

NOTES DIVERSES

RECHERCHE

DES

Causes de l'explosion d'une chaudière à vapeur à foyers intérieurs

PAR

V. FIRKET,

Ingénieur principal des Mines, à Liège.

I. — Résumé des circonstances de l'explosion et description de la chaudière.

Le 12 août 1913, vers 10 heures du matin, une chaudière du siège St-Paul des Charbonnages de Bois de Gives et St-Paul, à Ben-Ahin, a fait explosion, en n'occasionnant que des dégâts matériels, d'ailleurs très importants, parce que, fort heureusement, il ne se trouvait personne ni dans son voisinage immédiat, ni le long de la trajectoire suivie par les nombreux projectiles qui sont venus tomber jusqu'à plus de 50 mètres du générateur avarié.

Celui-ci avait été timbré à la pression de 6 atmosphères, en janvier 1892 ; mais il ne fonctionnait qu'à la pression de 5 atmosphères. Il est représenté par les figures 1, 2 et 3 de la planche, ci-contre, qui fait connaître ses dimensions principales et les épaisseurs de ses parois.

C'était une chaudière cylindrique, horizontale, de 7^m750 de long et 2 mètres de diamètre, à fonds plats, possédant un dôme avec fond en fonte et deux foyers intérieurs cylindriques de 0^m800 de diamètre, dépourvus de toute armature de consolidation. Les tôles, en fer n^{os} 3 et 4, avaient à l'origine les épaisseurs ci-après indiquées : corps 14 millimètres ; fonds plats 16 millimètres ; dôme 12 millimètres ; foyers 11 et 12 millimètres.

L'explosion est due à l'écrasement du foyer de gauche, dont la virole de coup de feu est cependant demeurée à peu près intacte. Cette virole, longue de 2^m655, avait été renouvelée en 1902, au moyen d'une tôle de fer homogène de 12.5 millimètres. Le foyer qui a cédé comprenait, en outre, quatre autres viroles en tôle de fer n^o 3,

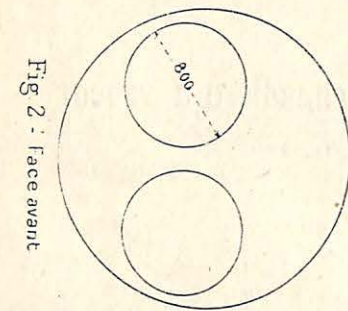


Fig. 2 : Face avant

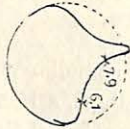
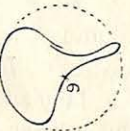
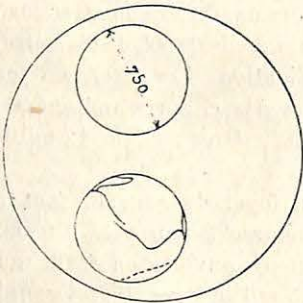
Fig. 4. Coupe de la 3^e viroleFig. 5. Coupe de la 4^e virole

Fig. 3 - Face arrière

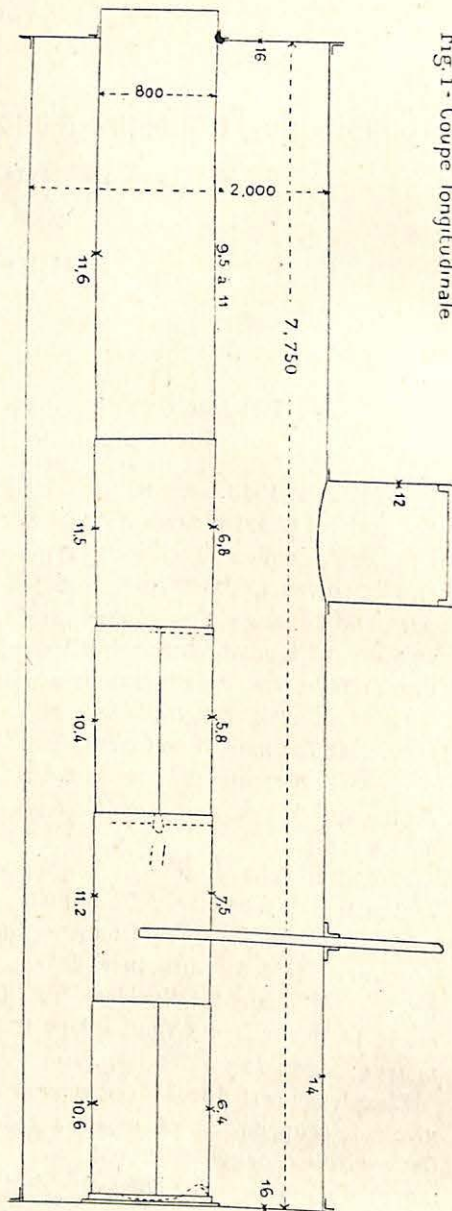


Fig. 1 - Coupe longitudinale

dont l'épaisseur primitive de 11 millimètres a été fortement réduite par des corrosions, spécialement dans leur moitié supérieure.

Les figures 4 et 5 montrent les déformations subies par les 3^{me} et 4^{me} viroles, lors de l'explosion.

Des déclarations recueillies, il résulte qu'au moment de cette explosion, la vanne d'alimentation était fermée, de même que le registre du carneau de cheminée; que le niveau de l'eau dans la chaudière s'élevait à 150 millimètres environ au-dessus de l'index réglementaire; que la pression y était voisine de 4 3/4 atmosphères et que les soupapes de sûreté, réglées pour la pression de 5 atmosphères, ne soufflaient pas.

Les appareils de sûreté étaient d'ailleurs en bon état et un certificat avait été délivré par le visiteur habituel, à la suite d'une visite intérieure faite le 14 mars 1913. Dans ce certificat, il est dit notamment que : « L'examen des foyers n'a donné lieu à aucune observation, sauf quelques petites cavités de 2 millimètres de diamètre dans le dessus. » Le visiteur y déclare avoir trouvé la chaudière en état de « fonctionner avec sécurité, sans nouvelle visite, pendant six mois, à la pression de 6 atmosphères marquée par le timbre ».

Remise à feu le 21 mars 1913, cette chaudière avait depuis fonctionné sans interruption; elle devait être mise hors feu très prochainement, en vue de son nettoyage, lorsqu'elle a fait explosion le 12 août.

Cette explosion ne pouvant être attribuée ni à un excès de pression, ni à un manque d'eau, il semble qu'elle est une conséquence des corrosions internes qui ont amené un amincissement progressif de la moitié supérieure des viroles des foyers. C'est pourquoi, après avoir fait connaître très sommairement les conséquences de l'explosion, je m'occuperai surtout des causes probables des corrosions qui l'ont rendue en quelque sorte inévitable.

Dans ce préambule, je signalerai encore que les chaudières du siège St-Paul sont alimentées au moyen des eaux d'épuisement de la mine, qui possèdent une réaction fortement acide, et que ces eaux sont neutralisées, depuis une dizaine d'années, au moyen de carbonate de soude.

II. — Conséquences de l'explosion.

1^o EFFETS EXTÉRIEURS.

La description détaillée des dégâts matériels produits par l'explosion ne présentant pas grand intérêt, il me suffira de mentionner brièvement :

a) La destruction, sur un peu plus de 3 mètres de longueur et sur toute sa hauteur; au-dessus de la voûte du carneau de cheminée, soit 2^m25 environ, d'un mur en briques, de 0^m36 d'épaisseur, situé à 0^m700 du fond de la chaudière, derrière celle-ci. D'énormes blocs de maçonnerie, provenant de ce mur, ont été projetés à 5 à 6 mètres de distance; des briques ont été lancées dans la direction du Nord-Ouest, correspondant à l'axe de la chaudière; elles sont retombées en grand nombre sur la toiture d'un lavoir à charbon, à une quarantaine de mètres de l'emplacement du mur détruit;

b) La disparition des tuiles de la toiture qui s'étendait au-dessus de la chaudière avariée. Dans la charpente de cette toiture, on a trouvé le tuyau de prise de vapeur réunissant le dôme au collecteur; il a été brisé à ses deux extrémités. Le tuyau d'alimentation, dont la situation avant l'explosion est indiquée par la figure 1, ayant été brisé également, a été projeté dans la direction du lavoir à une distance d'environ 24 mètres;

c) Un déplacement de 0^m16 de toute la chaudière vers l'avant et une dislocation à peu près complète des maçonneries des carnaux latéraux;

d) La disparition de la porte du foyer de gauche et de son cadre, les boulons qui fixaient ce cadre à l'extrémité d'avant de la tôle à feu ayant été cisailés. Cette porte a été projetée, avec le cadre, dans la salle de chauffe.

2° ETAT DE LA CHAUDIÈRE APRÈS L'EXPLOSION.

La figure 3, représentant le fond arrière, donne la forme de la déchirure du foyer de gauche, qui s'est produite au voisinage de ce fond et par laquelle l'eau et la vapeur se sont échappés avec violence, ce qui a provoqué le recul de la chaudière vers l'avant et tous les autres effets extérieurs signalés ci-dessus.

Divers trous ont été percés, à ma demande, dans les tôles du foyer qui s'est aplati et déchiré de la façon indiquée par les figures 1, 3, 4 et 5, sur lesquelles sont indiquées les épaisseurs de ces tôles.

Celles-ci ne paraissent pas avoir été surchauffées; au surplus, les boulons fusibles des foyers ont été retrouvés intacts.

Ci-après, je décrirai successivement l'état de chacune des viroles du foyer de gauche qui, en cédant, a amené l'explosion.

1^{re} virole; coup de feu. — Je rappellerai que cette virole, renouvelée en 1902, possédait à l'origine une épaisseur de 12 1/2 ^m/_m;

c'est une tôle d'acier, portant la marque « Ougrée F H ». A l'avant, cette virole mesure intérieurement 775 à 777 millimètres de diamètre, ce qui correspond à un diamètre extérieur de 800 à 802 millimètres. Au niveau de la rivure arrière, une mesure approximative a révélé une légère déformation de la même virole, dont le diamètre intérieur a été trouvé de 770 à 735 millimètres.

A sa partie supérieure, la tôle de coup de feu présente, du côté de l'eau, quelques piqûres de corrosion atteignant 3 millimètres de profondeur.

2^{me} virole. — Cette virole est peu déformée au voisinage de la rivure d'avant qui l'unissait à la précédente; près de la rivure circulaire d'arrière, sa moitié supérieure est aplatie; la tôle est repliée sur elle-même et fendue suivant une génératrice à la pliure, sur 160 millimètres de longueur. Son épaisseur a été trouvée de 11^{mm}5 au niveau de la génératrice inférieure de la virole et de 6^{mm}8 à la partie supérieure de celle-ci.

3^{me} virole. — Tandis que la moitié inférieure de cette virole semble avoir conservé la forme circulaire, elle a été déformée sur toute sa longueur au dessus du niveau de la rivure longitudinale, de la façon indiquée par la figure 4. La tôle s'est déchirée suivant la rivure circulaire d'avant, sur 850 millimètres de longueur, du côté gauche, à partir de la génératrice supérieure; son épaisseur, qui est de 10^{mm}4 dans la région inférieure, n'est plus que de 5^{mm}8 à 7^{mm}9, dans la partie aplatie; à proximité de la rivure longitudinale, cette épaisseur est voisine de 6 millimètres.

4^{me} virole. — Plus déformée encore que la 3^{me}, la 4^{me} virole présente en coupe la forme indiquée par la figure 5. La rivure circulaire réunissant ces deux viroles s'est déchirée à peu près sur toute la périphérie; la tôle est de plus fendue sur toute sa longueur, suivant le pli supérieur; enfin elle est déchirée localement, au côté droit de la même rivure circulaire, ce qui a entraîné la disparition d'un petit morceau de tôle et d'un rivet; la figure 1 renseigne ces détériorations et les épaisseurs mesurées au niveau des génératrices supérieures et inférieures.

5^{me} virole. — Indépendamment de la déchirure voisine du fond arrière, qui est représentée par la figure 3, cette virole s'est déformée à peu près de la même façon que la 4^{me} et s'est brisée au pli supérieur sur une faible longueur, au voisinage de la rivure circulaire l'unissant à celle-ci. A proximité de la rivure longitudinale, la tôle ne possède plus qu'une épaisseur de 6 à 7 millimètres.

