donné :

En 1859 (houille).	211.200	pounds.
En 1860 (houille et anthracite).	8 000.000	»
En 1861 id. id.	12.000 000	»

On voit par les chiffres qui précèdent que l'exploitation des combustibles minéraux se développe très rapidement. Par contre, la production métallurgique a suivi une marche décroissante et, d'après les informations recueillies jusqu'à présent, l'année 1862 ne donnera vraisemblablement pas de meilleurs résultats.

Il faut noter que les chiffres qui figurent dans le tableau précédent concernent seulement la Russie proprement dite, à l'exclusion du Royaume de Pologne et du grand-duché de Finlande qui ont chacun leur administration distincte.

Enfin il est entré à la Cour des monnaies de Saint-Petersbourg :

	EN 1860.	EN 1861.
	Valeur en roubles.	Valeur en roubles.
Or pur.	1.398	5.964
Or argentifère.	19.333.773	18.887.373
Argent aurifère.	1.531.102	1.583.175
Argent pur.	4.406.565	3.389.183

Il a été frappé à la cour des monnaies :

	EN 1860.	EN 1861.
	Valeur en roubles.	Valeur en roubles.
Or : ducats (au titre de 94/96).	586.657	854.355
— demi-impériales (à 88/96).	18.510.010	17.500.015
Monnaie d'argent (à 831/3/96).	6 0.001	137.027
Monnaie d'argent (à 72/96).	3.850.000	6.000.002

(Extrait d'une dépêche adressée à M. le Ministre des affaires étrangères par M. le consul de France à Moscou.)

Exploitations aurifères de la Russie.

L'exploitation des gîtes aurifères de la Russie a lieu de quatre manières différentes :

- 1° Exploitation par l'État;
- 2° Exploitation par le cabinet impérial;
- 3° Exploitation par les particuliers sur des terres dont ils sont propriétaires;
- 4° Exploitation par les particuliers sur des terres appartenant à l'État ou bien à des corporations.

Dans le principe, cette exploitation était le monopole exclusif de l'État et du cabinet impérial; plus tard, en 1826, des concessions spéciales furent accordées à certaines personnes; mais c'est seulement en 1838 que cette industrie fut ouverte à tous ceux auxquels les droits inhérents à leurs conditions en permettaient l'accès.

Le tableau ci-après donne le détail, par année, des résultats obtenus dans chacun des modes d'exploitations :

Années.	(1)			(2)			(3)			(4)						TOTAL.			
	EXPLOITATION par l'État. (Oural, districts d'Ékaterinbourg, Zlatoustovsk, Goroblagodaisk et Bogoslovsk.)			EXPLOITATION du cabinet impérial. (Altaï, province de Nertchinsk.)			EXPLOITATION par les particuliers sur leurs propriétés.			EXPLOITATION par des particuliers sur les terres de l'État sur des terres communales.									
	Quantités d'or recueill.			Quantités d'or recueill.			Quantités d'or recueill.			Sibérie occidentale et orientale.			Gouvernements d'Orenbourg et de Perm.						
	pouids.	l.	z.	pouids.	l.	z.	pouids.	l.	z.	pouids.	l.	z.	pouids.	l.	z.	Pouids.	Livres.	Zolot.	
1814	16	3	44	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	16	3	44	
1815	14	9	5	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	14	9	5	
1816	15	31	82	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	15	31	82	
1817	18	7	4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	18	7	4	
1818	16	26	49	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	16	26	49	
1819	13	31	92	»	»	»	»	17	13	»	»	»	»	»	»	14	9	9	
1820	18	15	74	»	»	»	»	1	9	2	»	»	»	»	»	19	24	76	
1821	20	18	55	»	»	»	»	7	9	60	»	»	»	»	»	27	28	19	
1822	25	2	17	»	»	»	»	28	29	92	»	»	»	»	»	53	32	13	
1823	36	16	61	»	»	»	»	69	10	5	»	»	»	»	»	105	26	66	
1824	53	14	15	»	»	»	»	152	15	82	»	»	»	»	»	205	30	1	
1825	65	29	52	»	»	»	»	171	27	56	»	»	»	»	»	237	17	12	
1826	69	25	38	»	»	»	»	161	23	4	»	»	»	»	»	231	8	42	
1827	89	22	72	»	»	»	»	192	10	49	»	»	»	»	»	281	31	25	
1828	86	39	80	»	»	»	»	203	16	18	»	»	»	»	»	290	16	2	
1829	100	9	86	»	»	»	»	187	21	1	1	10	19	»	»	289	1	10	
1830	150	22	85	»	»	»	»	204	17	60	4	24	41	»	»	359	24	90	
1831	156	30	17	5	3	»	»	200	25	30	5	13	35	»	»	367	33	82	
1832	164	12	38	5	39	82	»	200	6	52	15	37	50	»	»	3	6	16	30
1833	142	12	40	6	1	28	»	199	22	46	30	31	26	»	»	378	27	44	
1834	138	12	76	11	36	38	»	171	14	87	53	21	50	»	»	375	5	59	
1835	132	8	58	20	36	20	»	160	20	10	72	16	50	»	»	386	1	42	
1836	129	17	34	20	24	81	»	153	34	44	84	19	21	10	14	56	398	30	44
1837	131	14	26	2	16	151	»	143	31	1	106	6	66	27	9	12	442	22	43
1838	132	5	64	27	37	93	»	146	7	81	165	8	50	21	25	17	493	5	17
1839	142	25	61	23	29	57	»	155	1	8	159	18	55	14	37	31	495	32	23
1840	135	3	2	32	33	40	»	145	14	2	225	25	83	19	3	11	557	39	42
1841	131	26	6	29	4	87	»	148	39	78	320	15	57	16	9	54	646	15	90
1842	133	30	69	37	33	85	»	149	14	17	575	8	15	12	25	47	909	2	71
1843	137	27	70	40	6	81	»	157	33	24	887	13	90	18	9	92	1.241	11	69
1844	136	19	43	47	39	67	»	160	17	44	921	4	85	13	5	40	1.279	36	87
1845	130	16	17	46	8	60	»	183	5	27	93	39	21	14	18	74	1.307	8	7
1846	129	23	4	58	1	47	»	167	21	22	1.238	39	21	17	21	49	1.611	26	47
1847	127	27	17	61	7	34	»	170	37	91	1.371	15	48	26	»	1	1.757	7	95
1848	130	14	50	64	31	91	»	176	12	39	1.284	16	29	28	33	45	1.684	28	62
1849	132	7	46	61	22	15	»	170	8	88	1.184	20	94	39	25	52	1.588	5	7
1850	129	20	68	111	24	48	»	149	26	1	1.010	24	37	52	16	79	1.453	32	41
1851	128	30	75	105	37	66	»	152	16	28	1.035	24	68	51	13	32	1.471	2	77
1852	134	28	51	110	2	81	»	159	21	18	900	11	86	62	5	93	1.366	30	44
1853	130	18	35	236	31	81	»	141	27	46	878	6	84	76	11	83	1.463	16	41
1854	135	9	35	171	2	48	»	167	24	56	1.025	2	79	97	27	53	1.596	26	79
1855	128	12	6	136	21	14	»	181	8	79	1.110	25	35	92	26	34	1.649	13	72
1856	132	17	22	108	34	25	»	147	9	33	1.177	19	17	89	19	39	1.655	19	40
1857	132	7	33	103	34	79	»	123	18	63	1.275	17	89	98	25	11	1.733	23	83
1858	130	26	56	117	28	88	»	105	27	47	1.240	26	71	102	34	53	1.687	24	27
1859	105	31	42	104	36	70	»	78	12	52	1.143	20	48	109	12	55	1.41	33	75
1860	107	28	57	106	31	36	»	88	28	41	1.031	27	77	122	19	76	1.457	15	93
Totaux.	4.800	36	8	2.042	8	29	6.044	20	95	21.462	9	95	1.235	19	67	35.585	7	72	

L'exploitation régulière par l'État commence en 1814, mais on voit que jusqu'en 1829, elle ne donna pour ainsi dire que des résultats insignifiants.

Les travaux du cabinet impérial commencèrent seulement en 1851, après plusieurs années qui furent consacrées à des études ou à des recherches locales. En 1860, leur produit est encore le même que dix ans auparavant.

L'exploitation entreprise par des particuliers sur leurs propriétés, bien que remontant à l'année 1819, ne prend un certain développement que vers 1823 et 1824; puis le chiffre de leur production, sauf quelques années exceptionnelles, reste pour ainsi dire stationnaire jusqu'en 1856, époque à partir de laquelle ce chiffre décroît successivement. Enfin dans la quatrième catégorie d'exploitation, on voit, dès l'année 1836, la production prendre un essor rapide qui doit être attribué à la richesse des gisements de la Sibérie orientale; de 1849 à 1854 la production subit une certaine diminution, suivie d'une réaction favorable qui dure quelques années; puis elle retombe en 1860 au même chiffre qu'en 1854.

En résumé, la production totale de l'or en Russie, pendant la période de 1814 à 1860, s'élève à 55.585 pouds, 7 liv. 72 zolot., soit à 582.885 kilogrammes. La valeur de l'or ainsi recueilli représente une somme de 470.746.170 roubles, c'est-à-dire environ 1.882.000.000 francs.

L'État a perçu, à titre d'impôt spécial sur cette industrie, une somme totale de 66.927.000 roubles. Cet impôt, qui ne porte que sur les exploitations des particuliers, a varié à différentes époques depuis 15 jusqu'à 50 p. 100. En 1849 il fut établi sur une échelle progressive partant de 5 p. 100 pour les gisements les plus pauvres en métal précieux. Sur l'ensemble de la période d'exploitation, il s'est élevé en moyenne à un peu plus de 18 p. 100.

Industrie minière du Haut et du Bas-Canada.

L'impulsion qu'a reçue l'industrie minière au Canada, depuis que les richesses d'Acton, d'Haskill-Hill, de Saint-Flavien, d'Harvey-Hill, etc., ont été successivement mises au jour, n'a pas été limitée au cuivre; elle s'est étendue au plomb et à l'or. Ce dernier métal est assez abondant sur les confins du comté de la Beauce et de l'état du Maine, dans la vallée de la Chaudière, à 60 milles environ de Québec dans le bas Canada.

La région au milieu de laquelle l'or est distribué est montagneuse

ét fort pittoresque. Des filons de quartz qu'on n'a point encore ataqués, parce qu'on n'avait pas de machines pour broyer les roches, constituent sans doute le principal dépôt aurifère; ils offrent, assure-t-on, beaucoup d'analogie avec les filons de Sherbrooke, dans la Nouvelle-Écosse: l'aspect général du pays est aussi le même dans les deux localités. On n'a, jusqu'à présent, extrait l'or que des sables de la Chaudière ou de ses affluents.

Les recherches ont été conduites sur une petite échelle, par des individus qui ne possédaient ni les capitaux, ni les connaissances nécessaires pour procéder autrement; dans plusieurs cas, cependant, elles ont été fructueuses: on cite des Canadiens qui ont réalisé, dans quelques journées de travail, des sommes de 1.000 à 6.000 francs. Actuellement, près de cent cinquante personnes sont à l'œuvre. Une compagnie vient aussi de s'organiser pour commencer l'exploitation des filons de quartz. Il est vraisemblable que le comté de la Beauce deviendra sous peu un centre important de production aurifère. Déjà le développement des mines de cuivre du bas Canada est remarquable. Les districts de la rive sud du Saint-Laurent, depuis le lac Champlain jusqu'à la pointe Lévi abondent en minéraux propres à être utilisés par l'industrie. On les avait longtemps négligés, mais aujourd'hui que l'éveil est donné, les terrains métallifères ont repris une valeur considérable.

Les découvertes de gîtes minéraux se multiplient aussi dans le haut Canada. Une formation cuprifère d'une grande richesse vient d'être mise au jour dans le comté d'Hastings. La chaîne de collines qui sépare le bassin de l'Ottawa de celui du lac Ontario, a toujours eu la réputation de contenir beaucoup de dépôts métallifères. Les amas de fer de Hull et de Marmora et les veines de plomb de Ramsay se trouvent en effet dans cette région; des indices de cuivre s'y étaient aussi récemment montrés; elles ont amené des recherches qui ont eu les plus heureux résultats. Le canton de Lake, situé au nord-ouest du canton d'Hastings, possède un système de filons de cuivre qui, pour l'abondance et la qualité des minerais, paraissent ne le céder à aucune autre exploitation du Canada. Le principal filon, qui est encaissé dans le schiste, aurait, d'après le rapport de l'ingénieur, 8 à 9 mètres de largeur; il serait facile à tailler, bien qu'accompagné d'un peu de quartz et il contiendrait environ 50 p. 100 de pyrite jaune disséminée dans toute la roche, qui en serait littéralement imprégnée.

Le canton de Tudor, qui avoisine celui de Lake, renferme également du cuivre et l'on en signale encore à Madoc, qui est plus au sud, dans la direction du village d'Hastings.

Industrie minière du Chili.

Le cuivre, sous toutes ses formes, se trouve en abondance parmi les richesses minérales de la Cordillère des Andes. Ce métal, comme l'or, l'argent, le cobalt, le plomb et le fer, mêle ses filons aux terrains métamorphiques, provenant de la décomposition des roches, que des bouleversements souterrains ont entremêlés en formant la gigantesque arête occidentale de l'Amérique.

Ces gisements métallifères apparaissent presque toujours dans les mêmes conditions sur cette chaîne de montagnes, dont l'étendue immense est d'environ 7000 kilomètres, depuis le cap Froward, dans le détroit de Magellan, jusqu'à l'isthme de Darien.

Au Chili, en Bolivie, au Pérou, ainsi que dans les autres parties de l'Amérique espagnole, le cuivre se présente à l'état natif, en pyrites, en minerais oxydés, formés d'atacamite, de carbonate, de silicate; on y trouve aussi des minerais sulfurés qui sont combinés avec de l'arsenic et avec l'antimoine.

Le naturaliste Frezier, qui a voyagé au Chili dans le siècle dernier, dit qu'il a souvent vu du cuivre natif dans les provinces au sud de cette République; il cite à cette occasion un endroit appelé Payen, à cent lieues de Concepcion, sur le versant oriental de la grande Cordillère, d'où l'on a retiré des blocs de ce métal. Mais ces parages déserts sont actuellement parcourus par des peuplades d'Indiens-Puelches, qui empêcheraient certainement de rechercher les anciens travaux, si quelques hardis pionniers voulaient le tenter.

Dans les provinces de Santiago et de Valparaiso, les minerais de cuivre se trouvent dans plusieurs localités, et généralement dans le voisinage des roches syénitiques et à la partie inférieure du terrain métamorphique. Les minerais que l'on rencontre le plus ordinairement sont: la pyrite de cuivre, d'un jaune de laiton et de bronze, remarquable par ses reflets, variant du bleu-vert au rouge. Le sulfure de cuivre, le cuivre gris, le carbonate de cuivre, le protoxyde, le deutoxyde, et différents silicates s'y trouvent aussi, mais en moins grande abondance, et ils se présentent quelquefois mêlés avec les pyrites qui forment seules les filons que l'on peut exploiter avec profit.

Dans la province de Santiago, on travaille actuellement à l'ex-

exploitation de gisements productifs, qui sont situés dans le ravin de Las Vegas, près de la source du Cachapral, au Teniente, dans les montagnes de l'habitation de la Compania et au Carmen près des rives du Maipo.

Dans la province de Valparaiso, la seule mine exploitée avec un succès soutenu, est sur l'habitation de Surutun, à la base occidentale de la Cordillère intermédiaire, dans un endroit appelé Cerro del Cobre.

Mais c'est, sans contredit, dans la province de Coquimbo et principalement sur son littoral qu'on rencontre les plus riches gisements de cuivre. A Coquimbo et à Herradura sont établis les fourneaux qui servent à fondre les minerais; leurs propriétaires luttent très-difficilement avec la concurrence des fondeurs anglais, qui achètent, dans ces contrées, les minerais bruts pour les traiter à moins de frais en Angleterre.

Les mines de cette province et celles d'Atacama donnent quelquefois du cuivre natif, mais le plus souvent elles fournissent des oxydes de cuivre mêlés au quartz et au carbonate de chaux; elles donnent aussi des sulfures colorés.

C'est le système anglais légèrement modifié suivant la nature des minerais que l'on emploie pour la fonte dans les fourneaux à réverbère. Il se base sur ce que le cuivre possède une affinité plus grande pour le soufre que pour l'oxygène, et sur la plus facile oxydation du soufre et du fer, que du cuivre: il repose aussi sur le principe de physique, en vertu duquel, dans un liquide, les matières les plus lourdes tombent au fond du récipient.

Par le procédé chilien, on obtient des mattes de 80 à 90 pour 100, qui sont soumises, à leur arrivée dans les ports d'Europe et des États-Unis, à un affinage plus ou moins parfait, suivant l'emploi que l'on doit faire de ces métaux dans l'industrie ou dans les arts. Cette dernière opération, très-difficile, pour ne pas dire impossible, au Chili, est jusqu'à présent la cause réelle du monopole de la vente des cuivres que les fondeurs d'Angleterre exercent sur une vaste échelle.

En 1862, ils ont changé quatre fois le taux des prix.

fr.

Au commencement de cette année, il était de 2.711,00
(le tonneau de 22 quintaux).

Ils l'ont réduit en février à 2.585,00

En mars, à 2.471,56

En mai, à 2.345,46

En septembre, le prix a remonté à fr. 2.471,56
Ce qui donne un cours moyen de 2.462,72
Pendant l'année 1861, le prix moyen avait été de 2.511,90
L'année précédente de 2.689,70
Et dans les dix années antérieures de 2.849,86

Le cuivre est le principal article qui figure dans les exportations du Chili. Les grains, les divers produits de l'agriculture, les cuirs, les laines, et le guano des îles du littoral et de la baie de Mexilones, n'y sont représentés que par des chiffres comparativement très-secondaires.

Ce métal, destiné à tant d'usages divers, est expédié des ports de la République vers l'Europe et vers les marchés de l'Union américaine.

Le relevé ci-dessous fait connaître les quantités et les valeurs des exportations du cuivre en barres, en mattes et en minerais, de 1854 à 1861 inclusivement, comparées à celles des exportations générales de chacune de ces années et des années intermédiaires.

Années.	CUIVRE EN BARRES.		MATTES.		MINERAIS.		TOTAUX.	EXPORTATIONS générales.
	Quintaux.	Piastres à 5 francs.	Quintaux.	Piastres.	Quintaux.	Piastres.	Piastres.	Valeur Piastres.
1854	171.989	2.772.364	144.216	662.269	445.042	881.983	4.316.616	14.627.156
1855	177.765	2.909.916	257.832	1.729.793	550.560	1.322.365	5.962.074	19.180.589
1856	139.543	3.040.173	366.076	3.314.179	630.180	1.840.352	8.194.704	18.159.522
1857	136.555	3.000.610	494.917	4.500.134	658.301	1.917.974	9.418.718	19.778.150
1858	189.669	3.922.003	338.678	2.759.785	899.395	2.712.089	9.393.877	18.335.442
1859	203.167	4.063.340	325.294	2.399.250	694.702	3.431.819	9.894.409	19.559.254
1860	292.537	5.821.362	401.900	3.966.207	1.196.267	4.386.908	14.174.477	25.451.179
1861	319.692	6.118.875	494.368	4.910.773	809.733	2.961.315	14.000.963	20.349.634

L'importance de cette exportation a presque décuplé en sept ans; car, d'après ce tableau, sa valeur était, en 1854, de 4.316.616 piastres, et, en 1861, elle s'est élevée à 14.000.963 piastres.

Sur les 880 000 quintaux auxquels est montée la demande des fondeurs de Liverpool et de Swansea, pendant l'année 1862, les ports du Chili ont fourni 789 462 quintaux, ce qui est plus des 7/8 des quantités jugées nécessaires pour répondre aux besoins de l'industrie.

On voit donc qu'il existe une grande activité dans les expéditions

de cuivre du Chili ; cependant les mineurs se plaignent beaucoup des entraves qu'ils éprouvent dans leur exploitation par suite du droit que perçoit le Gouvernement Chilien. Ce droit est de 5 p. 100 sur une estimation de 14 piastres pour le quintal de cuivre en barres, et de 50 centièmes de piastre pour le minerai contenant 10 p. 100 de métal, en augmentant de 12 1/2 centièmes pour chaque 1 p. 100 de cuivre, et en diminuant de 5 centièmes pour chaque 1 p. 100 de baisse dans le titre.

La perception de ces taxes donne au trésor environ 1.000.000 de francs. Le ministre des finances a examiné, à différentes époques, des projets tendant à faire disparaître cet impôt pour donner tout l'essor désirable à l'industrie minière ; mais les déficits annuels des budgets n'ont pas permis jusqu'à ce jour d'introduire cette réforme, que les mineurs persistent à réclamer comme un moyen de les mettre à même, en diminuant leurs charges, de faire concurrence à l'Angleterre pour l'affinage définitif de leurs métaux.

Cependant cette somme approximative de 1.000.000 de francs que le fisc abandonnerait, paraît de peu d'importance dans le mouvement immense des capitaux que représente l'exportation des cuivres du Chili ; les motifs des pertes que les fondeurs chiliens ont subies lorsqu'ils ont voulu se livrer à l'affinage de leurs métaux sur les lieux, tiennent bien plus à l'intérêt élevé de l'argent qu'ils mettent dans leurs entreprises ; ils tiennent aussi aux prix excessifs des matières premières qui sont nécessaires à l'exploitation des usines, telles que l'huile, l'anthracite, les lignites, les briques et au taux élevé de la main-d'œuvre, etc., etc. ; enfin ces pertes proviennent surtout de l'absence de connaissances théoriques chez les personnes appelées en général à diriger ces établissements ; car la plupart suivent des routines opposées aux progrès que les sciences font faire tous les jours à l'exploitation des usines métallurgiques.

(Extrait d'une dépêche adressée à M. le Ministre des affaires étrangères par M. CAZOTTE, consul de France au Chili.)

Mine de cuivre et d'or de Remolinos au Chili.

La mine de Remolinos est une des plus anciennes du district de Copiapo. Il y a environ un siècle et demi qu'elle était exploitée comme mine d'or. Le minerai qui en provenait devait être d'une grande richesse, car le gouvernement espagnol la recommandait

déjà d'une manière toute particulière au gouverneur de la province de Copiapo. Cette mine n'est pas, à proprement parler, un gîte d'or, mais bien de cuivre aurifère. Jusqu'à ces derniers temps, elle a donné des minerais de cuivre sulfuré qui sont très-riches et très-estimés sur le marché de Copiapo. Elle est située à l'est du chemin de fer qui va de Copiapo à Pabellon, à 7 lieues à peu près de la station de Cerillos. Cette station est elle-même à 27 kilomètres de Copiapo, et donne lieu à une exportation de minerai de cuivre et d'argent.

Une usine d'amalgamation qui y fut établie il y a quelques années et qui est presque constamment en activité, contribue à donner quelque importance à cette station intermédiaire.

Les 7 lieues qui séparent Cerillos de la mine de Remolinos peuvent être parcourues par des charrettes, grâce à un chemin qui, quoique mauvais, est à la rigueur praticable.

Pour ce qui est de l'allure du gîte, de son exploitation antérieure et de sa richesse actuelle, voici les seuls renseignements qui aient pu être recueillis tant à Copiapo qu'à Cerillos. Le minerai de cuivre se présente en filon assez bien caractérisé par sa direction et son inclinaison. Sur l'un de ses côtés, court, et dans la même direction, une veine de quartz. Sauf aux affleurements où la ligne de démarcation cesse d'être visible, le filon cuivreux n'a jamais donné pour ainsi dire que des minerais de cuivre ; l'or se présente presque exclusivement dans la veine de quartz où il apparaît sous la forme de mouches, rarement filamenteuses, plus souvent en petits grains arrondis, disséminés dans la gangue quartzreuse d'une manière fort irrégulière. Ces deux filons, soudés en quelque sorte l'un à l'autre, ont présenté des alternatives de richesse et de pauvreté liées entre elles d'une façon fort curieuse. Tant que la partie cuivreuse est restée riche, la partie quartzreuse n'a pas donné d'or ; mais dès que le filon cuivreux s'est appauvri, la veine de quartz n'a pas tardé à s'enrichir en or.

C'est surtout près des affleurements que le minerai d'or a dû être abondant. Les anciens en ont extrait une assez grande quantité de minerais de cuivre dits *de color* dont plusieurs fragments étaient littéralement criblés de parcelles d'or. Ils ont ainsi poussé les travaux jusqu'à une profondeur de 70 mètres. Arrivés à ce niveau, comme la veine quartzreuse s'était appauvrie, en même temps que le filon cuivreux s'enrichissait de plus en plus en minerais sulfurés, les anciens abandonnèrent l'exploitation, le traitement des minerais de cette nature étant, en quelque sorte, inconnu à cette époque.

Aujourd'hui, les minerais sulfurés étant très-recherchés, surtout lorsqu'ils sont riches et purs comme ceux de la mine de Remolinos, les travaux ont été repris et poursuivis successivement jusqu'à une profondeur de 120 mètres. De la profondeur primitive de 70 mètres à celle de 80 mètres, le minerai s'est montré riche et abondant, sa teneur moyenne étant de 45 p. 100. La richesse et l'abondance se sont soutenues depuis; mais, avant d'arriver à la profondeur actuelle (120 mètres), on a vu, à deux reprises différentes, le filon s'étendre horizontalement, et donner naissance à deux amas ou nids qui en ont fait une des plus belles mines de cuivre sulfuré de la province d'Acatama. Le minerai s'y est effectivement présenté en quantité considérable, sa richesse ayant atteint le chiffre exceptionnel de 65 et 70 p. 100.

A cette profondeur de 120 mètres, à laquelle on est arrivé tout récemment, le filon de quartz, resté pauvre depuis longtemps, s'est tout à coup enrichi en or, ce métal précieux s'y trouvant disséminé comme aux affleurements, et, dit-on, avec la même profusion. Il y existe actuellement deux galeries (*labores*) qui sont en voie d'exécution à des niveaux différents, et dans la direction du filon; déjà l'on peut voir que la partie aurifère est circonscrite de toutes parts, et ne forme qu'une masse lenticulaire qui est très-réduite et fort irrégulière.

Le minerai d'or extrait de la mine de Remolinos, dans l'espace de moins d'un mois, contenait 74^g,597 de métal précieux, lequel s'achetait tout dernièrement à la monnaie de Santiago à raison de 775 piastres le kilogramme. Admettant cette dernière valeur, le minerai extrait, frais de traitement, perte et frais de transport déduits, représente une valeur de 52.031 \$ 71, soit 260.158^g,58. Ce résultat, malgré le rapide appauvrissement de la veine quartzreuse, ne laisse pas que d'être fort appréciable, d'autant plus que le filon cuivreux redevient très-riche et ne paraît pas devoir s'épuiser de sitôt.

Quoi qu'il en soit, le fait qui vient d'être observé dans la mine de Remolinos fait naturellement concevoir aux mineurs de Copiapo des espérances assez fondées de retrouver de l'or: aussi, en même temps que de nouvelles concessions sont demandées de toutes parts, on s'occupe déjà de poursuivre en profondeur les travaux autrefois entrepris et depuis longtemps abandonnés dans les mines de Jésus-Maria, Chaumonate, Cachiyugo, Llampas, Inca et autres situées dans les environs de Copiapo.

Quel sera le résultat de ces nouvelles recherches? Donnera-t-il aux mineurs de Copiapo quelque compensation de l'état actuel si

précaire de l'exploitation des gîtes argentifères? C'est ce dont il est permis de douter beaucoup, en admettant même que l'or reparaisse à la partie inférieure des filons anciennement exploités.

La plupart de ces mines se sont ébouloées et exigeront de grands efforts, beaucoup d'habileté et de capitaux pour être remises en état ou pour isoler complètement les nouveaux travaux des parties effondrées; et il est à craindre que l'on y enfouisse des capitaux supérieurs aux valeurs qu'on pourra en retirer, ainsi qu'il arrive la plupart du temps dans les mines du Chili, qui sont presque toutes définitivement appauvries à des profondeurs de 100, 200 et 300 mèt. au plus.

(Extrait d'une dépêche adressée à M. le Ministre des affaires étrangères par M. FLEURY, consul de France à Santiago du Chili.)

Combustible minéral découvert dans l'île de Cebu.

Des mines de combustible ont été découvertes, il y a quelques années, dans l'île de Cebu. L'administration de la marine des Philippines a fait faire des expériences sur ces combustibles, d'après les ordres du gouvernement espagnol. Les essais n'ont porté que sur des combustibles qui provenaient des couches superficielles et ils n'ont pas donné jusqu'ici des résultats satisfaisants. On pourra d'ailleurs en juger par l'analyse que nous allons donner des rapports des commandants de plusieurs bâtiments à vapeur sur lesquels ces essais ont eu lieu.

Sur la goélette de guerre *Valiente* on a employé le combustible de Cebu mêlé avec du charbon de Cardiff; on était obligé de nettoyer les fourneaux toutes les quatre heures, mais les tubes s'encrassaient très-peu. Le mélange de ces deux charbons produit une combustion assez satisfaisante, qui s'effectue en trente secondes et la vapeur s'obtient en une heure trois quarts avec une pression de 8^g,281. Toutefois la consommation est d'un cinquième plus grande que lorsqu'on brûle du Cardiff de qualité moyenne.

Comme le charbon de Cebu s'échauffe considérablement dans les soutes, il produit beaucoup de poussière; c'est pourquoi il est plus économique de n'employer ce combustible que mêlé en parties égales avec celui de Cardiff.

L'emploi du charbon des mines de Cebu qui a été fait sur le vapeur *Reina de Castilla* a donné de bons résultats. Le tableau suivant

fait connaître les épreuves comparatives auxquelles ce combustible a été soumis avec des charbons de Cardiff et d'Australie.

CHARBONS ESSAYÉS.	Poids à volume égal.	Pression moyenne par 2 centimètres carrés.	Dépense moyenne par heure et par cheval.	Nombre de révolutions par minute.	Pression indiquée par la machine.	QUANTITÉS des résidus.		
						Cendre.	Scorie.	Suie.
	kilog.	kilog.			p. 100.	p. 100.	p. 100.	
Cardiff.	100	3.220	4.601	19	2	8	3	1
Cardiff et Cebu mêlés en parties égales.	95	3.220	5.061	19	2	9	3	1
Cardiff et Australie mêlés en parties égales.	96	3.220	4.624	19	2	7	4	1,5

Le charbon de Cebu employé par le vapeur de guerre *Patino* pour la traversée de Manille à Hong-Kong, a donné un résultat très-médiocre. Il brûle avec facilité et la consommation en est considérable. Ce charbon peut s'enflammer spontanément, si on le met dans des soutes qui soient en contact avec les chaudières, ce qui est dû sans doute à la grande quantité de gaz hydrogène carboné qu'il renferme.

Enfin la goëlette de guerre *Constancia* a essayé du combustible de Cebu provenant des derniers puits qui ont été ouverts à Linaan. A première vue et comparé à celui qui a été extrait des couches plus superficielles, il paraît plus pesant et moins brillant; mais, au dire des mécaniciens qui l'ont examiné, il ne réunit pas les conditions du charbon d'Australie. On l'a d'abord employé seul, puis mêlé en différentes proportions avec du Cardiff; on n'a obtenu des résultats passables qu'en le combinant avec deux parties de ce dernier charbon, et encore la consommation en était-elle exorbitante. On a remarqué que, lorsqu'il est en ignition, il produit beaucoup de fumée et laisse dans les fourneaux une assez grande quantité de scorie. On ne l'a pas conservé assez longtemps dans les soutes pour savoir s'il s'enflamme spontanément; mais il est certain qu'il s'échauffe facilement lorsqu'il est renfermé, et qu'il est prudent de ménager des ventilateurs dans les soutes pour pouvoir le transporter.

(Dépêche de M. MÉCHAIN, consul de France aux îles Philippines.)

Prix proposés par la conférence des chemins de fer belges.

La conférence des chemins de fer belges a ouvert un concours sur les deux questions suivantes :

1° Quelles modifications devraient être introduites dans nos lois pour mettre la législation qui régit les transports de voyageurs et de marchandises en harmonie avec les faits nouveaux, et notamment pour régler, d'après les principes de l'équité, les obligations réciproques de l'expéditeur et du transporteur par chemin de fer, de manière à garantir tous les intérêts?

2° Quelle est en Belgique l'influence des pentes et des rampes sur les dépenses d'exploitation des chemins de fer?