III. — Importance et causes des corrosions.

Tandis que les tôles du foyer avarié avaient conservé vers l'intérieur de ce foyer, une surface unie, elles présentaient du côté de l'eau, des rugosités et des irrégularités faciles à constater, qui ne peuvent être attribuées qu'à une corrosion du métal. Celui-ci était en partie recouvert de croûtes cristallines rougeâtres de 4 à 5 millimètres d'épaisseur, déposées par l'eau d'alimentation sur les foyers et le corps principal et qui adhéraient surtout aux moitiés inférieures de ces foyers. Dans ces régions, les viroles, qui ont cédé lors de l'explosion, avaient conservé une épaisseur très voisine de 11 millimètres, alors qu'elles avaient perdu de 4 à 6 millimètres, soit près de la moitié de leur épaisseur primitive, au voisinage de leur génératrice supérieure. C'est pourquoi le foyer de gauche s'est écrasé, surtout au dessus du niveau des rivures longitudinales; son aplatissement brusque a déterminé un allongement des viroles, qui se sont rompues partiellement suivant leurs rivures circulaires, tandis que la dernière se déchirait à proximité du fond arrière, sur près de la moitié de sa circonférence.

La formule actuellement utilisée pour le calcul de l'épaisseur des foyers intérieurs :

$$e = \frac{pd}{f} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{K}{p} \times \frac{L}{L+d}} \right) + 3$$

donne pour $p = 5 K$:

$$e = \frac{5 \times 800}{2,400} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{100}{5} \times \frac{7,750}{7,750 + 800}} \right) + 3 = 1.66 \times 5.37 + 3 = 11^{\text{mm}}95$$

D'autre part, le fer n° 3 des viroles détériorées m'a paru de qualité plutôt médiocre et semble être devenu cassant, au voisinage de la surface interne, altérée par la corrosion.

Des essais effectués à ma demande par l'Association des Industriels de Belgique, sur des morceaux de tôle provenant de ces viroles, ont donné, à la traction, les résultats suivants :

Numéros des essais.	Origine et orientation des éprouvettes.	Résistance à la rupture en K par m ²	Allongement %
1	3 ^e VIROLE. — Partie supérieure, normalement à l'axe.	37.2	5
2	4 ^e VIROLE. — Partie supérieure, parallèlement à l'axe.	25.8	1.5
3	4 ^e VIROLE. — Partie supérieure, parallèlement à l'axe.	27.1	1
4	5 ^e VIROLE. — Partie supérieure, parallèlement à l'axe.	31.1	1.5

Les dites viroles n'avaient plus une épaisseur suffisante et se sont écrasées dans des conditions de fonctionnement ne présentant rien d'anormal, alors que la chaudière ne manquait pas d'eau et que la pression, voisine de 5 kilog. par centimètre carré, était loin d'atteindre celle de 6 atmosphères admise par le visiteur.

Celui-ci ne paraît pas avoir soupçonné l'importance des corrosions qui avaient cependant rendu nécessaire le remplacement des tôles à feu en 1902 et dont la cause était depuis longtemps attribuée à la mauvaise qualité de l'eau d'alimentation.

Ainsi que je l'ai dit déjà, cette eau, fournie par les pompes d'épuisement du siège St-Paul, possède un caractère acide bien marqué. Une analyse en a été faite en avril 1910 par M. Drechsel, chimiste à Seilles; elle a donné les résultats suivants :

	Grammes par litre.
Matières en suspension	0.040
Résidu à 180° C	1.204
Anhydride sulfurique SO ³	0.429
Anhydride carbonique CO ²	0.136
Chlore Cl	0.028
Magnésie Mgo	0.076
Chaux Cao.	0.274
Soude Na ² o	0.090

Une telle eau doit contenir un peu d'acide sulfurique libre ; toutefois, on n'y a pas dosé le fer qui y existe probablement en petite quantité, à l'état de sulfate ferreux. Les dépôts caractéristiques qui se forment dans les rigoles d'écoulement des eaux d'épuisement, démontrent l'exactitude de cette hypothèse ; au surplus, l'acide sulfurique et le sulfate ferreux sont des produits de l'altération des pyrites qui sont très abondantes dans les couches du houiller inférieur.

Jusqu'en 1902, il n'a été fait usage d'aucun désincrustant et les corrosions constatées lors des visites des chaudières du siège St-Paul ont pu être attribuées à l'acidité de l'eau d'alimentation. Depuis cette époque, on introduit chaque jour environ 15 kilog. de soude Solvay dans la citerne de 30 mètres cubes, dans laquelle puise la pompe alimentaire de ces chaudières, dont la consommation journalière est, paraît-il, de 62 mètres cubes. L'addition de soude correspond donc à 242 grammes par mètre cube. D'après ce qui m'a été dit, on purge chaque jour les chaudières des boues qu'elles contiennent, mais cette opération est sans doute imparfaite et la quantité d'eau ainsi extraite des chaudières étant relativement faible, il s'y produit une concentration progressive des sels solubles, apportés constamment par l'eau d'alimentation.

Cette concentration était très marquée dans la chaudière qui a fait explosion le 12 août 1913, car j'ai trouvé le lendemain, sur la couche de cendres qui remplissait encore en partie le fond du foyer déchiré, une épaisse croute de matières salines blanches, formées d'un mélange de sulfate, carbonate et chlorure de sodium, contenant un peu de sulfate ferreux et probablement des sels solubles de magnésium et de calcium. Le liquide qui subsistait au fond de la chaudière était une solution presque saturée de ces matières salines.

Quant aux incrustations qui adhéraient encore aux tôles du corps principal et à certaines parties des foyers, elles sont formées d'aiguilles cristallines de couleur claire, probablement très riches en sulfate calcique. Ces incrustations sont en général colorées en rouge par des dépôts dont la formation s'explique comme suit : les eaux d'alimentation apportent dans la chaudière de l'oxygène et elles doivent être parfois très riches en carbonate de soude, puisqu'on introduit en une seule fois, dans le bac alimentaire, 15 kilog. de ce carbonate. L'oxygène fait passer les sels ferreux à l'état ferrique et il se produit ensuite, en solution alcaline, une précipitation d'hydrate ferrique.

Il reste à rechercher pourquoi une telle solution provoque des corrosions et comment il se fait que celles-ci se localisent surtout à la partie supérieure des foyers. J'ai trouvé la réponse à ces questions dans un mémoire de M. Kammerer, présenté en 1911 au 35^e Congrès des Ingénieurs en chef des Associations de propriétaires d'appareils à vapeur. Ce mémoire, consacré à l'étude de quelques cas de corrosions intérieures de générateurs à vapeur, fait ressortir l'influence néfaste de la concentration des sels solubles dans l'eau des chaudières. Il signale notamment un cas de corrosion de la partie supérieure des foyers ondulés de quatre chaudières d'une mine de potasse. Les constata-

tions qu'il rapporte à ce sujet rappellent beaucoup celles que j'ai faites à Gives ; c'est ainsi que la moitié inférieure des viroles était restée intacte et qu'il existait des follicules d'incrustations dures, de 1 à 2 ^m/_m d'épaisseur, composées surtout de sulfate calcaïque et d'oxyde de fer.

M. Kammerer signale dans son mémoire « les essais qu'a faits le professeur Burgess à l'Université de Wisconsin, qui a trouvé qu'en général, en solution neutre, les parties les plus chauffées étaient électro-positives et les parties les plus froides électro-négatives, alors que dans certaines solutions alcalines, le contraire avait lieu. L'attaque des parois était, d'autre part, généralement d'autant plus rapide et énergique que la différence de température était plus élevée et que la conductibilité de l'électrolyte, c'est-à-dire la concentration des sels dissous était plus grande ».

Il dit aussi « qu'il y a peu de temps encore on croyait pouvoir admettre que les solutions alcalines étaient absolument inoffensives pour les chaudières et qu'il suffisait d'ajouter de la soude pour empêcher les corrosions. Ceci n'est exact que dans une certaine mesure et les essais de Heyn et Bauer ont démontré que certaines solutions de carbonate de sodium favorisaient beaucoup la production de la rouille à la température ambiante ».

Ces intéressantes remarques de M. Kammerer ont attiré mon attention sur l'origine électrolytique des corrosions qui se produisent dans les chaudières, même lorsqu'elles sont alimentées au moyen d'eaux neutres ou alcalines ; sur les conséquences néfastes de la concentration des sels solubles, amenés dans les générateurs par ces eaux et enfin sur l'influence des inégalités de température qui existent entre les différentes parties de ces générateurs.

Ces inégalités de température paraissent d'ailleurs inévitables ; parmi les causes multiples qui les déterminent, je

citerai l'introduction d'eau froide au voisinage d'une paroi ; la présence d'incrustations adhérant à certaines tôles, alors qu'elles se sont détachées dans d'autres régions ; des dépôts de poussières couvrant les parois chauffées et empêchant l'action sur ces parois des gaz chauds ou bien encore de l'air froid qui s'engouffre dans les foyers lors du chargement de la grille, si on omet de fermer le registre avant d'y procéder.

A ce sujet, je rappellerai que le tuyau d'alimentation de la chaudière dont je m'occupe se trouvait entre les deux foyers, au voisinage de la quatrième virole, qui a été la plus déformée lors de l'explosion.

Je signalerai, en outre, que j'ai trouvé dans le foyer demeuré intact, une couche épaisse de cendres pulvérisées, remplissant à peu près sa moitié inférieure. L'échappement de la vapeur et de l'eau avait en partie balayé ces matières dans le foyer avarié, où il en subsistait cependant encore à plusieurs endroits une épaisseur notable.

Si les conclusions du professeur Burgess sont exactes, l'introduction dans une chaudière d'une solution alcaline froide doit déterminer une corrosion des tôles momentanément refroidies par le contact de cette solution. De même, le passage d'un courant d'air froid dans des foyers, dont la moitié inférieure est couverte d'une forte couche de poussières, peut provoquer, entre les parties supérieures et inférieures de chaque virole, des inégalités de température susceptibles de donner naissance à des corrosions.

Le compte-rendu des essais du professeur de l'Université de Wisconsin a été présenté par leur auteur, à la section électrique de « The Western Society of Engineers ». Il a été publié en juin 1909, dans le volume XIV, n° 3, du journal de cette Société, sous le titre *Boiler Corrosion as an Electro-chemical action*.

Ayant réussi à me procurer ce volume d'une publication

technique assez peu connue en Belgique, j'ai lu avec un vif intérêt le mémoire du professeur Burgess et j'ai conçu le projet de vérifier ses conclusions par des recherches expérimentales personnelles.

M. le Professeur E. Gérard, Directeur de l'Institut Montefiore, ayant bien voulu mettre à ma disposition un des laboratoires de cet Institut, j'y ai commencé ces recherches, avec la collaboration de M. H. Chauvin, assistant au même Institut. J'espère pouvoir en donner prochainement les résultats dans nos *Annales*. En attendant, il m'a paru intéressant d'y reproduire, en annexe à cette première note, une traduction résumée du travail du professeur Burgess, ainsi que les principaux clichés et diagrammes qui accompagnent ce travail.

ANNEXE

LA

CORROSION DES CHAUDIÈRES

considérée comme une action électro-chimique

PAR LE

PROFESSEUR C.-F. BURGESS

de l'Université de Wisconsin (1).

Par suite des influences auxquelles ils sont exposés, les fers et les aciers subissent des altérations de différentes natures; les plus remarquables de celles-ci sont les corrosions.

En analysant les causes et les remèdes, en ce qui concerne ces corrosions, nous avons été conduits à la conclusion que ce terme désigne un grand nombre d'altérations différentes qui peuvent atteindre le fer.

Les usages spéciaux auxquels ce métal est employé ont une influence marquée sur la nature de la corrosion qui s'y développe. C'est ainsi que l'altération des tubes de fer au voisinage des lignes de tramways électriques diffère, par sa cause et ses effets, de celle des cheminées en acier et que la corrosion des fils de clôture galvanisés n'est pas la même que celle du fer exposé à l'eau de mer.