Un prix de 1.000 francs sera remis à l'auteur du meilleur mémoire sur chacune de ces deux questions. Les mémoires seront adressés, avant le 1^{er} novembre 1864, au secrétaire de la conférence, Galerie-du-Roi, à Bruxelles.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME CINQUIÈME.

MINÉRALOGIE. — GÉOLOGIE.

	Pages.
Sur les grandes masses d'aérolithes trouvées dans le désert d'Atacama (Chili); par M. <i>Domeyko</i>	432
Notice sur quelques nouveaux minéraux du Chili; par M. <i>Domeyko</i>	435
Recherches sur la substance terreuse qui accompagne les minerais de mercure au Chili; par M. <i>Domeyko</i>	461

CHIMIE.

»

MÉTALLURGIE. — MINÉRALURGIE.

Rapport sur l'assainissement des fabriques ou des procédés d'industrie insalubres en Angleterre; par M. <i>de Freycinet</i> , ingénieur des mines.	2
Note sur une nouvelle méthode de chargement des hauts fourneaux; par M. <i>Escalle</i>	219

MÉCANIQUE. — EXPLOITATION.

Note sur un accident survenu à la chaudière du bateau à vapeur l' <i>Honorine</i> ; par M. <i>Callon</i> , ingénieur en chef, professeur à l'École des mines.	115
Rapport sur l'explosion d'une chaudière à vapeur à l'usine de Saint-Louis, près Marseille; par M. <i>Villot</i> , ingénieur des mines.	125

	Pages.
Rapport sur un appareil respiratoire de M. Galibert; par M. <i>Callon</i>	131
Notice sur les sondages exécutés de 1859 à 1862, dans le territoire militaire de la province d'Alger; par M. <i>Ville</i> , ingénieur en chef des mines.	177
Extrait d'un rapport sur l'explosion d'une locomotive du chemin de fer de Paris à Lyon par le Bourbonnais; par M. <i>Jutier</i> , ingénieur des mines.	177
Note sur un procédé de transformation pour les engrenages de roulements cylindriques ou coniques; par M. <i>Haton de la Goupillière</i> , ingénieur des mines.	333
Notice sur les sondages exécutés dans le territoire civil de la province d'Alger pendant les années 1860, 61 et 62; par M. <i>Ville</i> , ingénieur en chef des mines.	345
Explosion d'un appareil à concentrer les sirops dans la fabrique de sucre de M. <i>Théry</i> à Séraucourt (Aisne). — Rapports des ingénieurs, et avis de la commission centrale des machines à vapeur.	475
Rapport sur l'explosion d'une chaudière à vapeur, à Carmeaux (Tarn); par M. <i>Liénard</i> , ingénieur des mines.	495

CONSTRUCTION ET CHEMINS DE FER.

Compte rendu d'une explosion faite le 2 octobre 1863, sur le chemin de fer de Saint-Gobain, avec une locomotive à quatre cylindres et à douze roues couplées du chemin de fer du Nord; par M. <i>Pétiet</i> , chef de l'exploitation du chemin de fer du Nord.	137
Note sur l'application du système Beugnot à une locomotive, à douze roues, du chemin de fer du Nord; par M. <i>Beugnot</i> , ingénieur des usines de MM. Kœchlin et C ^e	145
Compte rendu de l'expérience faite le 21 janvier 1864 sur la locomotive à douze roues, munie des balanciers de M. Beugnot; par M. <i>Pétiet</i>	140
Rapport au ministre sur la machine locomotive à quatre cylindres et à douze roues couplées de M. <i>Pétiet</i> , avec application du système Beugnot; par M. <i>Couche</i> , ingénieur en chef du contrôle, professeur à l'École des mines.	157
Lettre au secrétaire de la commission des <i>Annales</i> sur l'appareil fumivore de M. <i>Friedmann</i> ; par M. <i>Vuillemin</i> , ingénieur du matériel au chemin de fer de l'Est.	175

	Pages.
De l'échappement des locomotives; par M. <i>Zeuner</i> , professeur à l'École polytechnique de Zurich. (Extraits par M. <i>Piron</i> , ingénieur des mines.)	265
Note sur un marteau-pilon à vapeur pour enfoncer les pieux, de M. <i>Riggenbach</i> , ingénieur du matériel du chemin de fer Central-Suisse; par M. <i>Lebleu</i> , ingénieur des mines.	329
Note sur l'exploitation du Semmering en 1863; par M. <i>Desgranges</i> , ingénieur du matériel du chemin de fer Sud-Austriechien.	419

BULLETIN.

Anthracite du Valais, 495. — Lignite et jayet du canton de Berne, 496. — Richesse des bassins houillers de l'Angleterre, 496. — Accidents arrivés dans les mines de l'ouest de l'Écosse, en 1862, 497. — Production métallurgique en Russie, 500. — Exploitations aurifères de la Russie, 503. — Industrie minière du Haut et du Bas-Canada, 505. — Industrie minière du Chili, 507. — Mine de cuivre et d'or de Remolinos au Chili, 510. — Combustible minéral découvert dans l'île de Cebu, 513. — Prix proposés par la conférence des chemins de fer belges, 515.

EXPLICATION DES PLANCHES

DU TOME CINQUIÈME.

Pl. I, II, III et IV. *Assainissement des fabriques en Angleterre.* Page 1Pl. I. — *Fig. 1 et 2.*

- M Meule à repasser.
- A Point où l'ouvrier présente les aiguilles.
- BCD Enveloppe en fer-blanc, entourant une moitié de la meule et communiquant à un ventilateur.
- CC Porte par laquelle on enlève la poussière du repassage.
- V Ventilateur à palettes.

Fig. 3, 4 et 5.

- F Foyer de combustion.
- GG Parcours des flammes du foyer.
- MM Sole de calcination du minerai.
- A Entrée de l'air extérieur pour l'oxydation du minerai.
- C Carneau de dégagement communiquant aux chambres de plomb.

Fig. 6 et 7.

- M Four à ciment.
- C Carneau annulaire dans lequel se rassemblent les gaz.
- GH Parcours des gaz.
- V Ventilateur.
- P Foyer garni de coke sur lequel passent les gaz du four.
- Q Amas de coke recevant une pluie d'eau froide.

Fig. 8 et 9.

- Q Chaudière pour la fonte du suif.
- AB Tuyau de dégagement des vapeurs.
- B Couvercle mobile permettant l'accès de l'air.
- CC Carneau dans lequel se rencontrent les vapeurs des chaudières et les flammes des foyers.

Fig. 10.

- Q Chaudière pour la fonte du suif.
 TT Fermeture hydraulique du trou de service.
 ABEC Tuyau de dégagement des vapeurs.
 EF Pomme d'arrosoir lançant une pluie d'eau froide de bas en haut.
 D Conduit souterrain recevant les eaux de condensation des diverses chaudières.

Pl. II. — Fig. 1 et 2.

- G Appareil de chauffage au gaz.
 C Chaudière à préparer le vernis.
 A Orifice au centre du couvercle permettant l'entrée de l'air extérieur.
 BD Tuyau de dégagement des vapeurs et de l'air mélangés.
 V Ventilateur.
 EEE Colonnes dans le parcours desquelles s'effectue la condensation des vapeurs.
 KK Baquet où se réunit le liquide de la condensation.

Fig. 3, 4 et 5.

- FF Foyer incliné.
 A Trou de chargement.
 B Orifice pour ringarder le feu.
 CDE Parcours des gaz du foyer.

Fig. 6.

- FF Foyer.
 A Trou de chargement.
 B Introduction de l'air.
 CC Briques percées de trous à travers lesquels l'air s'échauffe au passage.
 D Orifice par lequel l'air échauffé se précipite à la rencontre des gaz du foyer.

Fig. 7.

- abcd Chaudière à vapeur.
 AA, AA Foyers.
 B, B Orifice près de l'autel par lequel s'échappent les gaz du foyer.
 C Chambre de combustion du gaz.
 tt Tubes vaporisateurs.
 D Carneau de sortie des flammes.

Fig. 8, 9 et 10.

- F Foyer.
 CC Cheminée.
 a, a, a Orifices de dégagement de la fumée.

Pl. III et IV. Les indications nécessaires sont inscrites sur les planches elles-mêmes.

Pl. V. — Fig. 1 à 6. *Explosion d'une chaudière à vapeur à l'usine Saint-Louis, près Marseille.*

Fig. 7. *Appareil respiratoire de M. Galibert :*

- CCC Réservoir d'air à la pression atmosphérique.
 AA'A" Tube en caoutchouc partant de l'embouchure D, et se fixant au réservoir C, où il apporte les produits de la respiration.
 BB'B" Tube en caoutchouc partant de la même embouchure D, et se rendant dans le même réservoir C. Il est destiné à conduire dans le poumon l'air propre à la respiration.
 E Pince-nez destiné à empêcher l'introduction de tout liquide ou de tout gaz méphitique dans les fosses nasales.
 D Embouchure en bois ou en ivoire ayant la forme et la dimension de la bouche humaine ouverte. Elle est percée de deux trous, à chacun desquels se fixent les tubes A et B.
 F Ceinture en cuir destinée à fixer le réservoir C au tiers du corps de l'opérateur.
 G Bretelles en cuir destinées à supporter le réservoir C.

Le texte auquel se rapportent les fig. 8 à 10 appartient à la livraison suivante.

Pl. VI et VII. *Machine à 4 cylindres et à 12 roues couplées de M. Pétiet.*
 Pages. 137, 145, 149, 153

Pl. VI, fig. 1, et Pl. VII, fig. 1 et 2. *Élévations et coupes de la machine.*

Pl. VI, fig. 2 à 6, et Pl. VII, fig. 3. *Plan et coupes de la même machine, avec application des balanciers de M. Beugnot.*

Pl. VII, fig. 4. *Tracé (exagéré) de la position des essieux en courbe.*

Pl. VII, fig. 5 et 6. *Profil en long et tracé de la ligne de Saint-Gobain, sur laquelle les expériences ont été faites.*

Pl. VIII.

Fig. 1 à 7. *Sondages exécutés dans le territoire militaire de la province d'Alger.* Page. 177

Fig. 8 à 11. *Marteau à vapeur pour enfoncer les pieux.* Page. 329

Fig. 8. *Élévation.*

Fig. 9. *Coupe verticale.*

Fig. 10. *Projection horizontale.*

Fig. 11. *Coupe horizontale.*

Pl. IX. *Explosion d'une chaudière de locomotive sur le chemin de fer du Bourbonnais.* Page. 239

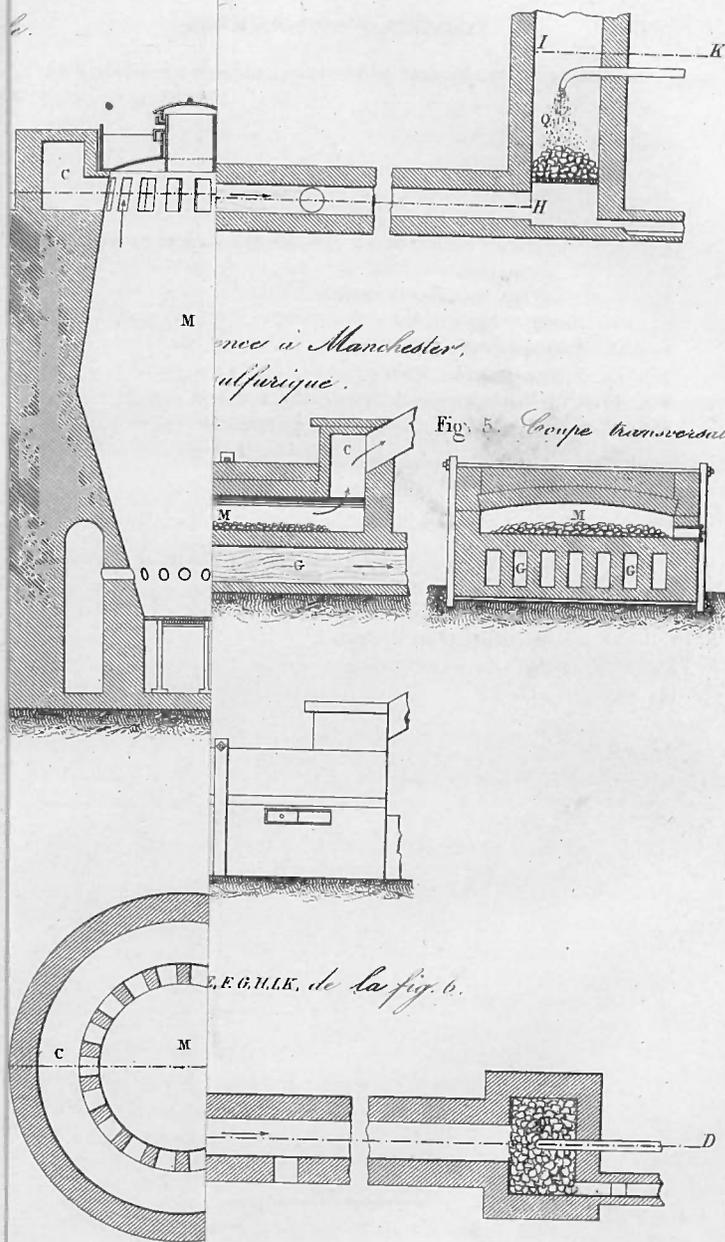
Pl. X. Sondages exécutés dans le territoire civil de la province d'Alger. Page. 345

- Fig. 1 et 2. Chèvre.
- Fig. 3, 4, 6. Balancier pour le battage.
- Fig. 5. Levier *hk* pour la manœuvre du balancier *2a*.
- Fig. 6. Rabat *qr*, qui renvoie le balancier.
- Fig. 7, 8. Mécanisme qui fait ouvrir et fermer les crochets du trépan à chute libre.
- Fig. 9. Assemblage des tubes de retenue.
- Fig. 10. Rivoir.
- Fig. 11. Trépan à glissière.
- Fig. 12. Trépan à oreilles mobiles.
- Fig. 13 et 14. Balancier pour le dégagement de l'autel.
- Fig. 15. Coupe des sondages du gué de Constantine dans la vallée de l'Harrach.
- Fig. 16. Outil à chute libre de M. Sauvy.

Pl. XI.

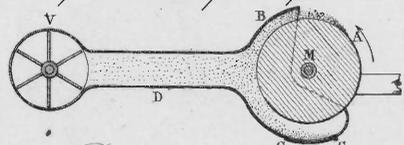
- Fig. 1, 2 et 3. Explosion d'un appareil de concentration à double effet, à Séraucourt (Aisne). Page. 481
- Fig. 4 et 5. Explosion d'une chaudière cylindrique à bouilleurs, à Carmeaux (Tarn). Page. 493

FIN DU TOME CINQUIÈME.



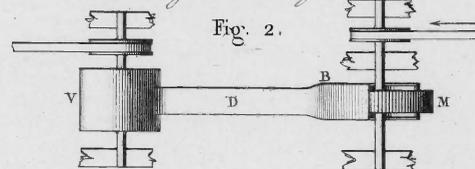
Ventilateur pour le repassage des aiguilles de M^r. Thomas et fils à Redditch.

Fig. 1. Coupe verticale par le plan de la meule.



Projection horizontale

Fig. 2.



Combustion des vapeurs dégagées dans la fabrication de la gélatine chez M^r. Tickers à Manchester.

Fig. 8. Coupe transversale par la ligne L.M. du plan

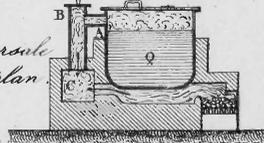
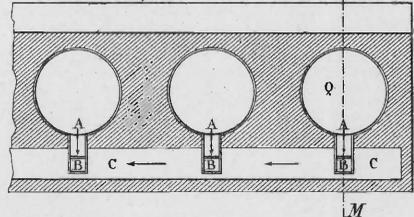
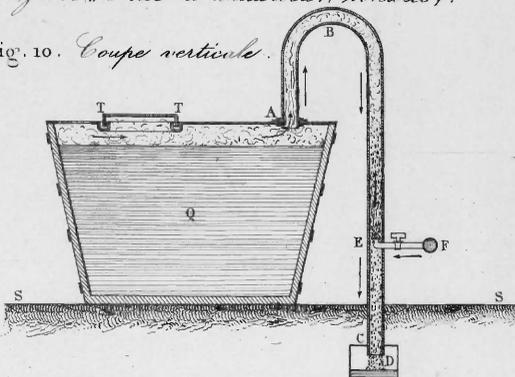


Fig. 9. Coupe horizontale.



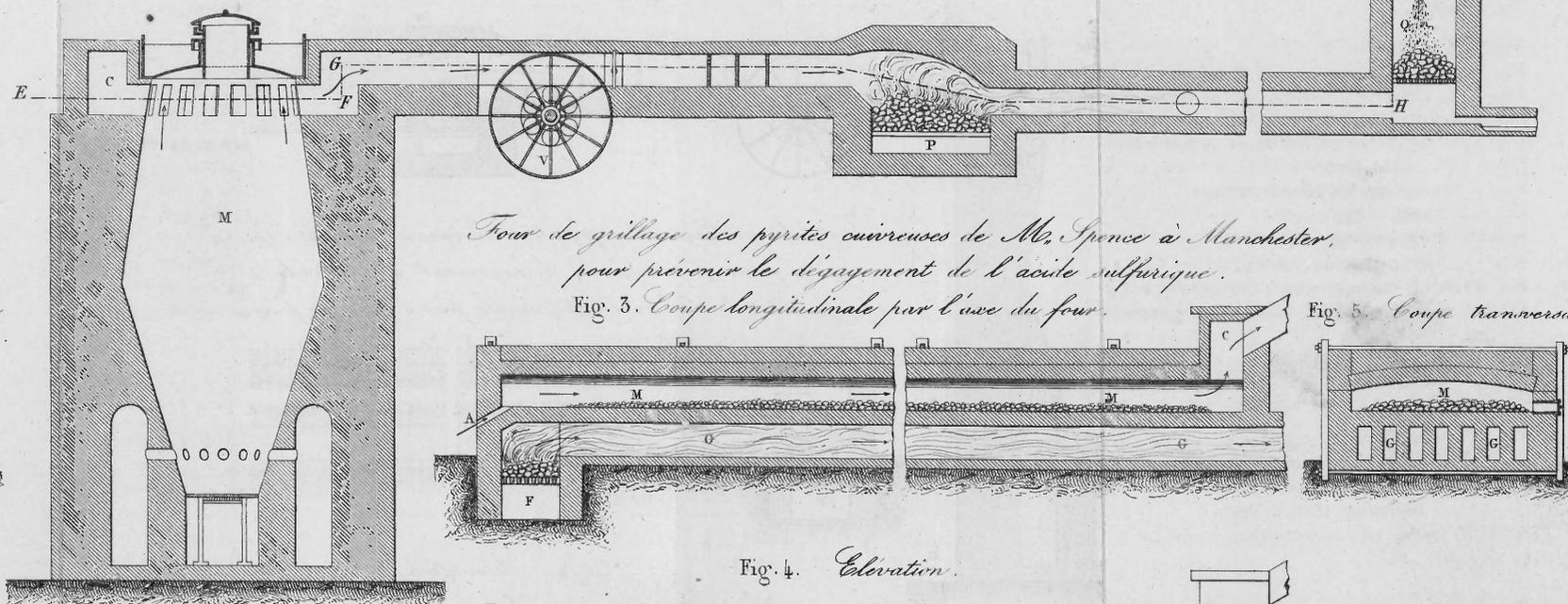
Cuve à fondre le suif chez M^r. Price à Battersea. (Londres).

Fig. 10. Coupe verticale.



Fours à ciment de M^r. Campbell à Woultham Valley.

Fig. 6. Coupe verticale par la ligne brisée A.B.C.D. du plan.



Four de grillage des pyrites cuivreuses de M^r. Spence à Manchester, pour prévenir le dégagement de l'acide sulfurique.

Fig. 3. Coupe longitudinale par l'axe du four

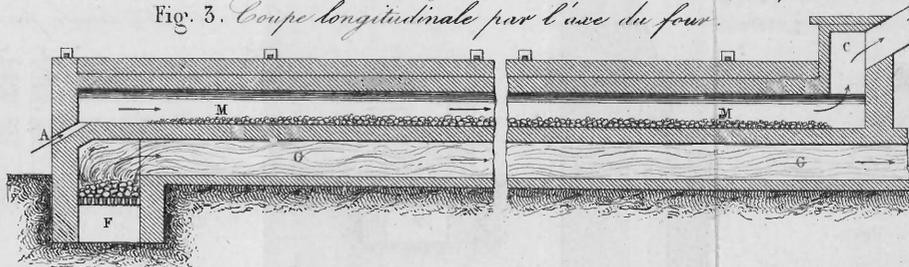


Fig. 5. Coupe transversale

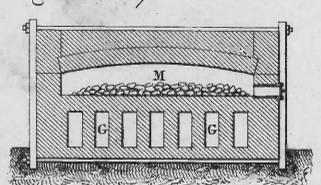


Fig. 4. Elevation.

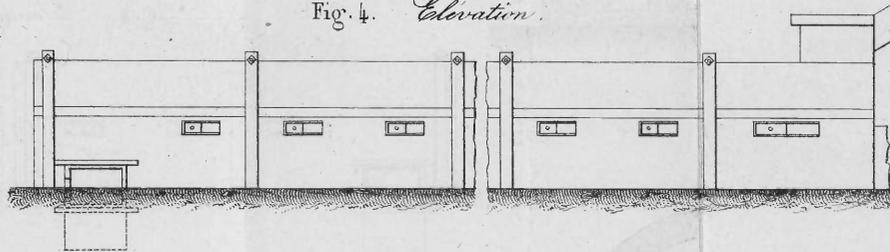
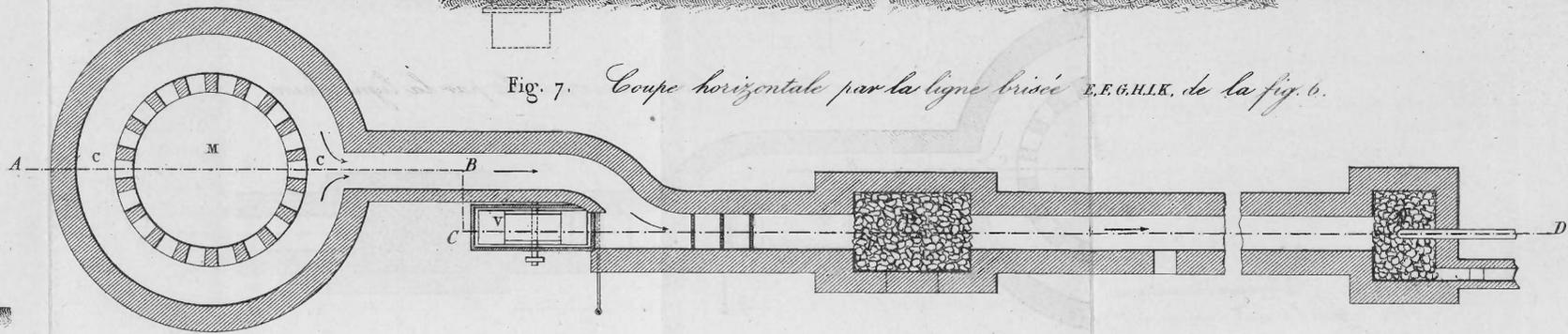


Fig. 7. Coupe horizontale par la ligne brisée E.F.G.H.I.K. de la fig. 6.



Appareil à condenser les vapeurs de verres, chez M. Heywood, à Selington, (Londres)

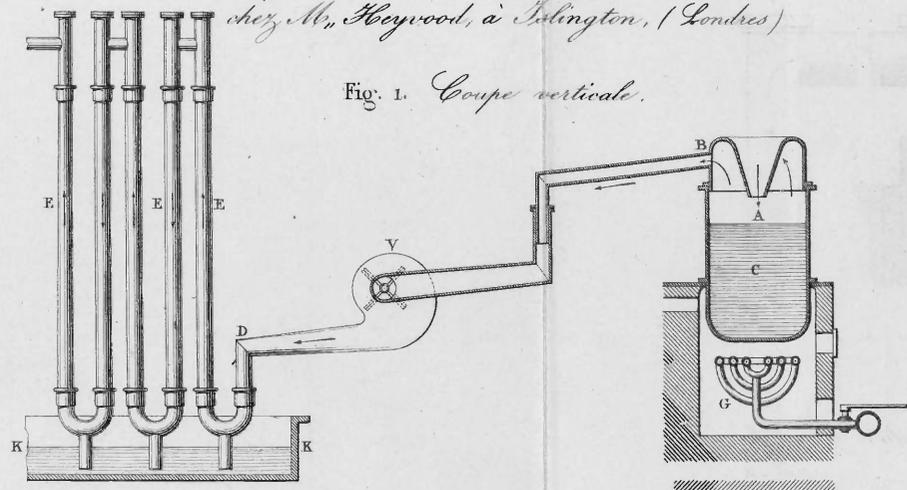


Fig. 1. Coupe verticale.

Foyer fumivore de M. Siemens employé dans les fours à verrerie de M. Chance, à Birmingham

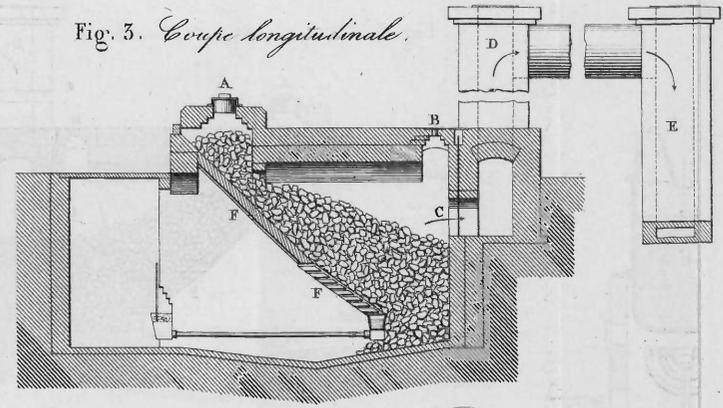


Fig. 3. Coupe longitudinale.

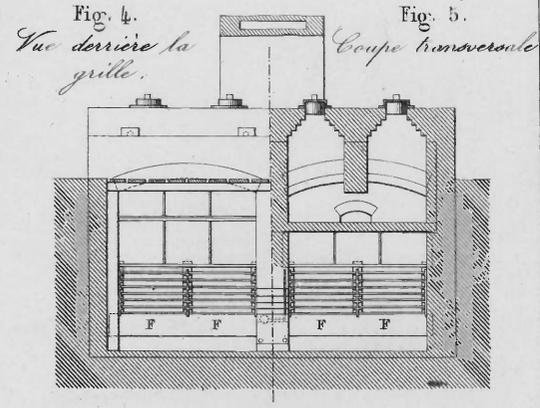


Fig. 4. Vue derrière la grille.

Fig. 5. Coupe transversale.

Foyer fumivore des fours à poteries de M. Doullon, à Lambeth.

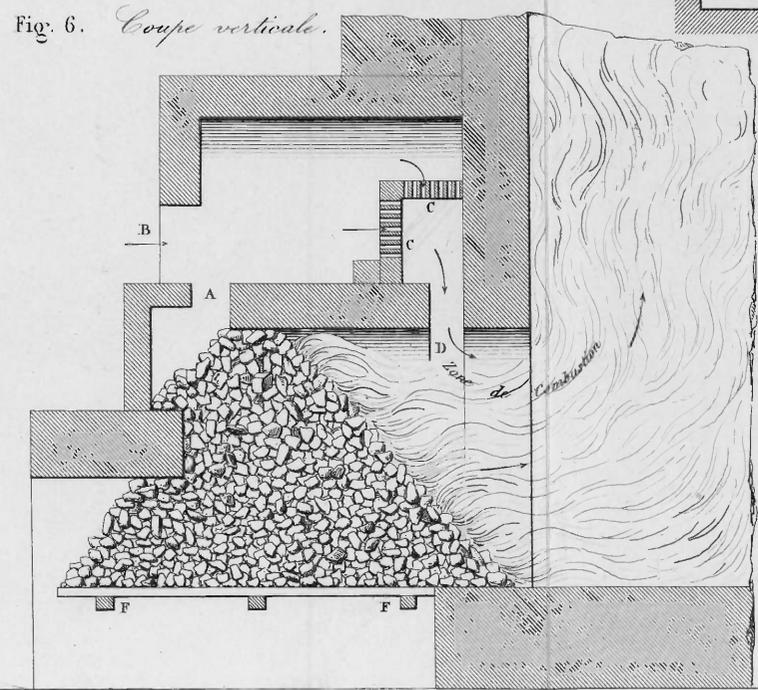


Fig. 6. Coupe verticale.

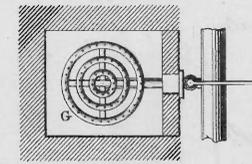


Fig. 2. Plan du foyer.

Disposition d'un foyer domestique fumivore assez répandu à Londres et à Manchester.

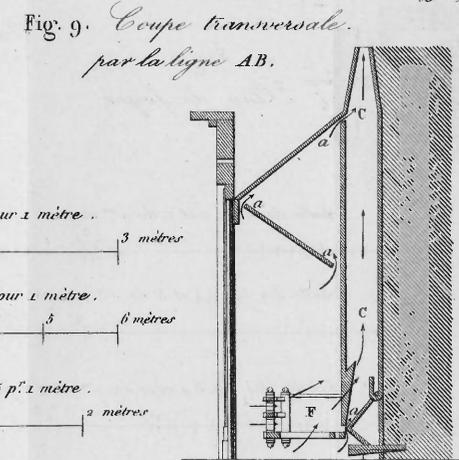


Fig. 9. Coupe transversale par la ligne AB.

Echelle des Fig. 1, 2 et 7, de 0^m 02 pour 1 mètre.
Echelle des Fig. 3, 4 et 5, de 0^m 01 pour 1 mètre.
Echelle des Fig. 8, 9 et 10, de 0^m 025 p. 1 mètre.

Chaudière fumivore de M. Whitworth à Manchester. Fig. 7. Coupes horizontales à la hauteur des grilles.

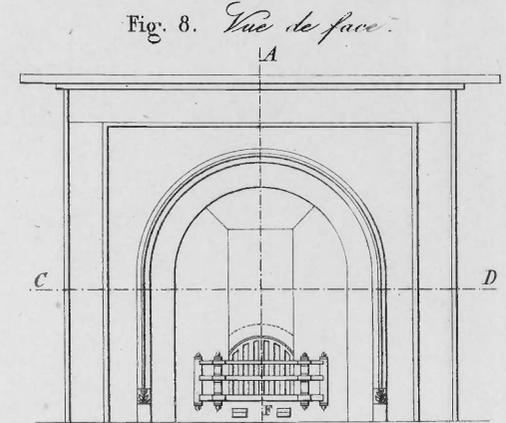
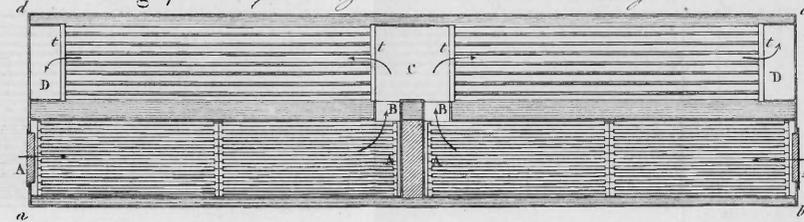
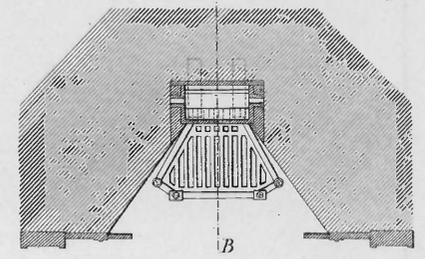


Fig. 8. Vue de face.

Fig. 10. Coupe horizontale par la ligne C.D.



Désinfection de l'air dans les égouts par les filtres au charbon de bois (ancienne disposition fig 1 à 5.)
 Coupe verticale par la C ligne AB de la fig. 4. Coupe par CD de la fig. 1. Coupe par CEFG de la fig. 1.