Le D^r Cushman, du Département de l'Agriculture, a soutenu que les différentes corrosions du fer, qu'il s'agisse de tubes enterrés dans la ville de New-York ou dans les plaines du Dakota, de fils de clôture ou de bateaux de guerre, sont dues à une seule et même cause, l'action électrolytique, plus souvent dénommée action galvanique.

C'est peut être une affirmation trop radicale; cependant, nous pouvons apporté quelques données expérimentales à l'appui de son exactitude, ce qui justifie la présentation de ce travail sur la corro-

(1) Mémoire présenté le 15 juin 1909, à la section électrique de la Société des Ingénieurs de l'Ouest et inséré dans le volume XIV, n° 3, du Journal de cette Société sous le titre: *Boiler corrosion as an Electro-chemical action*. Traduction libre et résumée par V. FIRKET.

sion du fer à la section électrique de la Société des Ingénieurs de l'Ouest. Votre attention est particulièrement appelée sur la corrosion des chaudières à vapeur et sur la possibilité qu'elle soit due à une action électrolytique. S'il en est bien ainsi, la prévention de cette corrosion constitue un problème qui mérite d'être étudié par des électriciens.

L'hypothèse suivant laquelle l'attaque des tôles des chaudières à vapeur doit être attribuée à l'électrolyse n'est pas nouvelle, puisqu'on a souvent proposé l'usage du zinc pour la prévenir. L'influence des inégalités de température et de l'action galvanique qui en résulte a été considérée comme peu importante; c'est cependant de ces facteurs qu'il sera question ici, l'auteur ayant la conviction que si l'action électrolytique pouvait être entièrement neutralisée, on ne rencontrerait plus, pratiquement, aucune corrosion interne dans les chaudières.

Pour produire une action électrolytique, il est nécessaire d'avoir un système électrochimique comprenant deux électrodes métalliques différentes, à des potentiels électriques inégaux, en contact avec un électrolyte. Ce système devient actif quand ces deux électrodes sont réunies et qu'il existe un circuit métallique et un circuit électrolytique permettant le passage du courant. En vertu de la loi fondamentale de l'électrolyse, il se produit une oxydation à l'anode et une réduction à la cathode. L'union du métal de l'anode avec l'oxygène ou avec un autre élément électro-négatif a pour résultat la formation d'une matière soluble ou insoluble. Sans insister sur ces considérations théoriques, il suffit de remarquer que dans l'eau généralement employée pour l'alimentation des chaudières et avec les courants de faible densité qui peuvent s'y rencontrer, le fer servant d'anode doit former surtout des produits solubles, chlorures, sulfates, nitrates ou autres analogues.

Dans la chaudière de locomotive, qui sera examinée plus spécialement, nous avons une paroi métallique continue entourant une masse d'eau qui constitue un électrolyte. Pour trouver un système électrochimique dans une telle chaudière, il doit exister des électrodes différemment chargées et en contact métallique.

Tout métal en contact avec un conducteur électrolytique acquiert, à ce contact, une différence de potentiel dont la valeur dépend de ces substances. En présence d'une même solution, le zinc prend un potentiel plus élevé que le fer; si ces deux métaux étaient en contact, il en résulterait une action électrolytique, l'intensité du

courant étant proportionnelle à la différence des potentiels, et inversement proportionnelle à la résistance, pour autant que la polarisation n'agisse pas en sens inverse de la force électromotrice primitive.

La série électro-chimique des éléments fournit un classement de ceux-ci, d'après les potentiels qu'ils prennent; les substances les plus électro-positives deviennent l'anode vis-à-vis des matières moins élevées dans la série. Quant un morceau de zinc est mis en contact avec du fer et un électrolyte commun, le zinc forme l'anode et se corrode, tandis que le fer, plus électro-négatif, sert de cathode et est ainsi protégé contre la corrosion.

D'autre part, quand une particule de carbone, de cendres ou d'autres matières plus électro-négatives que le fer se trouve sur celui-ci, il joue le rôle d'anode; c'est l'explication qui est donnée habituellement de certaines piqûres.

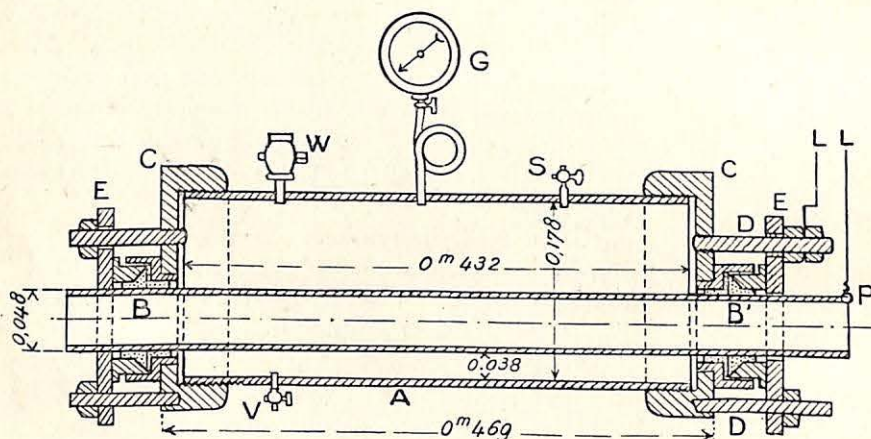
Dans la construction des chaudières, on insère assez souvent une bague de cuivre entre le tube et la tôle tubulaire, pour assurer l'étanchéité; cela constitue un couple voltaïque, la pièce de cuivre en contact avec la chaudière devenant la cathode et la surface de fer dans son voisinage, l'anode.

Pour avoir d'autres couples électrolytiques, il n'est pas nécessaire d'admettre la présence de quelque autre métal électro-négatif, l'influence d'inclusions de cendres ou de carbone, ou bien encore la ségrégation d'impuretés dans le fer. Ce métal lui-même peut donner de tels couples qui dépendent de son traitement physique antérieur, des efforts de tension qu'il a subis et des inégalités de température.

Sur le conseil de M. Walter Alexander, quelques recherches furent commencées, il y a environ deux ans, dans le laboratoire de chimie industrielle de l'Université de Wisconsin, en vue d'étudier les principaux types de corrosions qui se rencontrent dans la pratique des chaudières de locomotive. Les espèces de corrosions sur lesquelles l'attention a été attirée plus spécialement étaient des piqûres dans les tubes, qui se rencontrent le plus souvent au côté le plus bas de la rangée inférieure, et aussi des sillons trouvés le plus généralement, juste en deçà de la plaque tubulaire, à la tête de la chaudière.

Après un grand nombre de recherches préliminaires qu'il n'est pas nécessaire de décrire ici, il fut établi que les forces électro-motrices développées dans les chaudières, par les inégalités de températures entre les tubes et l'enveloppe, sont suffisantes pour donner

lieu à un courant produisant en peu de temps des corrosions appréciables. Il a été trouvé que ces forces dépendent de la nature de l'eau d'alimentation utilisée et des conditions de fonctionnement de la chaudière. Naturellement, les variations des courants électriques obtenus dépendent essentiellement de la conductibilité électrique des différentes eaux d'alimentation. Il semblait désirable de réaliser ces mesures électriques sur une chaudière de locomotive dans les conditions de son service ordinaire ; mais de tels essais ont été ajournés jusqu'après l'achèvement des recherches de laboratoire et il faut espérer qu'ils seront poursuivis sur une plus grande échelle pendant l'année courante.



Coupe verticale de l'appareil d'essai

La figure ci-dessus représente le dernier modèle d'appareil de laboratoire utilisé surtout pour les recherches. Il consiste en un tube de fer A, de 7 pouces (0^m178) de diamètre et 17 pouces (0^m432) de longueur, fermé à ses deux extrémités par des couvercles vissés C. Des boîtes à bourrage BB', placées au centre de ces couvercles, livrent passage au tube P et l'isolent du cylindre A, au moyen d'asbeste, tout en donnant un joint résistant.

L'appareil comprend un manomètre G et divers robinets de remplissage et de vidange. La chaleur y était appliquée au moyen d'une flamme introduite dans le petit tube BB'. Les conducteurs électriques LL mettent en relation les tubes intérieurs et extérieurs

avec les instruments de mesure, comprenant un milli-ampèremètre et un milli-voltmètre. Un grand nombre d'essais ont été faits au moyen de cet appareil, en employant différentes espèces d'eaux et en opérant dans diverses conditions de pression, de rapidité d'échauffement, de nettoyage de l'appareil, etc.

Dans chacun de ces essais, le tube intérieur et la surface interne du grand tube ont été d'abord nettoyés. On introduisait ensuite dans l'appareil, 6,000 c. c. d'eau, ce qui laissait pour la chambre de vapeur un vide d'environ 2,000 c. c.

Les diagrammes reproduits ci-après donnent les conditions des essais et leurs résultats. L'auteur présente à leur sujet les observations suivantes (1) :

Essai n° 12. — L'eau distillée employée contenait 3 grammes d'amidol, pour 6,000 c. c. de solution ; la présence de l'air étant évidemment un facteur important, cette eau a été obtenue dans des conditions telles qu'elle était aérée.

Après son introduction dans l'appareil, un courant de 0.075 ampère a été constaté ; il décroît rapidement pendant les quelques premières minutes et n'est plus que de 0.0085 ampère au bout de 260 minutes.

La force électromotrice initiale, qui a produit ce courant, peut être attribuée à des différences de composition ou de traitement des métaux constituant le tube intérieur et le tube extérieur ; quant à la décroissance du courant mesuré, elle est due à un effet de polarisation, tant à l'anode qu'à la cathode.

Il convient de noter que les diagrammes du courant et de la force électro-motrice indiquent que le tube intérieur sert d'anode, tant que les courbes demeurent au dessus de l'axe des ordonnées ; le tube extérieur possède cette polarité, dès que ces courbes passent en dessous du même axe.

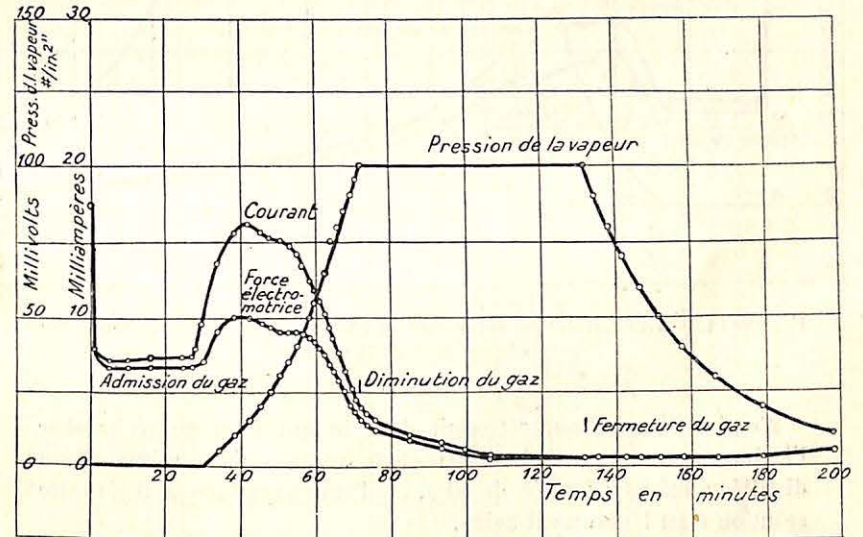
Après 260 minutes, la chaleur a été appliquée au tube intérieur et le courant a augmenté rapidement, jusqu'à une valeur maxima de 0.067 ampère, qui a été atteinte un peu avant le maximum de pression de la vapeur, de 100 livres par pouce carré. Ensuite le

(1) *Note du traducteur.* — Dans les diagrammes, le temps porté en abscisse est donné en minutes. Les courbes renseignent les variations de la pression de la vapeur (*Steam pressure*) en livres par pouce carré, de la force électromotrice (E. M. F.) en millivolts et de l'intensité du courant (*current*) en milliampères. La température en degrés Fahrenheit a en outre été relevée dans l'essai no 12.

courant diminue fortement d'abord, puis plus lentement jusqu'à ce que la source de chaleur soit enlevée, après 440 minutes ; alors le courant se relève un instant, puis décroît plus rapidement.