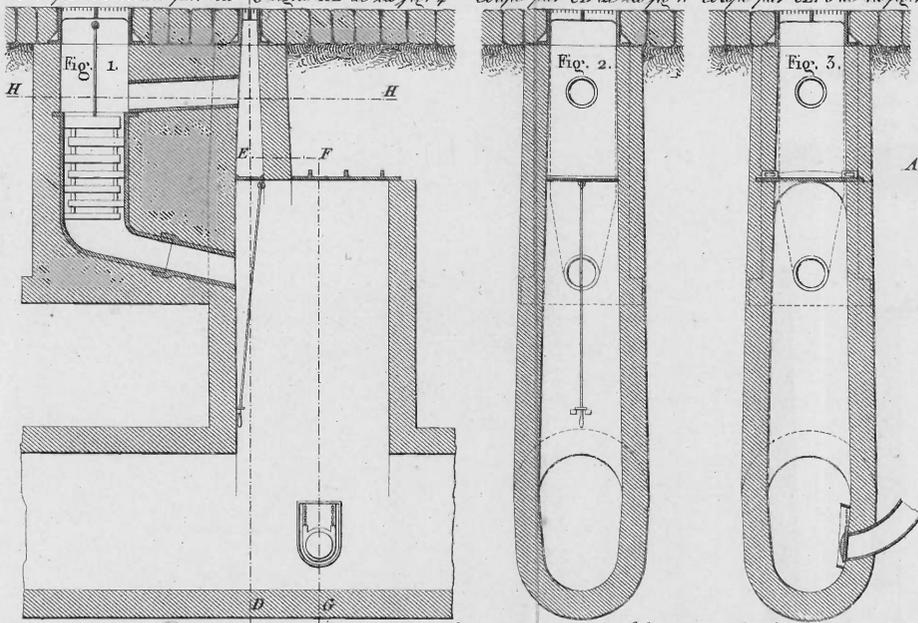


Fig. 4. Projection horizontale.

Fig. 5. Coupe horizontale par la ligne HH de la fig. 1.

Ventilation des égouts dans la Cité de Londres.

Nouvelle disposition pour l'application des filtres au charbon de bois sur la façade des maisons. fig. 14 à 16.

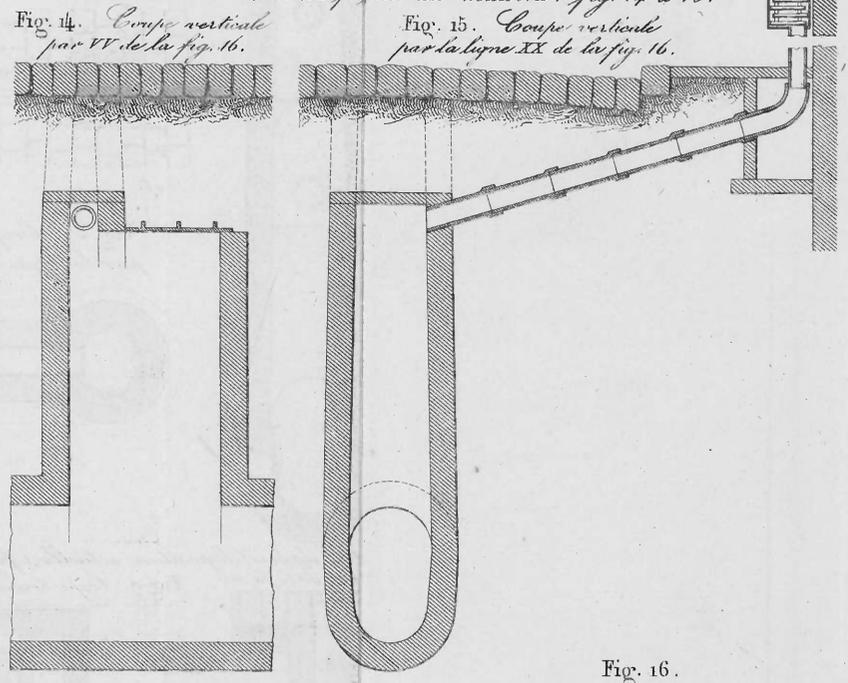


Fig. 14. Coupe verticale par VV de la fig. 16.

Fig. 15. Coupe verticale par la ligne XX de la fig. 16.

Fig. 16.

Désinfection de l'air dans les égouts par les filtres au charbon de bois (disposition actuelle, fig. 6 à 13.)
 Coupe verticale I par la ligne IK de la fig. 9. Coupe par LMNO de la fig. 6. Coupe par LMPQ de la fig. 6.

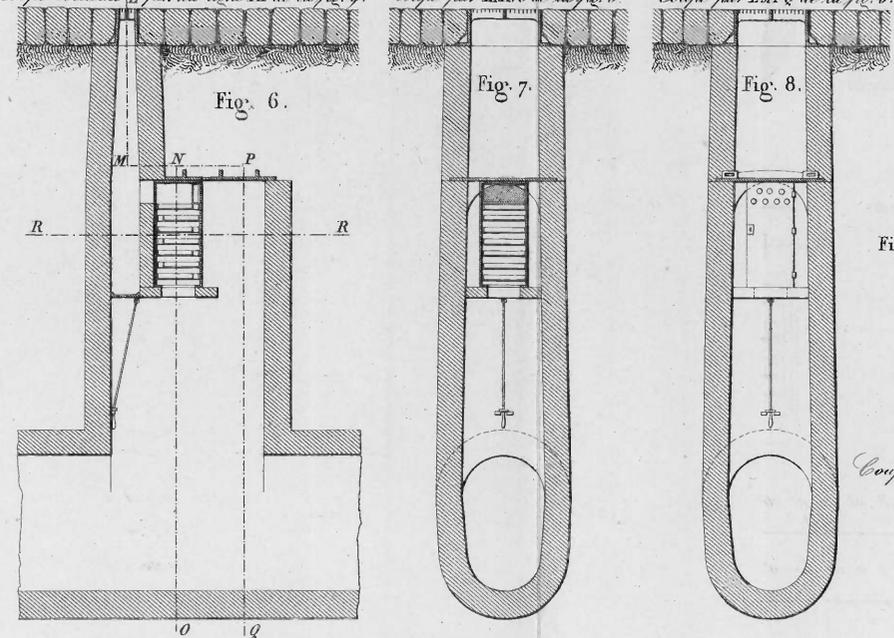
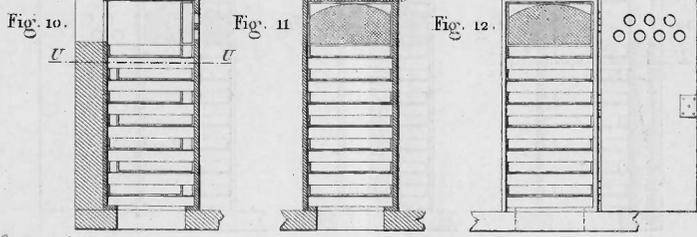


Fig. 9. Coupe horizontale par RR de la fig. 6.

Boîte désinfectante.
 Coupe par SS de la fig. 13. Coupe par TT de la fig. 13. Vue du filtre, la porte ouverte.



Coupe horizontale par UU de la fig. 10.

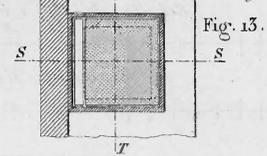
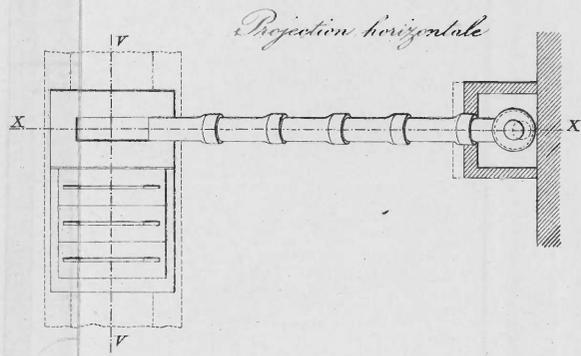


Fig. 13.



Projection horizontale

Echelle des Fig. 1 à 8 et 14 à 16 de 0^m 05 pour 1 mètre.

Echelle des Fig. 9 à 13 de 0^m 03 pour 1 mètre.

Purification des eaux d'égout à Birmingham (ancienne disposition fig. 1 à 4)

Fig. 1. Coupe longitudinale par la ligne brisée A.B.C. de la fig. 2.

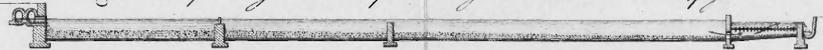


Fig. 2. Projection horizontale

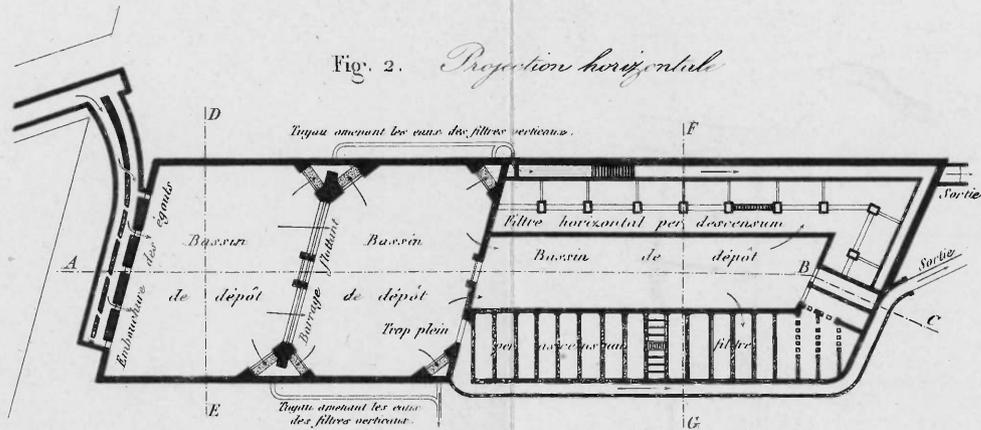


Fig. 3. Coupe verticale par la ligne D.E.



Fig. 4. Coupe verticale par la ligne E.G.



Purification des eaux d'égout à Cheltenham (fig. 6 à 8)

Fig. 6. Coupe verticale par la ligne H.I. de la fig. 8.

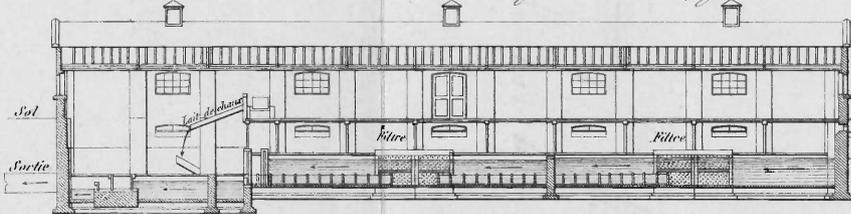


Fig. 7. Coupe verticale par la ligne K.L. de la fig. 8.

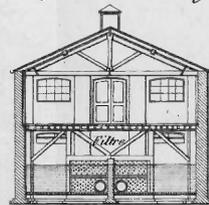
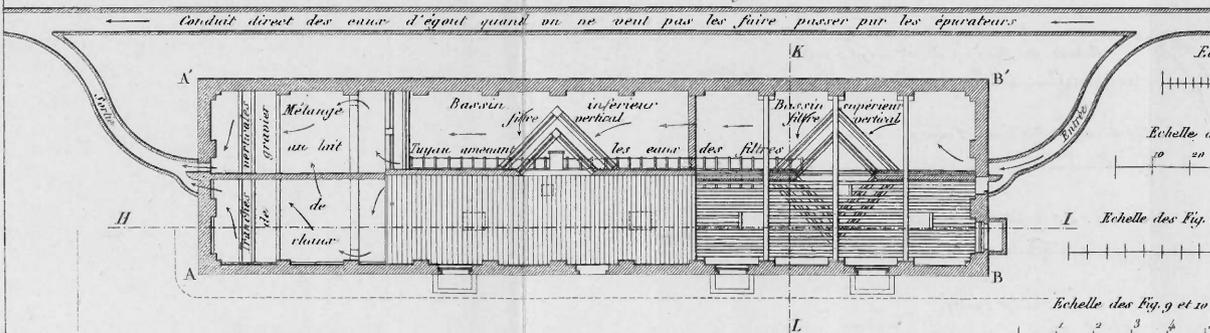


Fig. 8. Plan des ouvrages.



Echelle des Fig. 1 à 4 de 0^m au p^t 1 mètre

Echelle de la Fig. 6 de 0^m au p^t 1 mètre

Echelle des Fig. 6 à 8 de 0^m au p^t 1 mètre

Echelle des Fig. 9 et 10 de 0^m au p^t 1 mètre

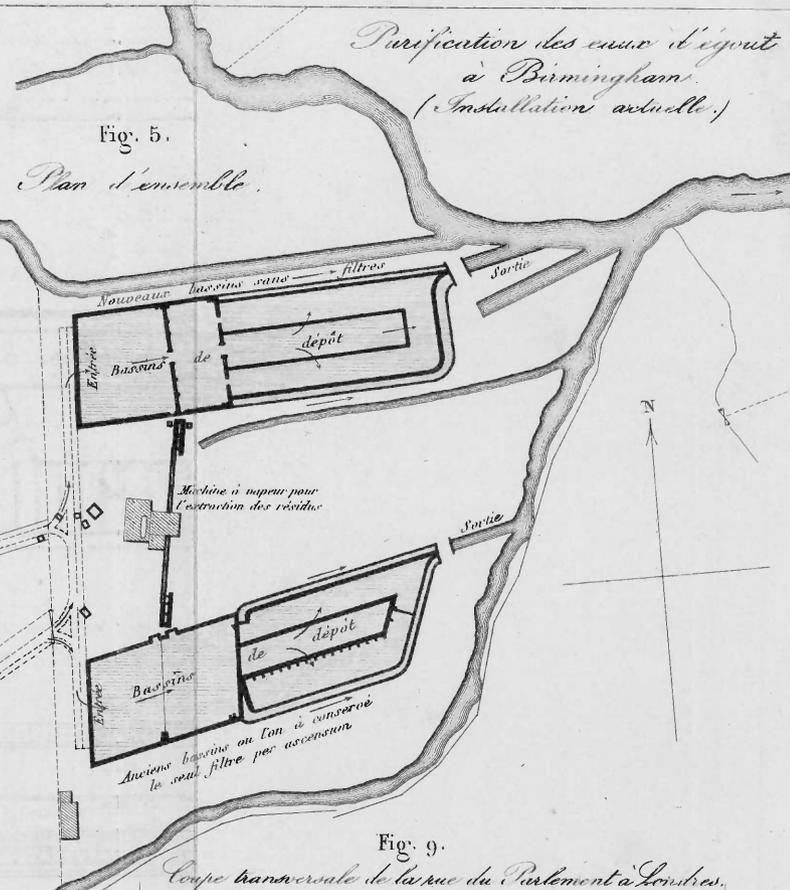


Fig. 5.

Plan d'ensemble.

Fig. 9.

Coupe transversale de la rue du Parlement à Londres.

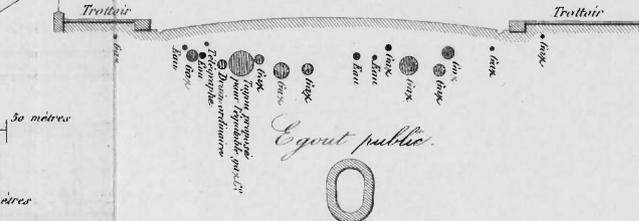


Fig. 10. Autre coupe de la même rue



Fig. 8. *Nouvel appareil de chargement des hauts fourneaux.*
Coupe verticale par la ligne ABCD. de la fig. 9.