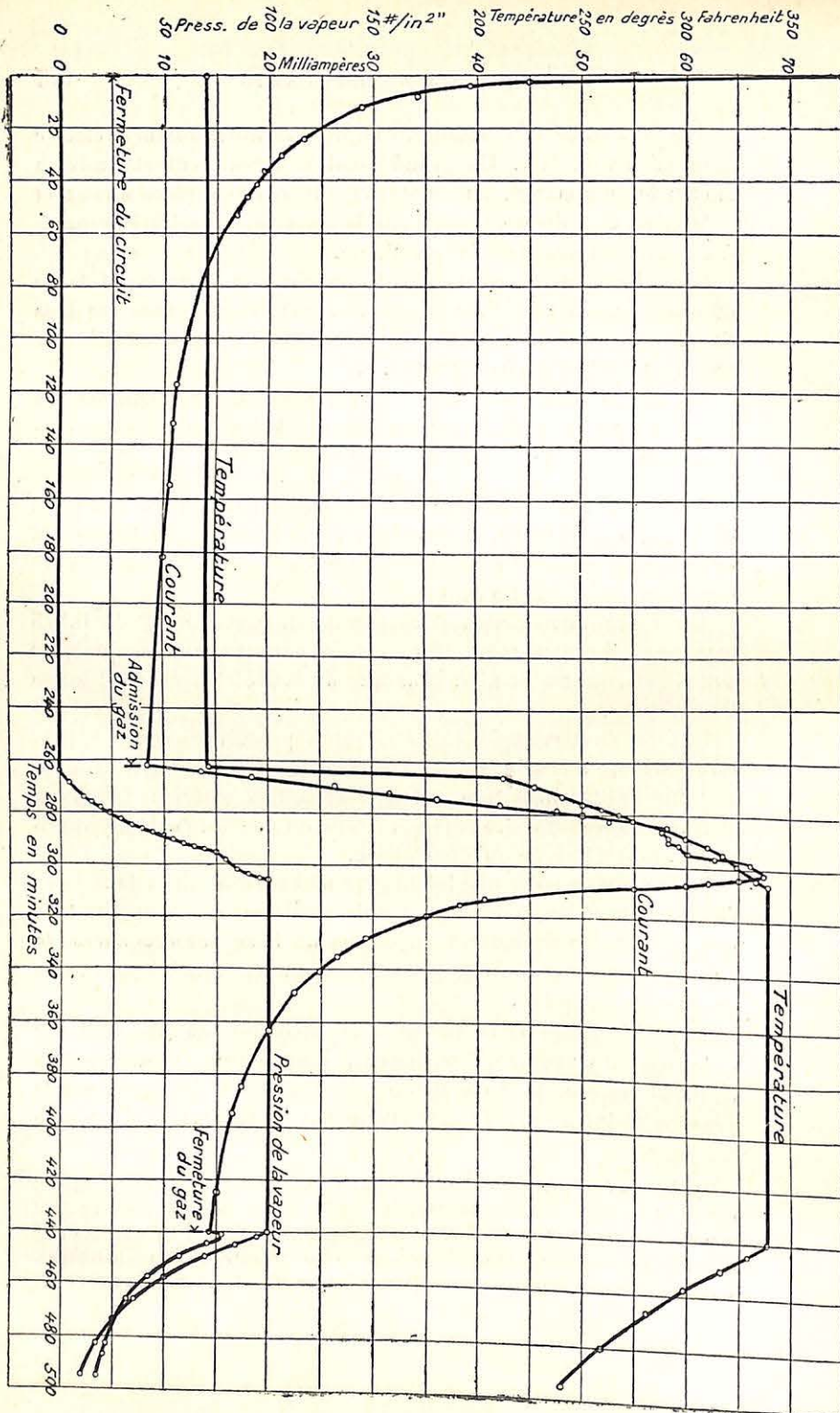
Il ne semble pas, d'après ces diagrammes, que l'intensité du courant soit simplement une fonction de la température ou des différences de températures, mais il apparaît qu'il dépend aussi de la quantité présente d'un constituant de l'électrolyte.

Essai n° 13. — 6 grammes d'acide pyrogallique furent ajoutés à 6,000 c. c. d'eau distillée et les valeurs tant du courant que de la force électro-motrice en circuit ouvert furent déterminées pendant cet essai. Ces valeurs atteignirent leur maximum, bien avant la pression de la vapeur, et elles diminuèrent ensuite rapidement jusqu'à devenir presque négligeables.



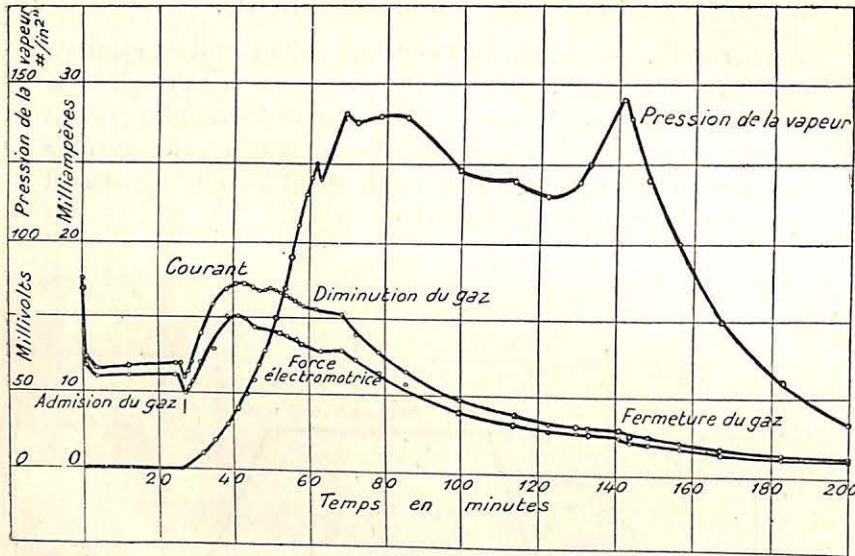
ESSAI n° 13 montrant les effets d'un électrolyte acide sur le courant et la force électromotrice. (Eau distillée avec 6 grammes d'acide pyrogallique pour 6,000 centimètres cubes.)

Essai n° 14. — Les conditions sont les mêmes que pour l'essai n° 13, avec cette différence que l'eau distillée a été employée à l'état pure. Les valeurs de la force électromotrice sont demeurées les mêmes que dans l'essai précédent, mais le courant est considérablement moins important, ce qui est dû à la diminution de la conduc-



Essai n° 12. — Courbes montrant les variations du courant électrique en fonction du temps, de la température et de la pression de la vapeur. (Eau distillée avec 3 grammes d'amidol pour 6,000 centimètres cubes.)

tibilité du liquide. La pression de la vapeur n'a pas été maintenue constante pendant cette expérience ; elle a varié dans d'assez larges limites ; les courbes de la force électromotrice et du courant montrent que l'influence de cette pression est faible, pour autant qu'elle existe.



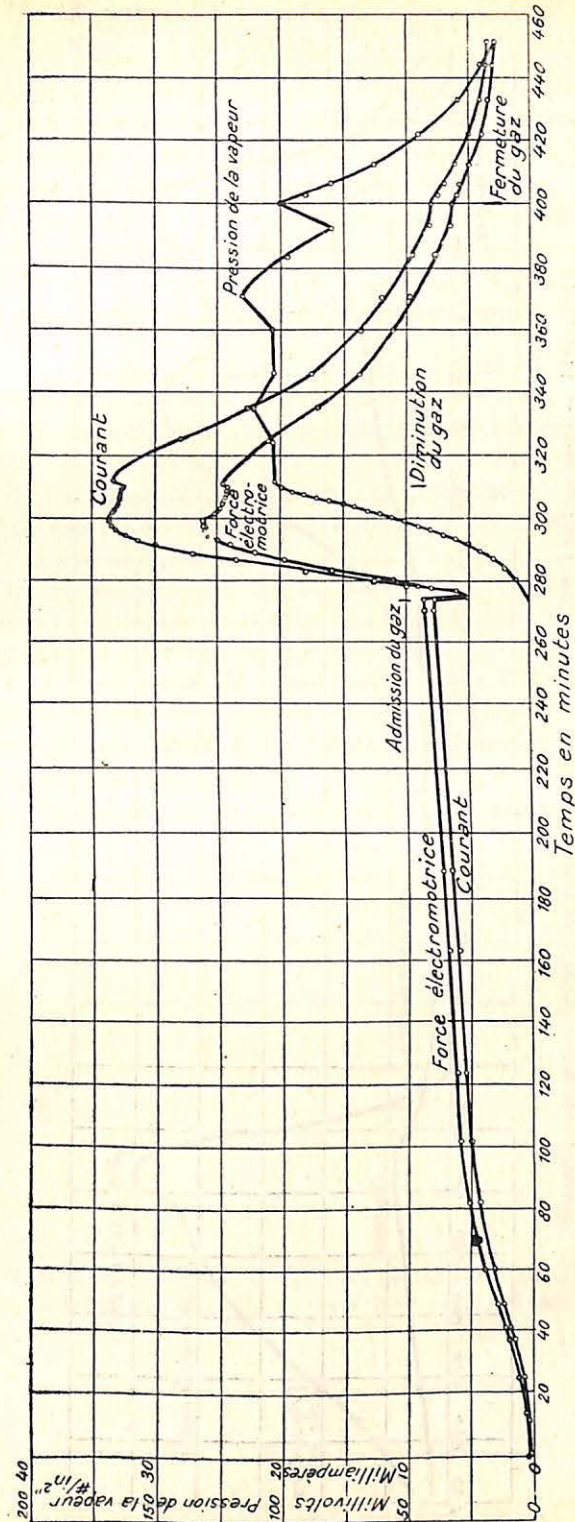
Essai n° 14. — Eau distillée. Diagrammes du courant, de la force électromotrice et de la pression de la vapeur.

Essai n° 15. — Pour cet essai, dont le but était de rechercher l'influence d'un agent oxydant contenu dans l'électrolyte, l'eau distillée a été additionnée de 40 c. c. d'eau oxygénée à 3 % ; cette solution était légèrement acide.

Les courbes du courant et de la force électro-motrice montrent l'accroissement de l'action corrosive.

Essai n° 16. — C'est la répétition de l'essai n° 15, sans renouvellement de la solution et après une période de repos et de refroidissement de 16 heures.

La quantité d'agent actif ayant diminué, l'intensité du courant est beaucoup moindre ; elle est plus petite encore, après un nouveau refroidissement, suivi d'un nouveau réchauffement.



Essai n° 15. — Influence d'un agent oxydant contenu dans l'électrolyte sur le courant et la force électromotrice. (Eau distillée avec 40 centimètres cubes d' H_2O_2 à 3 % pour 6,000 centimètres cubes.)

Essai n° 17. — L'électrolyte contenait 1.82 gramme de carbonate de soude pour 6,000 c. c. d'eau distillée, ce qui correspond à environ une livre pour 1,000 gallons, quantité souvent utilisée en pratique dans les chaudières de locomotive (1).

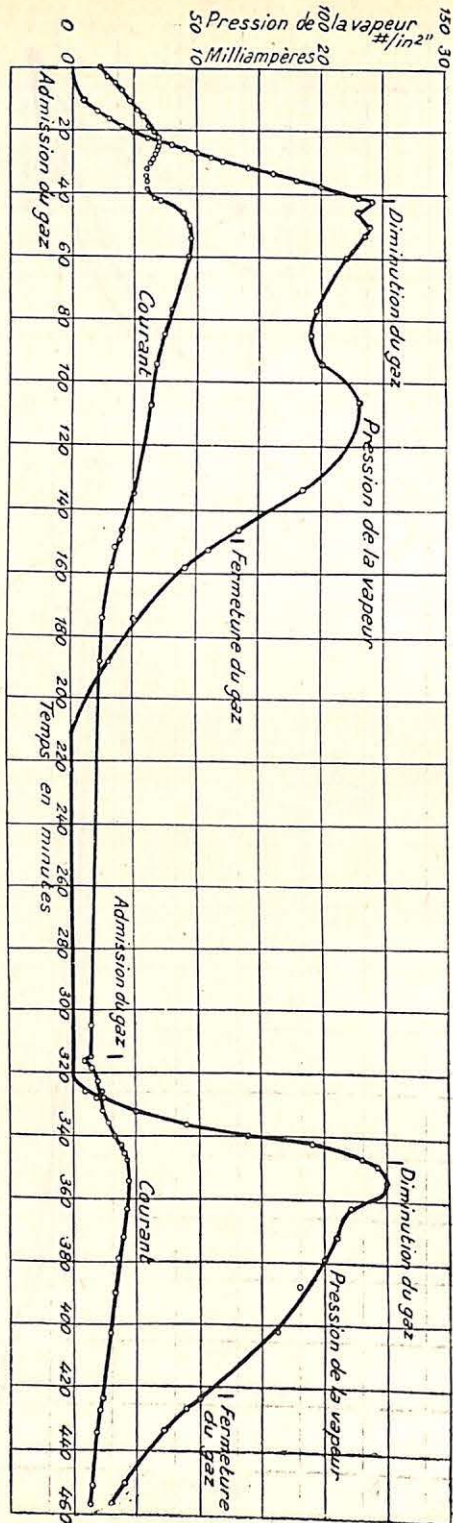
L'action la plus remarquable du carbonate de soude est d'augmenter la conductibilité de l'électrolyte et d'accroître ainsi l'intensité du courant. Il convient de noter aussi que la force électromotrice est sensiblement plus élevée qu'avec l'eau distillée.