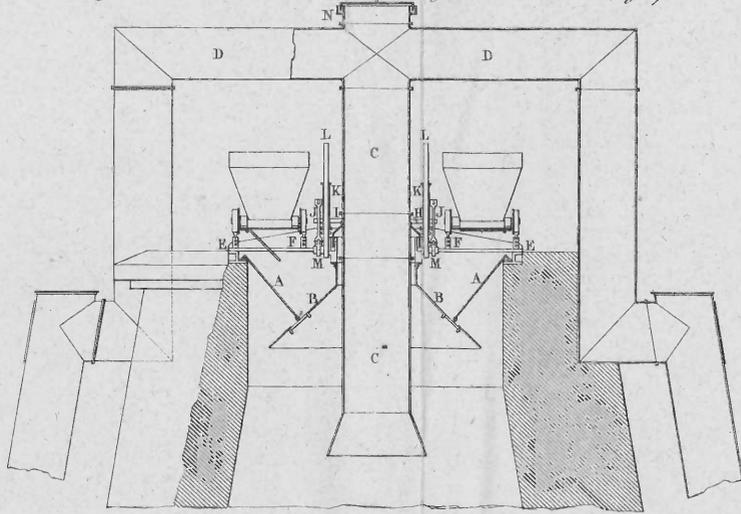
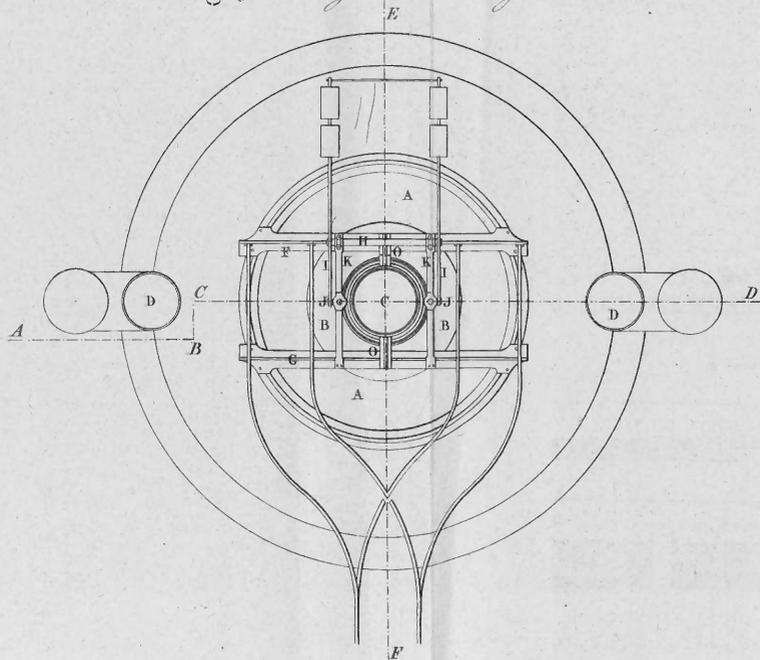


Fig. 9. *Projection horizontale.*



Echelle des Fig. 8 à 12 de 0^m ou pour 1 mètre.

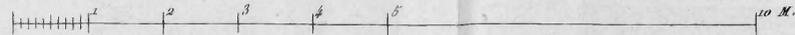


Fig. 10. *Coupe verticale par la ligne EF de la fig. 9.*

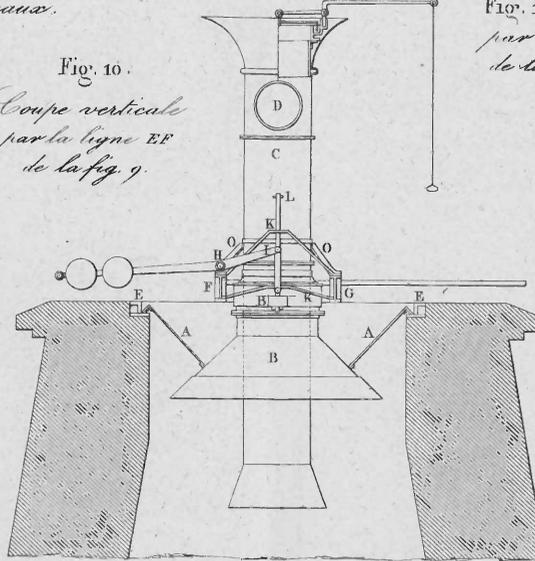


Fig. 11. *Coupe verticale par la ligne GHIKL de la fig. 12.*

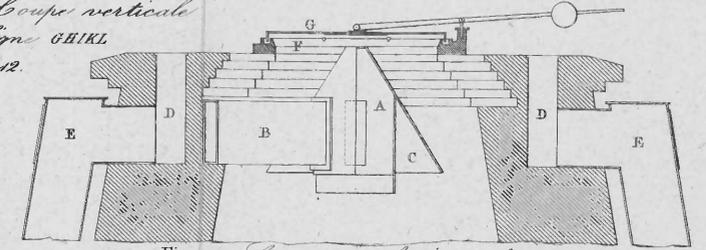
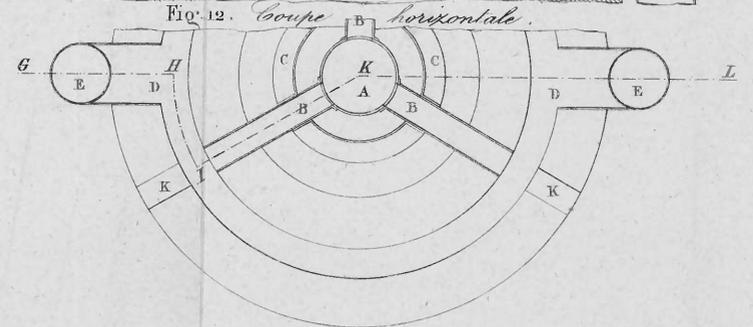


Fig. 12. *Coupe horizontale.*



Appareil respiratoire de M. Gaultier.

Fig. 7.



Explosion d'une chaudière à vapeur à l'usine de St. Louis. Plan d'ensemble.

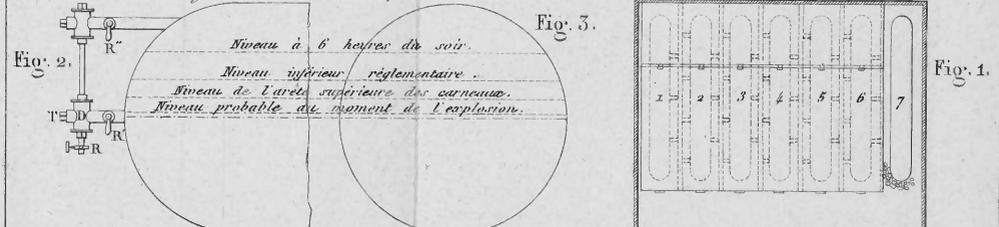


Fig. 2.

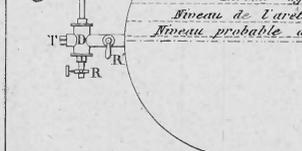


Fig. 4. *Coupe longitud. de la chaudière.*

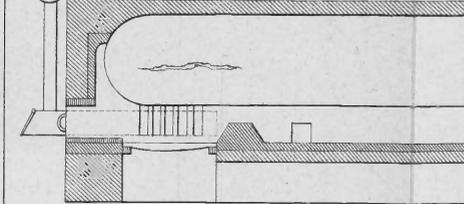


Fig. 6. *Coupe transversale des maistris.*

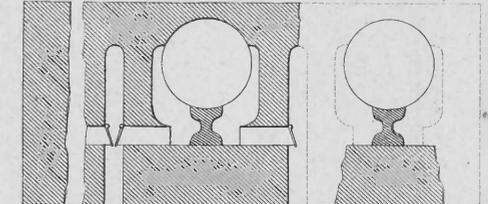
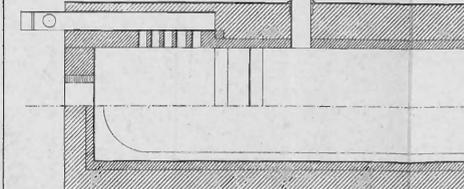


Fig. 5. *Coupe horizont. par l'axe des tuyaux de vent.*



Echelle de la Fig. 1. de 0^m 003 p^r 1 mètre

Echelle des Fig. 2 et 3. de 0^m 025 p^r 1 mètre

Echelle des Fig. 4, 5 et 6. de 0^m 01 p^r 1 mètre

Echelle des Fig. 7. de 0^m 01 p^r 1 mètre

Locomotive à marchandises N.° 605 à quatre cylindres et six essieux couplés. (Chemin de fer du Nord.)

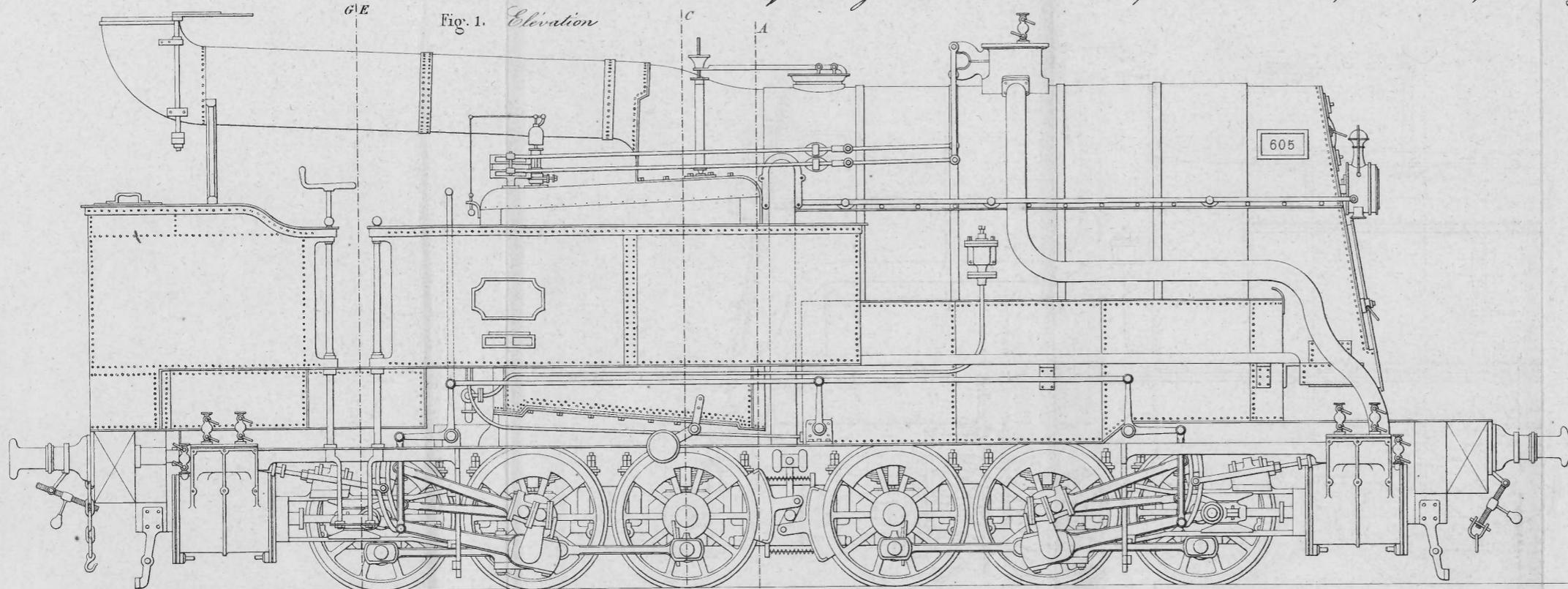


Fig. 4. Coupe verticale par la ligne CD

Fig. 3. Coupe verticale par la ligne AB.

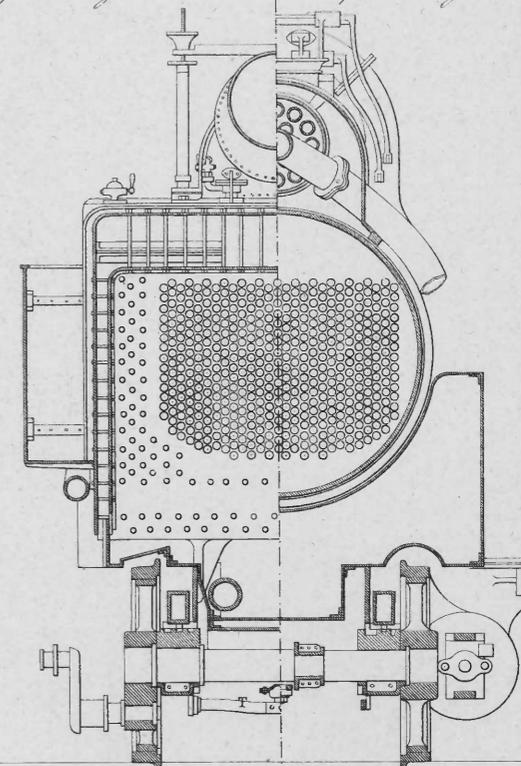


Fig. 2. Plan et Coupes des roues avec application aux essieux du système Beugnot.

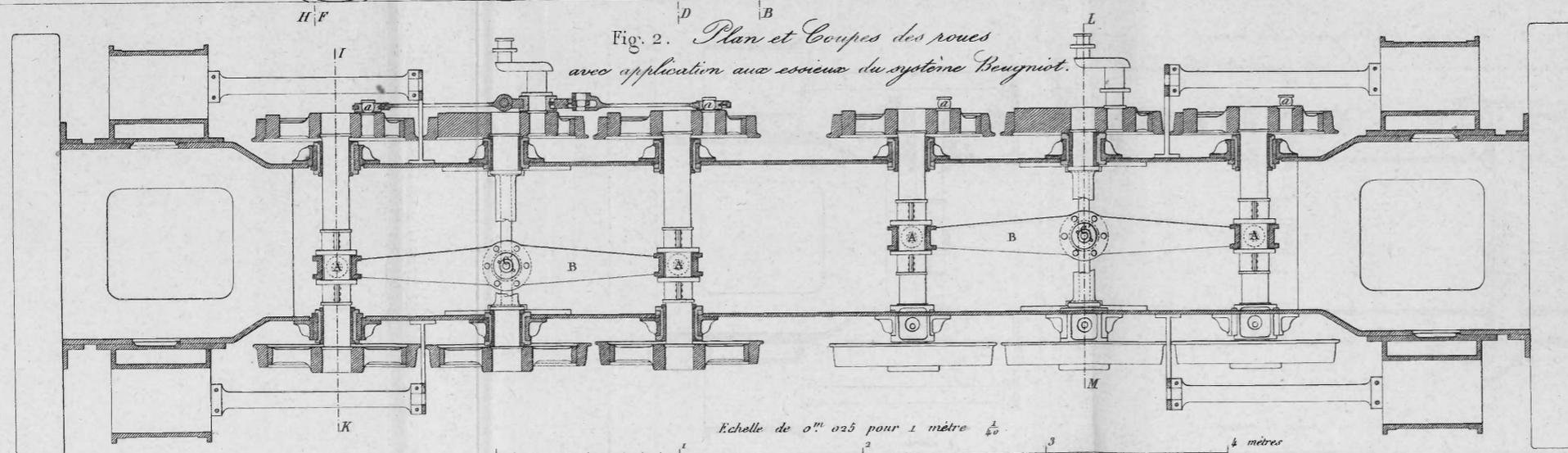


Fig. 5. Coupe verticale par la ligne IK de la fig. 2.

Fig. 6. Coupe verticale par la ligne I.M. de la fig. 2.

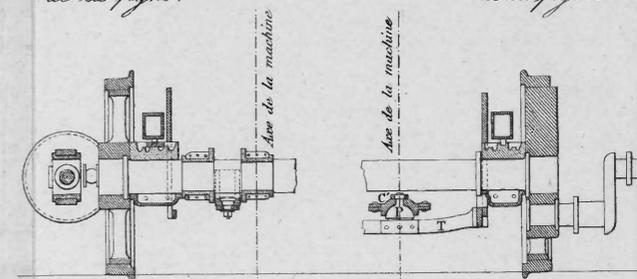


Fig. 1. Coupe par la ligne EF. de la fig. 1. Pl. VI.

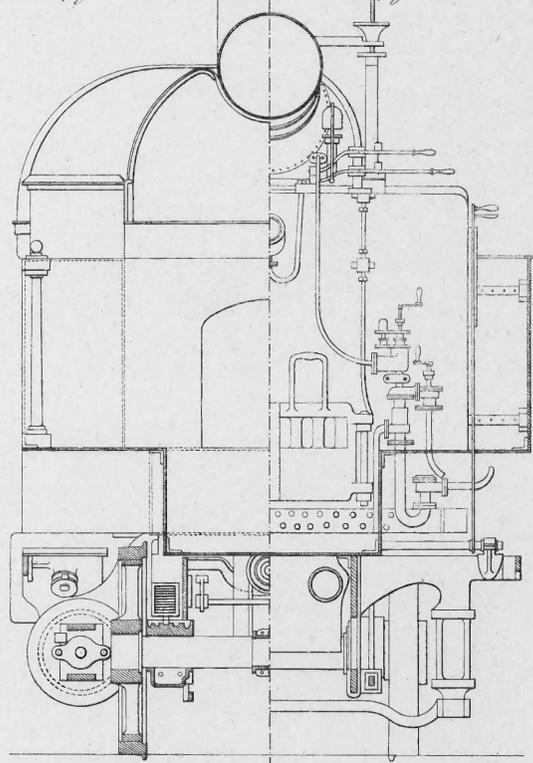


Fig. 2. Coupe par la ligne GH. de la fig. 1. Pl. VI.

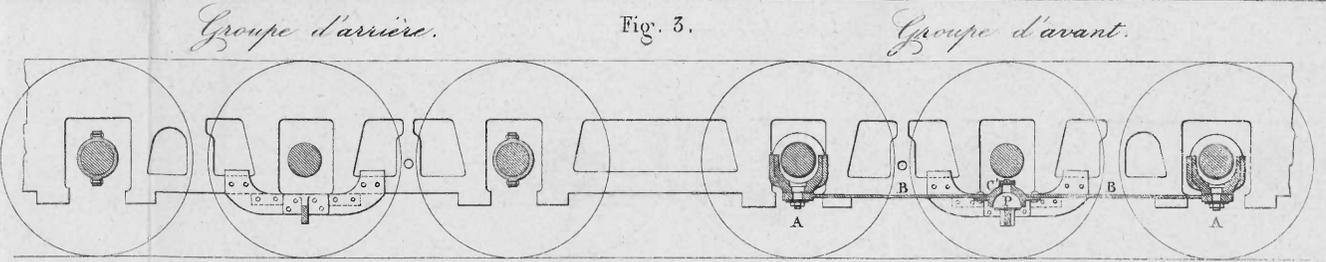


Fig. 5. Profil en long de la partie en rampe forte du chemin de fer de Chauny à St Gobain.

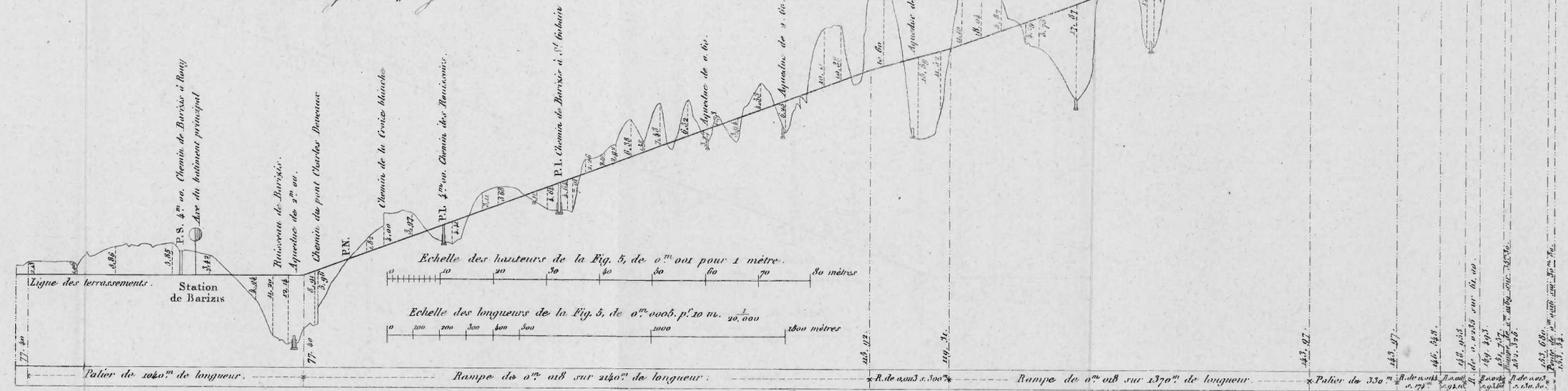


Fig. 4.

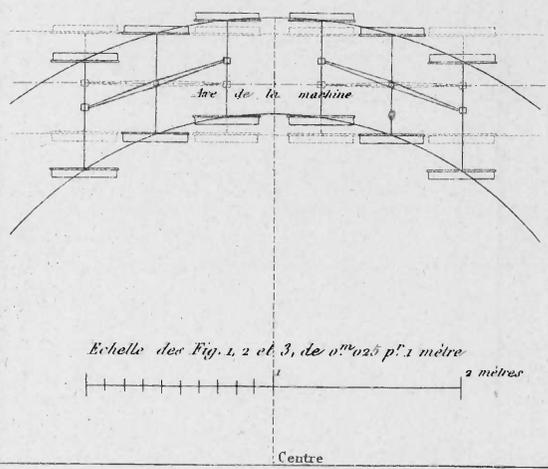
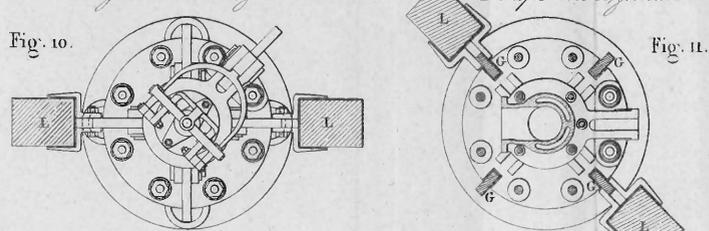
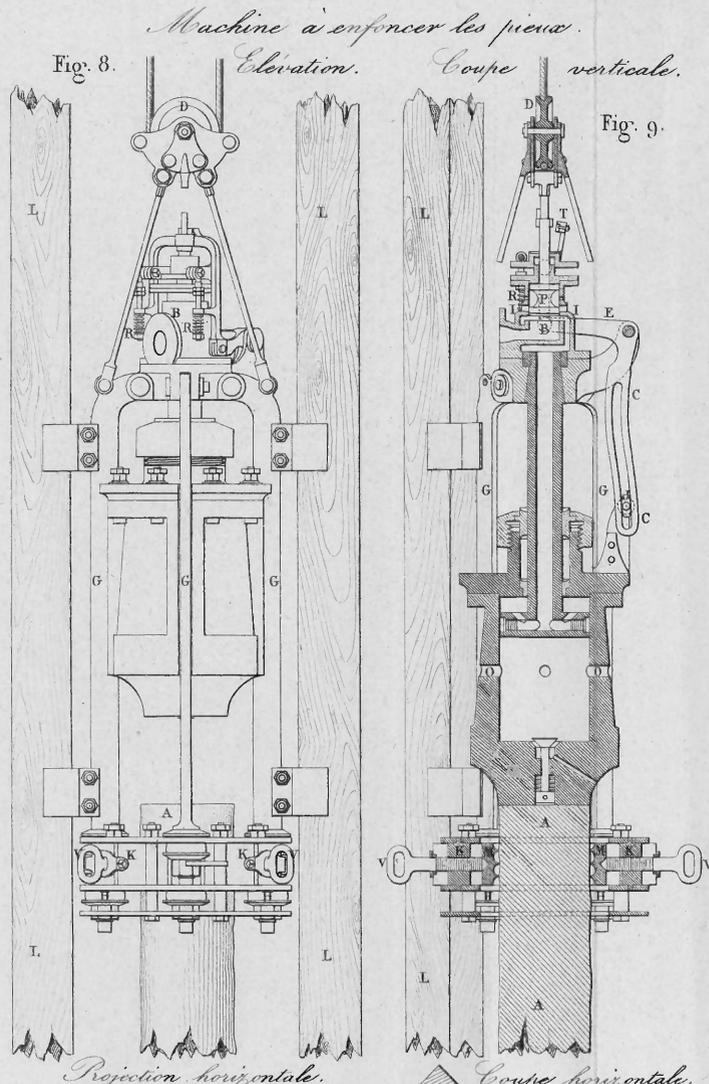


Fig. 6. Plan



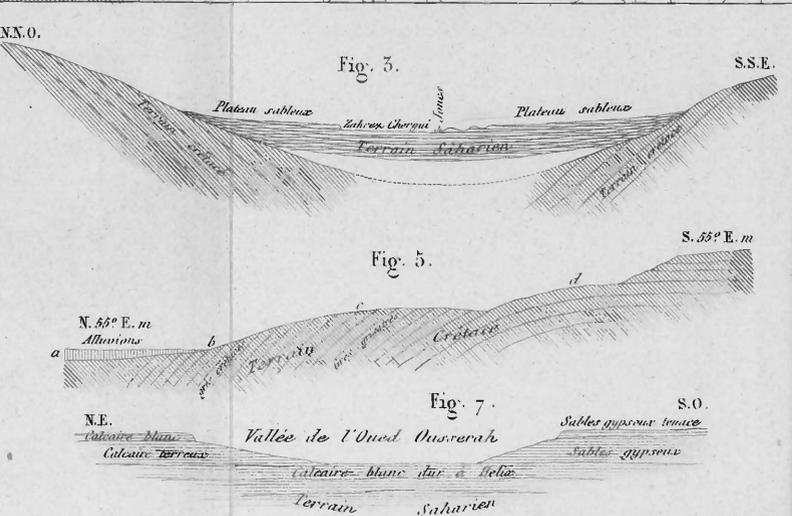
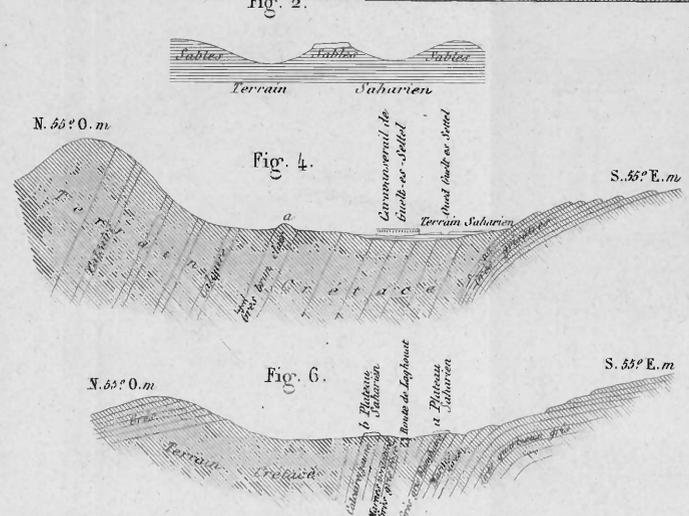
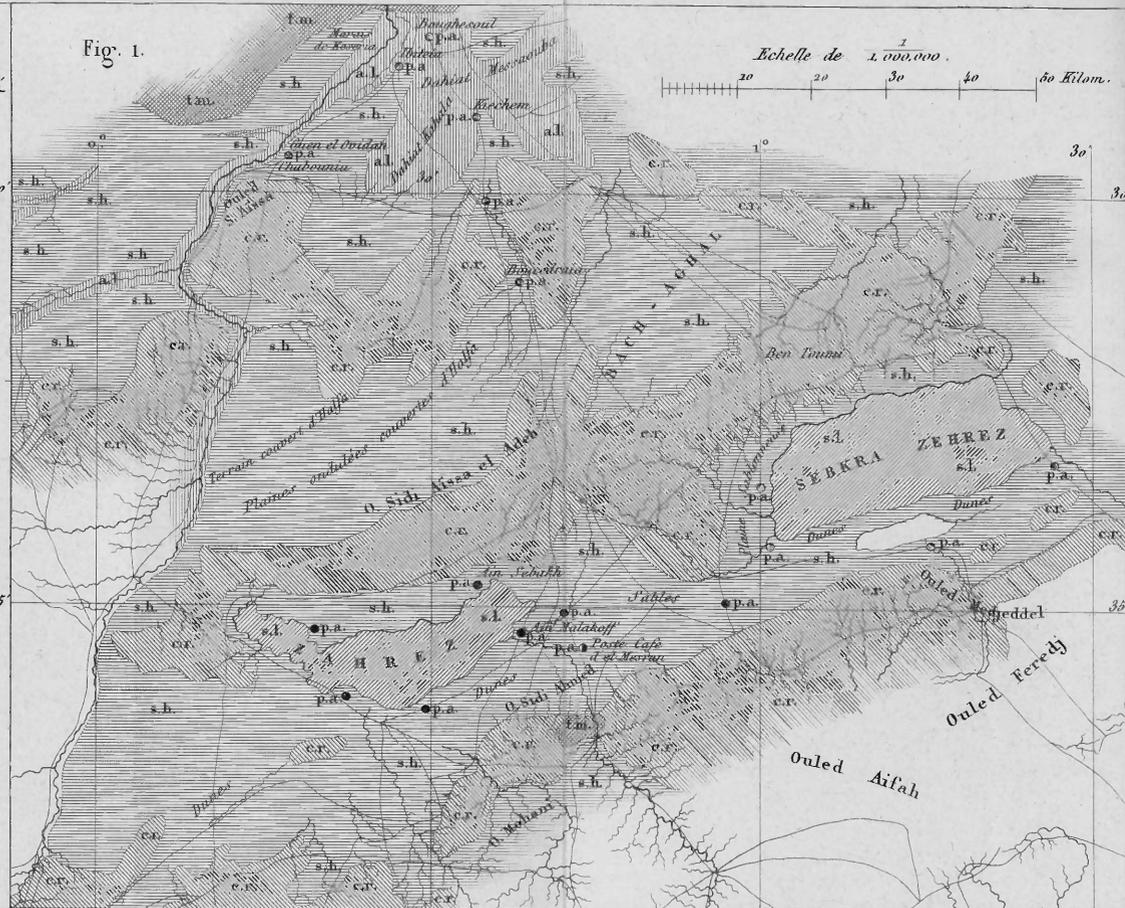


Echelle de 0^m 05 pour 1 mètre.
0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1 Mètre.

Province d'Alger.
Projet de puits artésiens à exécuter dans le bassin des Zehrez et sur la route d'Alger à Laghouat entre Djelfa et Boghari

Légende.

- Alluvions récentes.
- Terrain Saharien (Pliocene supérieur d'eau douce).
- Terrain tertiaire moyen.
- Terrain crinoïde.
- Salines naturelles.
- p.a. ● Puits artésiens.



Explosion de la locomotive N. 1522, le 10 Novembre 1862, au kilomètre 309,600, de la ligne de Paris à Lyon par le Bourbonnais.

Vue intérieure de la face de la porte du foyer.

Vue intérieure de la face latérale droite du foyer.

Vue intérieure de la face latérale gauche du foyer.

Vue intérieure de la face de la plaque tubulaire.

Fig. 1.

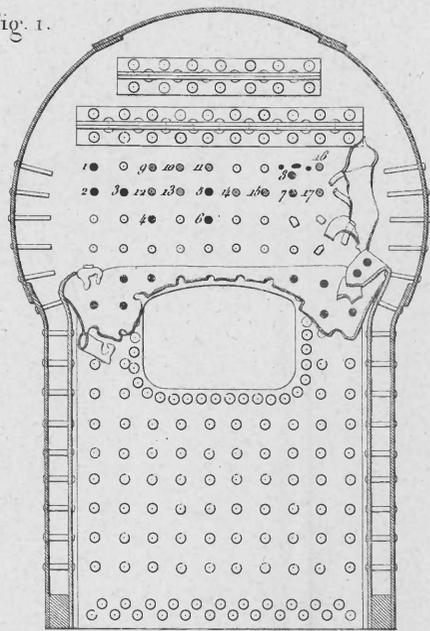


Fig. 2.

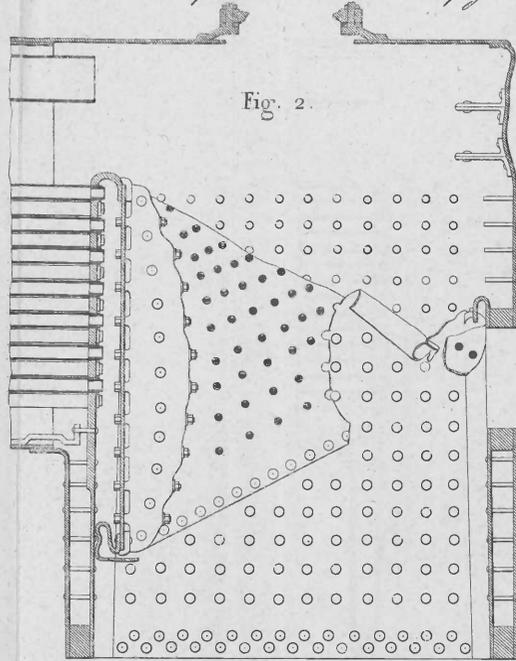


Fig. 3.