Essai n° 18. — C'est la suite du précédent, après que l'appareil eut été maintenu en court circuit pendant 40 heures, avant l'application de la chaleur. Cela correspondait aux conditions de la pratique, lorsqu'une chaudière de locomotive, contenant cette même eau d'alimentation, se refroidit, puis est de nouveau portée à sa pression normale.

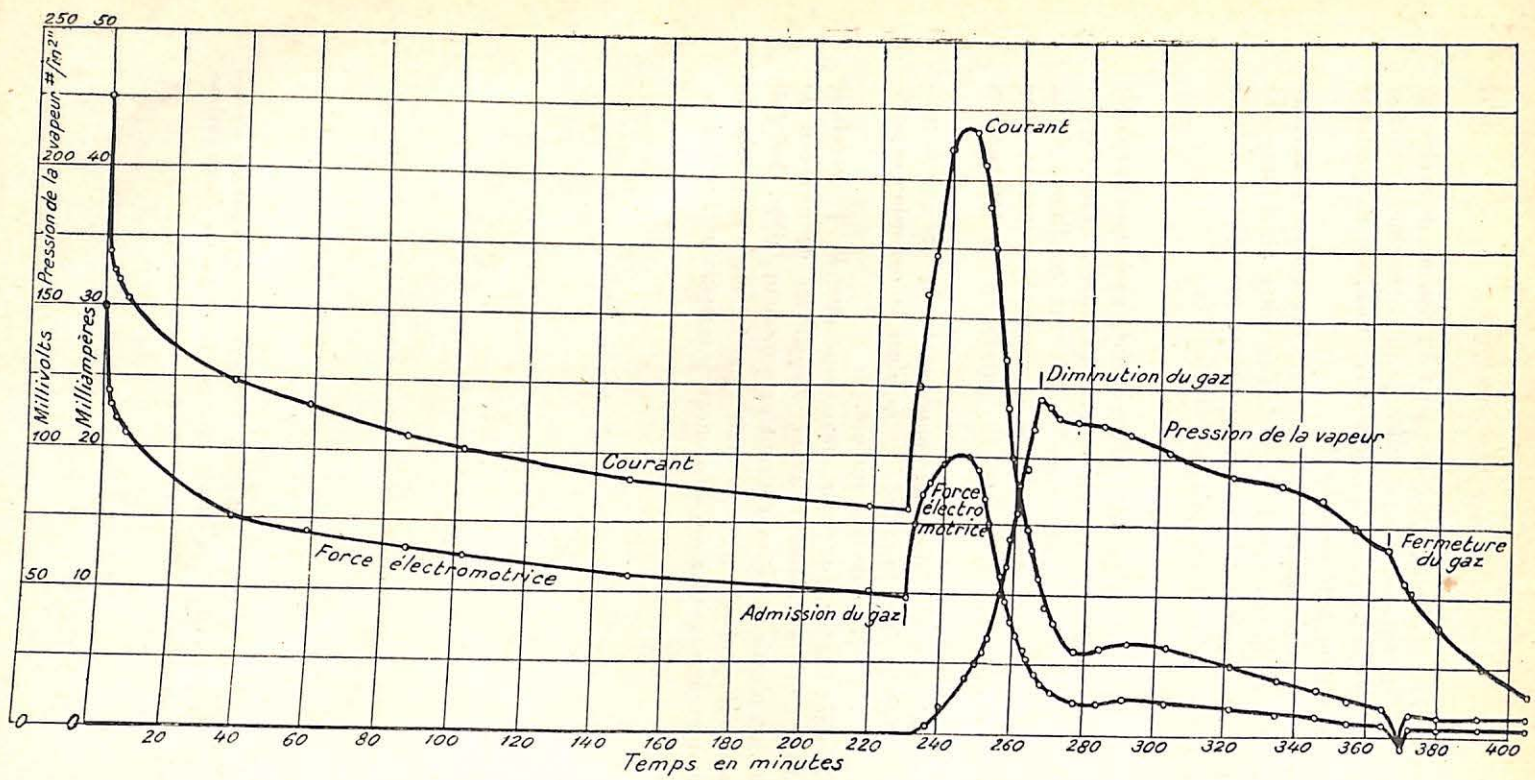
La première moitié du diagramme n° 18 montre que le tube intérieur devient alors la cathode et qu'ainsi la corrosion se porte sur la paroi extérieure de la chaudière.

En laissant tomber la pression, mais sans attendre pour cela le refroidissement de l'appareil avant d'appliquer de nouveau la chaleur, on n'obtient qu'un courant extrêmement faible. Ceci doit être attribué probablement au fait que la seconde partie du diagramme correspond à des différences de températures moindres.

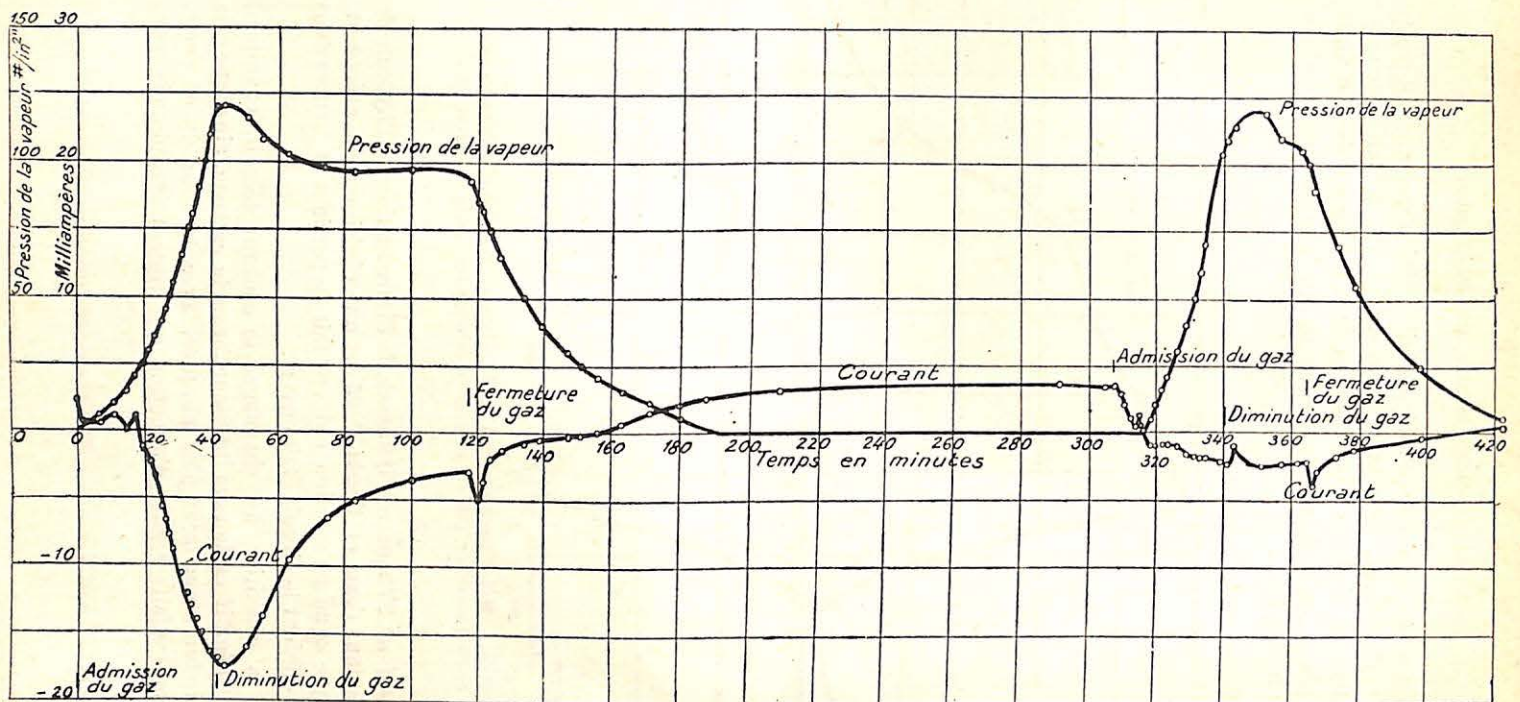
(1) *Note du traducteur.* — L'addition de 1.82 gramme pour 6,000 c. c correspond à 0gr307 par litre, alors qu'une livre par 1,000 gallons donne environ 0.1 gramme par litre.



Essai n° 16. — Répétition de l'essai n° 15 après un intervalle de repos et refroidissement de l'appareil.
(Même solution que pour l'essai n° 15.)

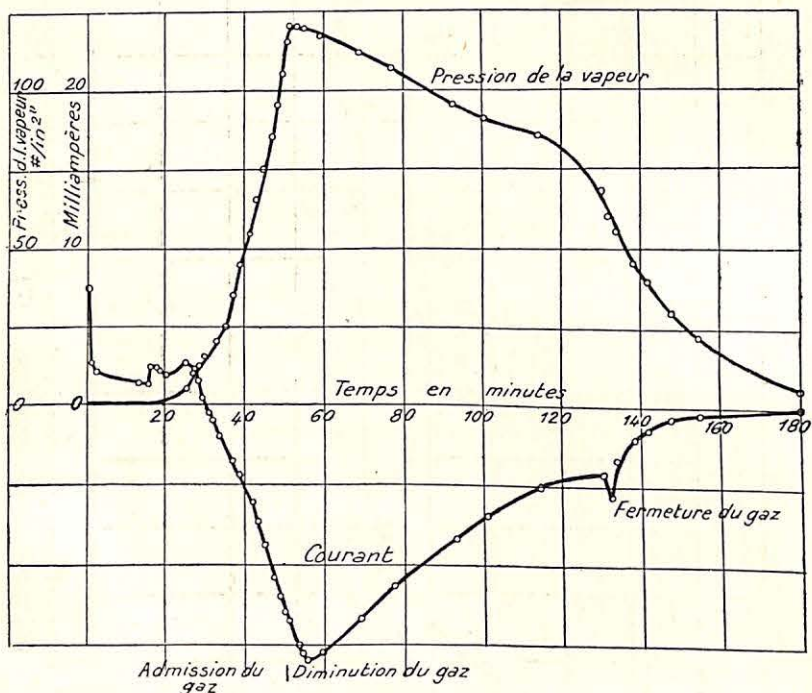


ESSAI n° 17. — Eau rendue alcaline par de la soude.
 Diagramme montrant l'augmentation du courant et de la force électromotrice.
 (Eau distillée avec 1.82 grammes de carbonate de soude pour 6,000 centimètres cubes.)



ESSAI n° 18. — Répétition de l'essai n° 17 après un intervalle de repos et refroidissement de l'appareil.
 (Même solution que pour l'essai n° 17.)

L'essai n° 19, avant lequel l'appareil a été abandonné au repos pendant 17 heures, avec la solution du n° 18, a établi que cette diminution est bien due à la réduction de la différence des températures, plutôt qu'à la consommation de quelque élément contenu dans cette solution.

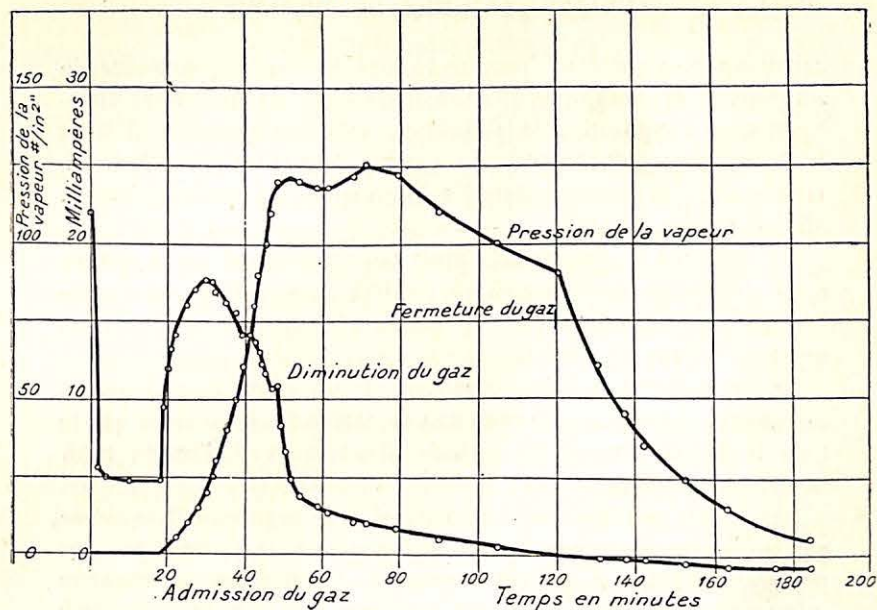


ESSAI N° 19. — Répétition des nos 17 et 18, après un plus long intervalle pour le refroidissement. (Même solution que pour les essais nos 17 et 18.)

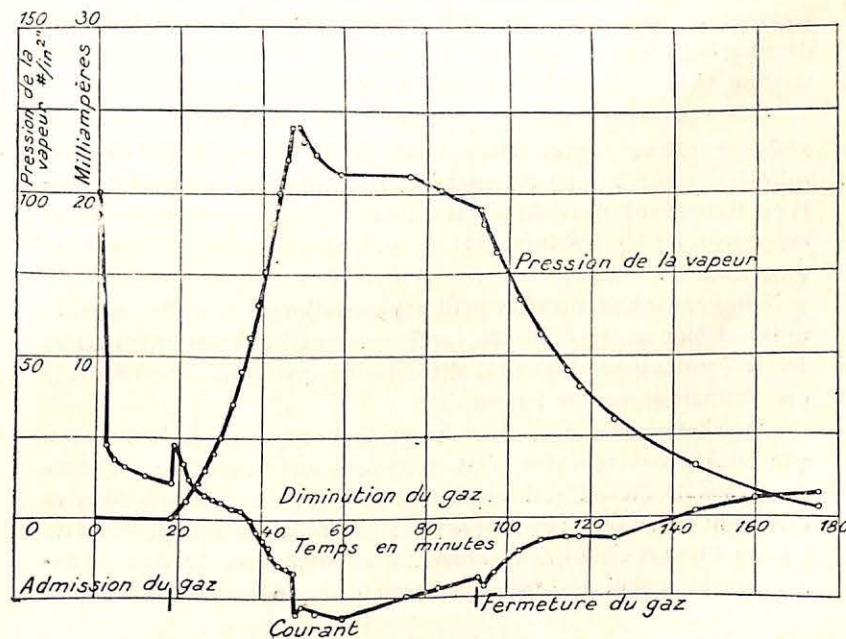
L'essai n° 24 montre l'influence de l'introduction de l'hydrate de barium dans l'eau et l'essai n° 25 est une répétition du précédent, après que la même solution eut été laissée pendant 3 heures dans l'appareil dont le circuit était ouvert.

Par la répétition du chauffage, le courant décroît, ensuite il devient négatif et le tube intérieur forme la cathode, ainsi que cela s'est produit d'une façon plus marquée, avec la solution de soude.

Parmi les faits dignes d'attention qui restent inexplicables, nous



ESSAI N° 24. — Eau rendue alcaline par de l'hydrate de barium. (Solution aqueuse renfermant 10 grammes de Ba (OH)₂ pour 6,000 centimètres cubes.)



ESSAI N° 25. — Répétition du n° 24. (Même électrolyte, mais refroidi.)

mentionnerons que dans l'essai n° 14, une décroissance momentanée du courant et de la force électromotrice s'est marquée immédiatement après l'application de la chaleur ; cela s'est produit également dans les essais n°s 15 et 16. Lors de la fermeture du gaz, il y a encore un point critique dans les diagrammes des essais n° 12, 14, 15, 17, 18, 19, 21 et 25.

On sait que si l'appareil n'avait pas été nettoyé avant chaque essai, différentes conséquences se seraient montrées, parce que le dépôt oxydé qui se forme sur le tube intérieur constitue certainement un facteur important.

Le plus souvent ce dépôt consistait en un oxyde noir, adhérant fortement ; lorsque l'eau contenait du carbonate de soude et que le tube intérieur devenait la cathode, il se couvrait d'oxyde brun faiblement adhérent.

Dans la plupart des essais, la corrosion de ce tube était la même que celle qui s'observe dans les chaudières de locomotive. Des piqûres naissantes y ont été constatées, spécialement à sa partie inférieure ; des piqûres et des rainures bien marquées ont été observées également aux extrémités des tubes.

On estimera, sans doute, qu'on ne peut tirer des conclusions absolues, applicables aux grandes chaudières à vapeur, d'expériences effectuées dans un petit appareil, tel que celui qui a été décrit précédemment ; ces expériences donnent toutefois la démonstration de la possibilité d'une action électrolytique marquée.

Nous y trouvons une confirmation d'une observation tirée de la pratique des chaudières, dans lesquelles des échauffements et des refroidissements répétés activent la corrosion, suivant laquelle celle-ci est fortement influencée par la qualité de l'eau, en ce qui concerne sa pureté et les produits qui y sont ajoutés pour prévenir les incrustations.

Nous croyons aussi qu'un petit appareil d'expérience de ce genre convient bien pour l'étude de l'influence qualitative et quantitative des différentes espèces d'eau d'alimentation, parce qu'il peut fournir des résultats en peu de temps.

L'une des conclusions à tirer des quelques attaques expérimentales que nous avons réalisées, c'est qu'en présence de grandes quantités de carbonate de soude, les tubes chauffés devenant la cathode ne se corrodent pas. Ceci est conforme à l'expérience acquise dans certaines parties du pays où les eaux alimentaires employées dans les chaudières contiennent un excès de carbonate de soude.

Si l'action électrolytique entretenue par des différences de températures est responsable de la corrosion des chaudières, pour la plus grande ou tout au moins pour une large part, le remède à cette corrosion doit évidemment être trouvé dans la suppression d'une telle action électrolytique, ce qui constitue un problème d'ordre électrique.

Examinant ce point de vue, nous présenterons les considérations suivantes : l'action électrolytique pourrait être prévenue, si la solution était non conductrice, ce qui est naturellement impossible en pratique, puisque l'eau distillée elle-même possède une conductibilité appréciable.

Un autre moyen d'interrompre le courant serait d'isoler les parties chauffées et par suite électro-positives, des autres parties métalliques de l'appareil, par exemple d'interposer un isolant entre les tubes, s'ils tendent à se corroder, et la plaque tubulaire. Ce moyen paraît encore impraticable. Il convient de réduire autant que possible la valeur des forces électromotrices et des essais peuvent être effectués, en vue d'étudier l'influence de la composition des eaux d'alimentation. Que ces forces soient susceptibles d'un certain nombre de contrôle, cela résulte du fait que nous pouvons renverser le sens du courant en modifiant la composition de l'eau. Il ne semble pas d'ailleurs qu'on puisse découvrir aucune solution mettant en jeu des forces électromotrices faibles, qui seraient en équilibre stable.

Nous signalerons, comme une observation plus importante, que les forces électromotrices doivent être distribuées de façon que le sens du courant soit tel que les parties vitales de la chaudière soient protégées ; en faisant de ces parties la cathode, leur corrosion sera empêchée.

Ceci a été fait en employant le zinc, métal fortement électro-positif, vis-à-vis du fer qui forme ainsi la cathode. La protection obtenue est une conséquence de la destruction du zinc et beaucoup de propriétaires de chaudières sont peu favorables à ce procédé, à cause de la dépense de zinc, des difficultés que soulèvent sa distribution dans la chaudière et le maintien d'un contact métallique, de la rapide destruction du zinc et de l'effet nuisible de son oxyde sur les matières formant l'incrustation.

Une méthode qui n'est pas entièrement nouvelle, bien qu'elle n'ait pas été suffisamment essayée en pratique, consiste à employer comme anode, une matière autre que le zinc, ne présentant pas les mêmes inconvénients, et à lui conserver son rôle d'anode, non plus par sa propre énergie, mais par de l'énergie provenant d'une source

extérieure. On remplacerait, par exemple, un des tubes à feu d'une chaudière de locomotive, par une barre de fer isolée de la plaque tubulaire par un joint spécial et reliée au pôle positif d'une source d'énergie électrique, batterie d'accumulateurs ou petite dynamo à courant continu, dont le négatif serait mis en communication avec la masse de la chaudière. Cette barre constituerait l'anode et toute la corrosion interne serait concentrée sur sa surface.

Il est possible que la protection désirée serait obtenue avec une faible consommation d'énergie électrique, si une telle anode pouvait être convenablement montée; en fait, il ne serait pas nécessaire d'employer une tension de plus de 1/2 volt et la densité du courant serait probablement très faible.

Cette méthode n'est pas donnée comme un moyen certain de supprimer les corrosions, mais plutôt comme un palliatif qui est digne de recherches plus complètes (1).

Des forces électromotrices mesurables ont été trouvées lors des essais qui ont été décrits précédemment; mais des recherches expérimentales restent à exécuter pour fixer exactement leur origine.

En mesurant la différence de potentiel entre deux électrodes, nous avons obtenu la somme algébrique de deux potentiels, celui de l'anode et celui de la cathode; les forces électromotrices consignées dans ce mémoire sont de telles sommes; leur diminution peut être due à un changement dans le potentiel de contact entre l'électrolyte et les électrodes métalliques, ou bien à des phénomènes de polarisation ayant pour cause la libération d'hydrogène ou de quelque autre matière à la cathode et d'oxygène ou d'une substance similaire à l'anode. Ces phénomènes de polarisation s'opposent à la corrosion électrolytique; toutes les circonstances qui réduisent la polarisation augmentent par suite la corrosion. On admet généralement que la présence d'oxygène libre dans l'eau est nuisible aux chaudières à vapeur, parce qu'il s'unit au fer et le corrode. Mais le Dr W. H. Walker a établi d'une façon certaine, ce fait important que l'oxygène libre provoque la corrosion du fer, non pas en s'unissant directement à lui, mais par sa combinaison avec l'hydrogène naissant

(1) *Note du traducteur.* — Le moyen préconisé par le professeur Burgess a été appliqué dans le procédé électrolytique Cumberland, qui a été essayé d'abord en Australie et a été adopté par les grandes compagnies de navigation « Withen Star » et « Cunard ». A consulter au sujet de ce procédé, *The Marine Engineer and Naval Architect* (Londres, n° de septembre 1913) et la *Revue de l'Ingénieur et Index technique* (1913, n° 3-6, p. 268).

dégagé à la cathode. Cette combinaison diminue la polarisation d'une partie de la surface métallique et augmente par suite la corrosion d'une autre partie de cette surface. Quelque autre agent oxydant contenu dans l'électrolyte peut être choisi, en vue d'une action semblable. De même un agent réducteur dissous, ou qui est diffusé à travers l'électrolyte, peut exercer une action dépolarisante à l'anode.

Pour obtenir une conception mieux définie et plus claire des phénomènes électrolytiques dont il vient d'être question, il importe d'étudier le changement de potentiel des électrodes prises séparément. Pour cela, il serait nécessaire de noter les différences de potentiel entre le tube intérieur et l'électrolyte, ainsi que la température et les autres conditions variables de l'essai; une recherche analogue serait également consacrée à l'autre tube, qui correspond à l'enveloppe de la chaudière. Cela peut se faire en employant une électrode à potentiel normal ou constant.