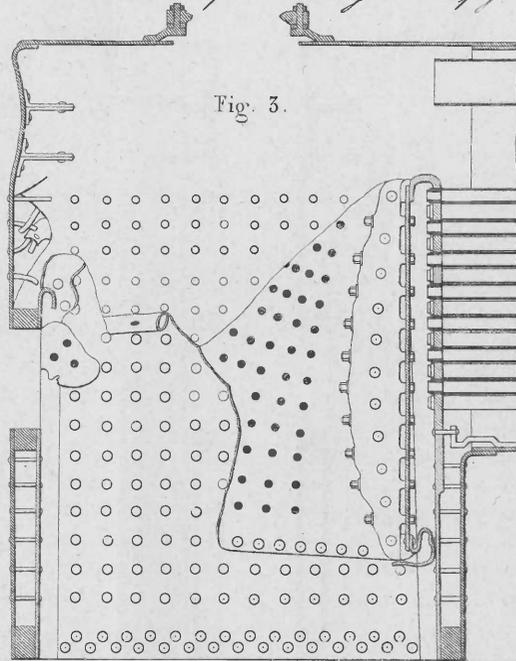
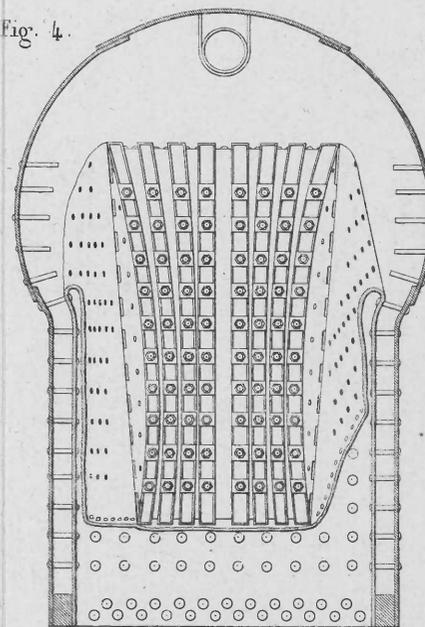
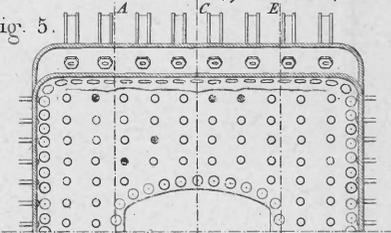


Fig. 4.

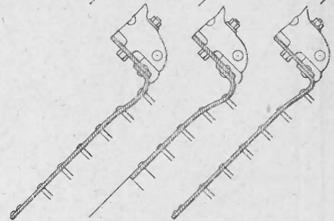


Partie supérieure à la porte du foyer de la locomotive 1541 (prise à 15°.)

Fig. 5.

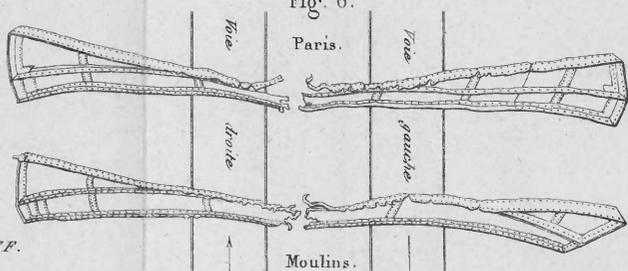


Coupe AB. Coupe CD. Coupe EF.



Poutrelles du pont dit du Rigolet après l'explosion.

Fig. 6.



Echelle des Fig. 1 à 5, de 0^m 04. pour 1 mètre.

Echelle de la Fig. 6, de 0^m 007. pour 1 mètre.

Echelle de la Fig. 7, de 0^m 002. pour 1 mètre.

Légende de la Fig. 1.

- Entretaises rompues à ras de la tôle.
- Entretaises rompues à ras du cuire.

Fig. 7.

Plan d'ensemble.

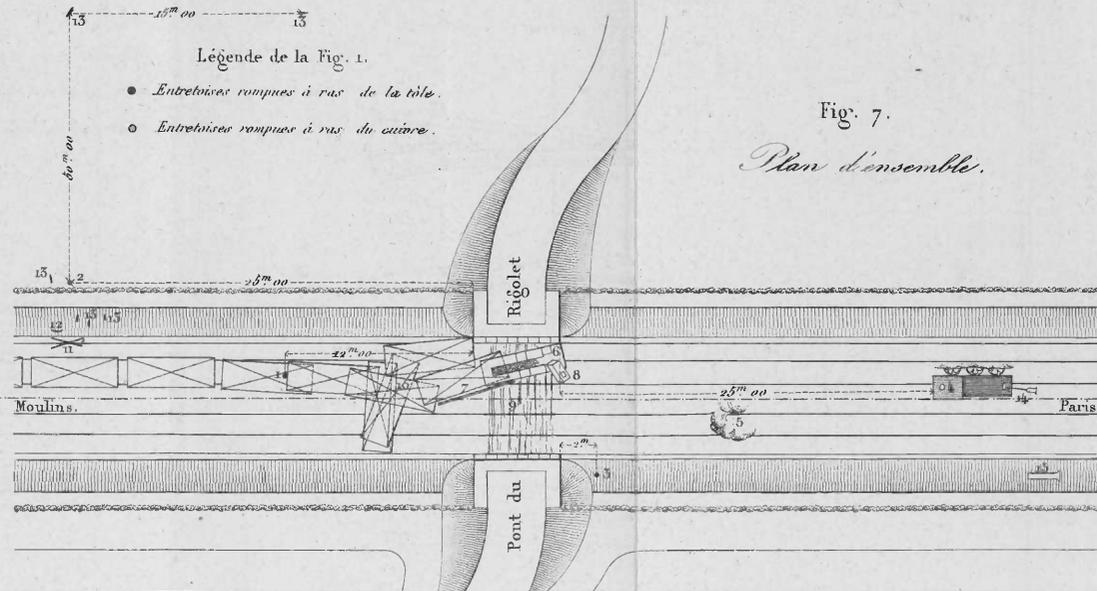


Fig. 1.

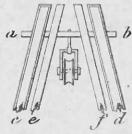


Fig. 2.

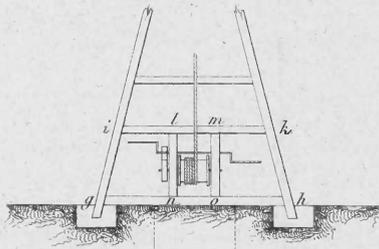


Fig. 3.

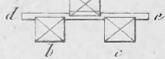


Fig. 4.

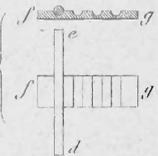


Fig. 6.

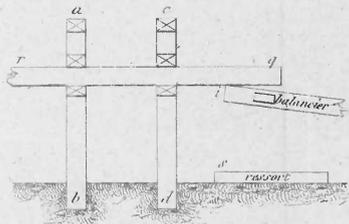


Fig. 7.

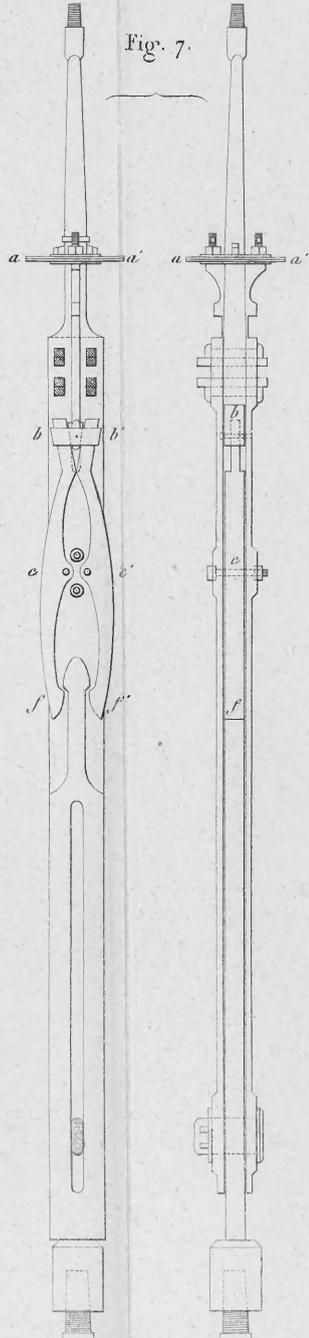


Fig. 8.



Fig. 5.

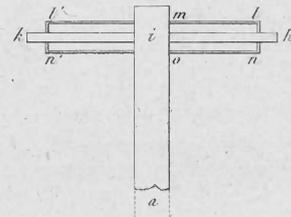


Fig. 10.

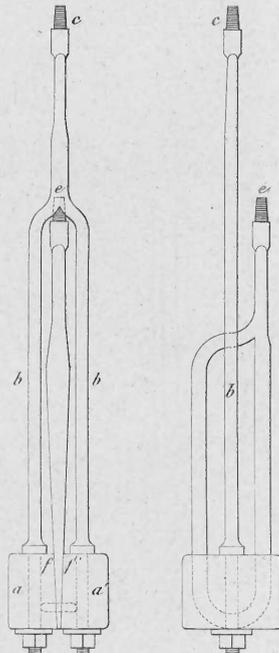


Fig. 9.

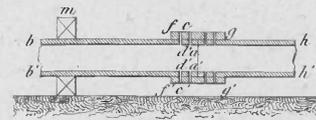


Fig. 11.

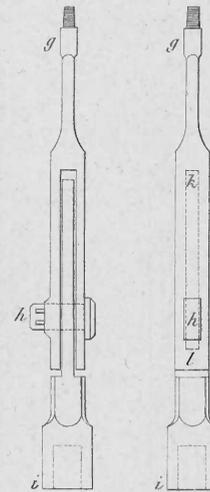


Fig. 15.

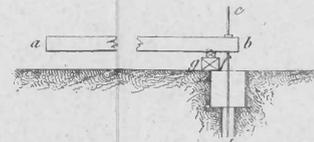


Fig. 14.



Fig. 12.

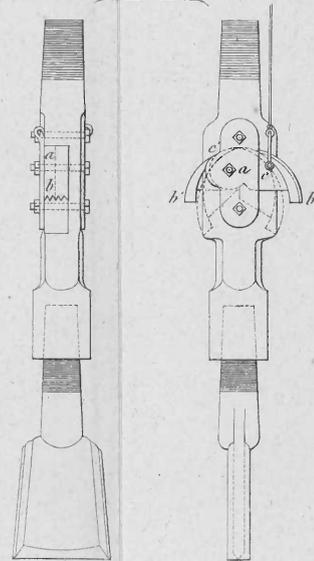


Fig. 16.

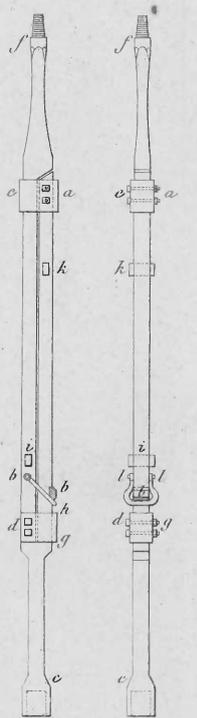
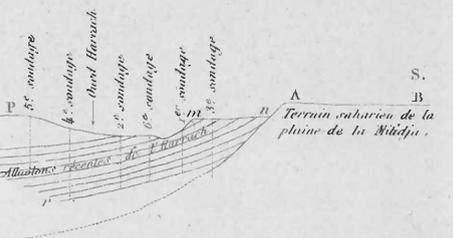


Fig. 13.



Echelle de 0^m 05 pour 1 mètre.



Appareil évaporatoire à double effet, construit par M. M. Hourtauld et Bludie' (à S.^t Quentin.)

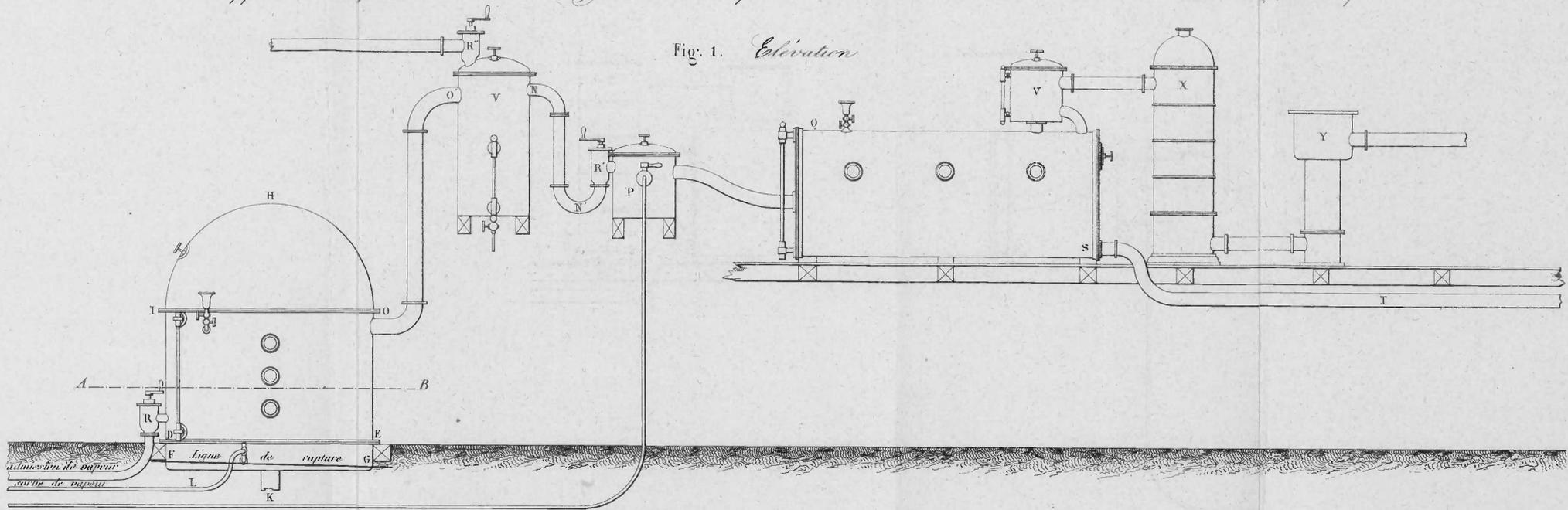


Fig. 1. *Elevation*

Fig. 2. *Coupe horizontale par AB.*

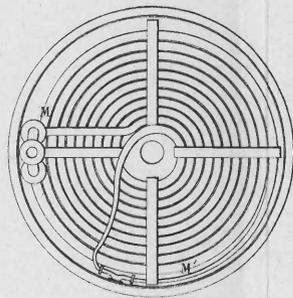
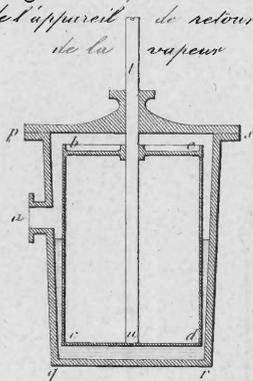


Fig. 3. *Coupe verticale de l'appareil de retour de la vapeur*



Explosion d'une chaudière à Cornouailles. (Carn)

Fig. 4. *Coupe verticale par CD.*

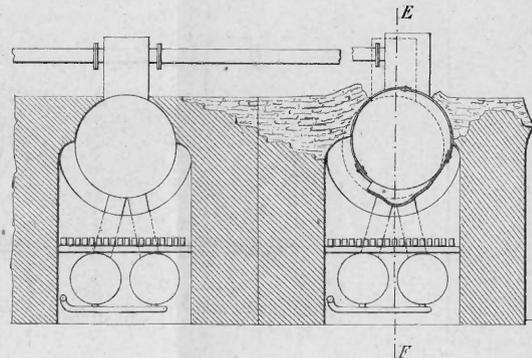
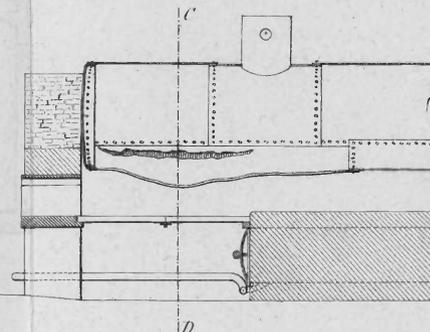


Fig. 5. *Coupe longitudinale par EE.*



Echelle de 0^m 05 pour 1 mètre



Echelle de 0^m 05 pour 1 mètre