Il est démontré qu'il existe des couples galvaniques autres que ceux produits par des différences de température et l'auteur a publié quelques clichés montrant notamment l'influence de l'écroutissage (1).

On sait depuis longtemps que le fer et l'acier étirés au-delà de leur limite élastique subissent une modification de leur énergie interne. Ils prennent alors, vis à-vis d'un électrolyte, un potentiel différent de celui du même métal à l'état normal.

On trouvera une discussion des effets quantitatifs de cet écroutissage dans le mémoire « The Corrosion of Iron from the Electro-chemical Stand point » publié en avril 1908, dans les *Transactions of American Electrochemical Society*.

(1) *Note du traducteur.* — Nous nous sommes abstenus de reproduire ces clichés, parce que plusieurs d'entre eux manquaient de clarté. Au surplus, la dernière partie du mémoire du professeur Burgess ne présente pas autant d'intérêt que les précédentes: nous estimons donc inutile d'en publier la traduction.

PRODUCTION,
MOUVEMENT COMMERCIAL ET CONSOMMATION
DE
COMBUSTIBLES MINÉRAUX
EN
en Hongrie, en 1912 (1)

PRODUCTION TOTALE. — La production totale de combustibles minéraux a été de 9,587,275 tonnes. Cette quantité se décompose de 8,284,871 tonnes de lignite, ou 86.4 %, et de 1,302,404 tonnes de houille ou 13.6 %. La valeur globale des combustibles minéraux extraits représente 101,935,224 francs ou 47.5 % de la valeur totale de la production minérale de la Hongrie, en 1912.

Lignite. — La production des mines s'élevait à 8,284,871 tonnes, contre 8,154,560 tonnes en 1911; elle a donc augmenté de 130,311 tonnes ou de 1.8 %. La valeur globale de cette production est de 84,234,835 francs; le prix moyen par tonne, sur le carreau des mines, s'est élevé de fr. 9-94 à fr. 10-15, soit une hausse de 21 centimes par tonne. 7,514,090 tonnes ou 92.95 % de la production totale ont été extraits des mines privées et 640,469 tonnes ou 7.05 % provient des mines appartenant à l'Etat.

Le tableau ci-après indique la répartition de la production de lignite et des prix par tonne par groupes géographiques de bassins. Les divers centres d'exploitation sont rangés ci-après dans l'ordre que leur assigne l'importance de leur extraction.

(1) Extrait de l'Annuaire statistique pour l'année 1912, publié par l'Office central de statistique du Royaume de Hongrie (Budapest, 1913).

GROUPES GÉOGRAPHIQUES DE Bassins de lignite.	Production		Prix moyens sur place par tonne	
	1912	1911	1912	1911
	Tonnes	Tonnes	Fr.	Fr.
Vallée de Zsil	1,971,841	1,921,947	12.36	12.36
Tatabanya	1,807,222	1,756,296	11.10	11.10
Salgotarjan	1,661,277	1,575,566	8.90	8.27
Vallée de Sajo.	1,290,985	1,270,559	7.54	7.43
Esztergom	469,912	423,971	10.05	9.63
Bassin de Budapest	344,634	339,953	10.68	10.68
Tous les autres bassins . .	739,000	866,268	9.73	8.90
Ensemble des bassins . . .	8,284,871	8,154,560	10.15	9.94

Le nombre total d'ouvriers occupés en 1912 dans les mines de lignite a été de 40,293 (contre 40,688 en 1911). Voici la répartition de ce personnel :

	Hommes de plus de 16 ans	Garçons de 14 à 15 ans	Femmes de plus de 16 ans	Ensemble
Intérieur	26,491	707	—	27,198
Surface	11,500	1,198	397	13,095
TOTAL	37,991	1,905	397	40,293

On comptait 14,482 ouvriers de veine, soit 243 de moins qu'en 1911.

Le tableau suivant montre les *rendements moyens* des *ouvriers sans distinction* et des *ouvriers de veine* par bassin, en 1912 :

Bassins de lignite	Production annuelle par ouvrier de l'intérieur et de la surface réunis	Production	
		annuelle	journalière
		Par ouvrier de veine	
	Tonnes	Tonnes	Tonnes
Vallée de Zsil	163.9	641.4	2.055
Tatabanya	256.8	850.8	2.836
Salgotarjan	252.8	464.7	1.653
Vallée de Sajo.	278.6	638.1	2.239
Esztergom	250.3	688.0	2.293
Bassin de Budapest	209.4	520.5	1.735
Tous les autres bassins	113.8	315.6	1.112
Ensemble des bassins	205.6	572.0	1.940
En 1911.	200.4	553.7	1.934

Comme on le voit, le rendement des ouvriers a augmenté par rapport à 1911, de 5.2 tonnes par an pour les ouvriers de l'intérieur et de la surface réunis, et de 18.3 tonnes par an, respectivement de 6 kilog. par journée pour les ouvriers de veine.

Les *salaires journaliers* moyens étaient les suivants :

Hommes, sans distinction . . .	fr. 3-67 (contre fr. 3-49)
Garçons de 14 à 16 ans	» 1-28 (» 1-35)
Femmes	» 1-34 (» 1-40)
Ouvrier de veine	» 4-84 (» 4-61)

Le salaire moyen *annuel* par *ouvrier à veine* a été de 1,426 francs, contre 1,318 francs en 1911).

Houille. — La production des houillères a été de 1,302,404 tonnes (contre 1,290,182 tonnes en 1911), soit 12,222 tonnes ou 0.8 % de plus qu'en 1911.

La valeur globale a été de 17,700,389 francs ; le prix moyen par

tonne sur le carreau des mines s'est élevé de fr. 12-57 à fr. 13-61, soit une hausse de fr. 1-04 par tonne. 1,262,200 tonnes ou 96.92 % de cette production ont été extraits des houillères privées et 40,144 tonnes ou 3.08 % des houillères de l'Etat.

Le tableau suivant indique la répartition de la production et des prix par tonne par groupes géographiques des bassins de houille.

GROUPES GÉOGRAPHIQUES DE Bassins de houille	Production		Prix moyens sur place par tonne	
	1912	1911	1912	1911
	Tonnes	Tonnes	Fr.	Fr.
Pécs	853,115	850,763	12.78	13.30
Bassin méridional (district de Reschitza-Szekul-Anina) .	446,149	438,277	15.18	12.78
Brasso (Transylvanie) . .	3,140	1,142	16.96	10.57
Ensemble des bassins. . .	1,302,404	1,290,182	13.61	12.57

Le nombre d'ouvriers occupés en 1912 dans les houillères a été de 8,747, soit 118 de plus qu'en 1911. Voici la répartition de ce personnel :

	Hommes de plus de 16 ans	Garçons de 14 à 16 ans	Femmes de plus de 16 ans	Ensemble
Intérieur	5,807	323	—	6,130
Surface	1,942	359	316	2,617
Total	7,749	682	316	8,747

On comptait 3,638 ouvriers de veine, soit 141 de plus qu'en 1911.

Le tableau ci-après montre les *rendements moyens des ouvriers sans distinction et des ouvriers de veine* des deux bassins principaux, en 1912 :

Bassins de houille	Production annuelle par ouvrier de l'intérieur et de la surface réunis	Production	
		annuelle	journalière
		Par ouvrier de veine	
	Tonnes	Tonnes	Tonnes
Bassins de Pécs	194.3	563.4	1.707
Bassin méridional.	108.2	219.3	0.723
Ensemble des deux bassins . . .	149.0	357.9	1.135
En 1911	149.5	368.9	1.198

Les rendements des ouvriers des houillères ont diminué contre 1911 : de 0.5 tonne par an, pour les ouvriers de l'intérieur et de la surface réunis et de 11 tonnes par an, respectivement de 63 kilog. par journée, pour les ouvriers de veine.

Les *salaires journaliers moyens* étaient les suivants :

Hommes sans distinction . . .	fr. 3.24 (contre fr. 3.22)
Garçons de 14 à 16 ans. . . .	1.24 (» » 1.28)
Femmes	1.35 (» » 1.28)
Ouvriers de veine	4.22 (» » 4.12)

Le salaire moyen *annuel* par ouvrier de veine a été de 1,338 fr. (contre 1,264 francs en 1911).

Voici les productions annuelles des combustibles minéraux en Hongrie depuis 1905 :

	LIGNITE Tonnes	HOUILLE Tonnes
1905	6,088,578	1,088,087
1906	6,365,214	1,237,730
1907	6,491,477	1,274,159
1908	7,151,472	1,210,442
1909	7,658,719	1,397,424
1910	7,734,166	1,302,102
1911	8,154,560	1,290,182

Fabrication du coke et des agglomérés.

La production du coke a été de 149,912 tonnes (contre 145,104 t.); sa valeur globale de 4,518,980 francs et la valeur moyenne à la tonne s'élevait à fr. 30.16 (contre fr. 29.32).

La production des briquettes a été de 118,504 tonnes (contre 118,412 tonnes); leur valeur globale s'élevait à 2,302,435 francs, soit fr. 19.48 la tonne (contre fr. 19.27). La fabrication du coke et des agglomérés a absorbé 223,308 tonnes de houille.

Mouvement commercial et consommation
de combustibles minéraux

La production de combustibles minéraux en 1912 a été de 71.1 % de la consommation totale de la Hongrie (contre 74.3 % en 1911). Cette consommation s'élevait à 13,500,000 tonnes (contre 12,700,000 tonnes en 1911 et 11,550,000 tonnes en 1910) et la consommation par tête de la population, en 1912, était de 0.63 tonne.

En 1900, la consommation totale a été de 7,450,000 tonnes et la consommation par tête de 0.38 tonne, tandis que la production, en 1900, a été de 6,570,000 tonnes. Pendant la période de 1900 à 1912 la consommation totale a augmenté de 6,050,000 tonnes ou de 81.2 %, la consommation par tête, de 0.25 tonne ou de 65.7 %, et la production, de 3,020,000 tonnes ou de 45.9 %. L'augmentation de 81.2 % de la consommation par rapport à 1900, est un indice de la prospérité croissante de l'industrie de la Hongrie.

Comme la production du pays n'est pas suffisante aux besoins du marché, il faut combler le déficit par les importations de combustibles minéraux. Voici les chiffres des quantités importés et exportés en 1912 et 1911 (1) :

(1) Les données concernant le mouvement commercial sont extraites des tableaux de la douane publiés par l'Office central de statistique du Royaume de Hongrie (Budapest, 1913).

Combustibles minéraux	1912		1911	
	Importations	Exportations	Importations	Exportations
	Tonnes	Tonnes	Tonnes	Tonnes
Houille.	3,187,487	53,650	2,834,747	35,415
Lignite	307,985	256,805	243,073	255,425
Coke	590,134	15,079	502,064	15,582
Briquettes	3,807	2,544	3,597	1,288

Il y a donc, en 1912, un excédent des importations de 3,761,335 tonnes et en 1911, un excédent de 3,275,771 tonnes de combustibles minéraux.

Les importations représentent 36.4 % de la production totale; elles ont *augmenté*, depuis 1900, de 2,519,300 tonnes ou de 160.4 %.

Les exportations ne représentent que 3.2 % de la production totale; elles ont *diminué*, depuis 1900, de 361,900 tonnes ou de 190.6 %.

La production de charbon en Hongrie, en 1912, ne représente que 0.77 % de la production mondiale, évaluée à 1,245 millions de tonnes. Quant à la *production* de charbon, la Hongrie occupe le *treizième* rang parmi les pays producteurs de combustibles minéraux (entre le Canada et le Cap). Quant à la *consommation* totale de charbon sa place est au *neuvième* rang (entre le Canada et le Japon).

BIBLIOGRAPHIE

Cours d'exploitation des mines et principalement des mines de houille (*Lehrbuch der Bergbaukunde mit besonderer Berücksichtigung des Steinkohlenbergbaues*), par F. Heise, professeur et Directeur de l'Ecole des Mines de Bochum, et F. Herbst, professeur à l'Ecole technique supérieure d'Aix-la-Chapelle. — 3^{me} édition : tome I^{er}. — Editeur J. Springer, Berlin, 1914.

Le succès d'une œuvre s'explique par sa valeur intrinsèque et par le goût du public. En matière technique, le monde des lecteurs est restreint à une catégorie de spécialistes assez exigeants. Ils veulent du fond, de la méthode. Sans dédaigner les agréments du style, ils en apprécient surtout les qualités fortes, la concision, la clarté. En exploitation des mines particulièrement, ils se heurtent à des questions très-complexes pour la plupart, ils veulent à une analyse savante voir succéder des conclusions nettes, précises, aboutissant à des solutions concrètes, adéquates aux contingences. Se maintenir au niveau de telles exigences, c'est un but élevé qu'on n'atteint pas sans maîtrise, sans un effort constant attentif à surveiller toutes les évolutions et toutes les innovations.

Ce but, les deux distingués professeurs de Bochum et d'Aix-la-Chapelle y sont parvenus. Dès son apparition, leur Cours a pris rang parmi les ouvrages classiques qu'il n'est plus permis d'ignorer, et il en est arrivé en cinq ans à sa troisième édition. Celle-ci n'est pas une simple réimpression mais comporte des améliorations importantes.

Soucieux avant tout de rester dans les limites assignées à leur enseignement, les auteurs se sont efforcés de ne pas augmenter le volume du livre tout en tenant compte largement des progrès et de l'expérience récente. Il leur a fallu supprimer certains clichés, réduire quelques autres, condenser les explications et enfin sacrifier l'exposé de questions dont l'intérêt actuel s'efface. Tel un jardinier expert en présence d'une végétation touffue n'hésite pas à élaguer le bois mort ou les rameaux languissants pour donner de l'air et de la lumière aux jeunes pousses qui promettent d'être fécondes. L'ouvrage ainsi conçu est donc parfaitement au point en ce qui

concerne tous les procédés anciens ou récents qui se sont implantés définitivement dans l'exploitation des mines de houille. C'est un avantage qu'appréciera l'ingénieur qui dispose de peu de temps pour des recherches.

Au point de vue didactique, il y a un écueil à s'en tenir trop strictement au côté utilitaire, professionnel. L'évolution des méthodes et des engins est instructive et il faut reconnaître que dans certains cas on a porté des jugements trop hâtifs. Ainsi les marteaux pneumatiques ont été employés aux mines du Mansfeld dès 1892. Combien de traités d'exploitation des mines les ont mentionnés avant 1905 ? Mieux connus, mieux appréciés à leur apparition ; ces auxiliaires aujourd'hui indispensables auraient-ils tardé autant à faire leur chemin ? Nos auteurs ont prévu l'objection. S'ils ont supprimé la description de procédés ou d'appareils qui n'ont pas donné en pratique les résultats attendus, ils n'en négligent pas les principes ni la critique. Quelques notes bibliographiques ont aussi été introduites ; elles pourraient être un peu plus nombreuses.

Ces modifications de fond et de forme que nous venons d'esquisser d'une manière générale se notent dès le premier chapitre, consacré aux gisements miniers. La partie spéciale est plus condensée ; en ce qui concerne les houilles, les lignites, l'exposé a subi quelques transpositions logiques, la distinction des formations autochtones et allochtones est mieux précisée que dans les éditions précédentes. Au chapitre des sondages, on remarquera les paragraphes relatifs à la critique des chutes libres et des coulisses, des systèmes continus à suspension funiculaire et à balancier, un autre choix des appareils décrits, la suppression du système Wolski. L'addition la plus importante est celle d'un chapitre spécial consacré aux sondages horizontaux et inclinés, sondages intérieurs au grisou et aux eaux. Ces derniers ont été transposés du chapitre de l'exploitation proprement dite.

Dans l'abatage, c'est le chapitre des haveuses qui a subi le plus de remaniements. La haveuse à barre y a déplacé les haveuses à chaîne ; elle a été introduite en 1908 dans les mines de Saarbrück et les résultats obtenus lui font donner la préférence sur les autres systèmes. Sur les perforatrices électriques, les marteaux pneumatiques et spécialement sur l'avancement automatique, le maniement, l'entretien, la fabrication des fleurets, la captation des poussières, on trouvera des dessins nouveaux et des renseignements circonstanciés. Les marteaux électriques, bien que n'ayant pas encore fait leur preuve, ont paru assez intéressants pour mériter un paragraphe spécial.

Au chapitre des explosifs, nous ferons observer en passant, que nos auteurs entendent par température de détonation, celle des gaz qui sortent du fourneau de mine ; ils l'appellent aussi indifféremment température de la flamme. Ce sont là deux choses distinctes. La température de détonation, d'après Mallard et Le Chatelier, c'est la température instantanée résultant d'une explosion à volume constant, elle est indépendante du poids d'explosif et des parois de la chambre d'explosion ; elle est bien caractéristique d'un explosif et d'une réaction. Il y a un intérêt scientifique à maintenir cette notion sans adulation.

La question des explosifs de sûreté est toujours d'actualité et acquiert une grande ampleur. Elle est cependant traitée ici avec une réserve qui de la part de l'ancien directeur de la galerie de Schalke est voulue, mais dont on souhaiterait le voir se départir.

Après la définition de la *charge-limite* et l'exposé des prescriptions réglementaires en Prusse depuis 1910, nous trouvons condensées en quatre lignes, les circonstances qui influent sur l'explosion du grisou et des poussières. Cette énumération mérite-t-elle les honneurs d'un numéro et d'un titre spécial ? Réussit-elle même à piquer la curiosité ? Elle n'est qu'une introduction au paragraphe suivant. Mais sans entrer dans une discussion approfondie, nécessairement longue et, dans l'état de nos connaissances, impuissante à lever tous les doutes, il y a dans les « Causes des explosions de grisou et de poussières » des faits bien constatés quant au rôle de la température de détonation, du pouvoir brisant, des conditions du tir, de la section des galeries. L'exposé peut en être bref, même présenté en diagramme ; il est du plus haut intérêt. Ce ne sont pas spéculations stériles, mais connaissances précieuses pour juger sainement du degré de sécurité des explosifs, de l'aléa que laissent subsister les meilleurs, du rapport qu'il convient d'établir entre les dangers que présentent les mines dans la réalité et les résultats obtenus dans les galeries d'essai. Ceux qui ne connaissent pas la galerie de Dortmund et les méthodes d'épreuve qu'on y adopte, ne peuvent attacher qu'une signification vague aux charges-limites, grisou ou poussières, renseignées dans la liste, d'ailleurs très intéressante, des explosifs des diverses classes. Une note au bas du tableau suffirait à donner à ce sujet l'éclaircissement désirable.

L'exploitation proprement dite, dont la documentation est empruntée exclusivement aux mines allemandes, est d'une lecture très attrayante. La critique y a une part prépondérante et par là ce cha-

pitre apporte à tous un enseignement des plus substantiels. Notons dans la présente édition des modifications heureuses dans l'exposé, quelques développements parfaitement justifiés concernant l'exploitation en vallée, la hauteur d'étages, le rôle du remblai, les effets du tassement, et surtout l'importance attribuée aux méthodes par grandes tailles desservies par haveuses, transporteurs du charbon et du remblai. A l'heure où l'on commence à s'apercevoir en Belgique des avantages de ces méthodes, la discussion approfondie dont elles font l'objet dans le Cours de Heise et Herbst mérite d'être signalée.

Dans la section de l'aérage, les considérations relatives aux propriétés physiques de l'air de la mine arrivent assez inattendues entre le grisou et les poussières de charbon. On les chercherait plutôt au chapitre IV, A. Sur les explosions de poussières, des compléments utiles ont été introduits, notamment les arrêts-barrages d'eau et de poussières inertes, et le bourrage extérieur. Les ventilateurs volumogènes ont entièrement disparu. Les descriptions de ventilateurs déprimogènes ont été limitées. Par contre, le chapitre de l'éclairage s'est enrichi de la description détaillée de nouveaux types de lampes électriques.

L'exécution matérielle ne mérite que des éloges; les croquis, les schémas, qui sont une spécialité des plus appréciées de ce cours, ont été soigneusement revus. En terminant ce compte-rendu, c'est un devoir agréable de rendre hommage au zèle consciencieux avec lequel les auteurs remettent leur ouvrage sur le métier, le rajeunissent et le polissent.

L. DENOËL.

Cours de physique générale, par H. OLLIVIER, maître de conférences à l'Université de Lille. — Tome I, in-8° de 716 pages. — Paris, Hermann et Fils. 1913. Prix : 18 francs.

Le cours de physique générale de M. Ollivier est destiné aux étudiants sortant des lycées, qui se préparent soit à l'Agrégation en Sciences Physiques, soit aux examens d'Ingénieur. Il suppose des connaissances élémentaires de calcul différentiel et intégral, de mécanique rationnelle, ainsi que les notions générales de physique enseignées dans les cours moyens.

Ce n'est donc pas un traité de haute science physique, mais un exposé, remarquablement méthodique et complet, des principales

questions actuellement examinées par la physique. L'auteur a eu soin, en effet, de passer sous silence les questions qui n'ont plus qu'un intérêt historique et qui malgré tout encombrant encore les cours de physique récents. Il a pu, de la sorte, s'arrêter plus longuement sur les problèmes actuels.

Les nombreuses figures qui sont intercalées dans le texte, tout en étant soigneusement dessinées, sont schématiques, à part une planche hors-texte reproduisant des photographies de parcours de particules électrisées; aussi le Cours de M. Ollivier ne ressemble-t-il pas comme bien d'autres, à un catalogue de marchand d'appareils de physique.

Le tome premier traite des unités, de la gravitation, de l'électricité et du magnétisme, des ions et des électrons, avec un aperçu assez développé sur la radioactivité. Il se termine par une partie qui manque dans la plupart des cours de physique, et qui expose les principes de la théorie de la symétrie dans les phénomènes, tels que le regretté P. Curie les a proposés.

La majeure partie du volume, 600 pages environ, est consacrée à l'étude des phénomènes électriques.

Les professeurs de nos écoles d'enseignement supérieur, aussi bien que tous ceux qui, tout en n'étant pas spécialisés dans les études de physique, désirent cependant se tenir au courant des progrès de cette science, tireront un sérieux avantage de la lecture du volume que nous venons d'analyser.

D^r J. L.

La théorie des affaissements du sol dans les régions charbonnières.

(*Die Theorie der Bodensenkungen in Kohlengebiete, mit besonderer Berücksichtigung der Eisenbahnsenkungen der Ostrau-Karwiner Steinkohlenreviers*), par A. H. GOLDRICH. — In-8° de 260 pages et 132 figures. — Julius Springer, éditeur à Berlin. — Prix : 10 marks.

Les livres et les publications qui traitent de la question des affaissements du sol consécutifs aux exploitations souterraines sont toujours intéressants à consulter tant pour les ingénieurs des charbonnages que pour les experts qui s'occupent spécialement de la question. Le traité que nous signalons à l'attention des lecteurs des *Annales des Mines de Belgique* a le mérite particulier qu'il renferme les données d'une expérience de plusieurs années, que l'auteur, en sa qualité de

membre du conseil de direction de la section des voies et travaux du chemin de fer Mährisch-Ostrau Oderfurt, a acquise en observant les dégradations causées à cette ligne par les travaux miniers de la région et en les mesurant par de nombreux nivellements.

Après un aperçu sur la nature des terrains des différentes assises géologiques en général et, en particulier, sur celles composant le sous sol du bassin houiller d'Ostrau-Karvin où se placent ses observations, l'auteur passent en revue les différentes théories qui ont été émises, tout d'abord sur cet important sujet, et dont le point de départ ont été les études faites par l'Ingénieur des Mines belge Gonot dès 1839. Après lui, Schultz et Sparre ont les premiers traité la question en Allemagne. Les travaux les plus importants qui ont été effectués sur le sujet, dans ces dernières années, sont analysés avec soin, notamment les observations importantes publiées en 1897 par l'*Oberbergamt* de Dortmund, les travaux de Hausse publiés en 1907 et plus récemment encore l'intéressant mémoire que notre compatriote M. Léon Thiriart, Directeur gérant des Charbonnages de Patience et Beaujonc, a publié en 1912 dans les *Annales des Mines* (1) et qu'une traduction du professeur Vincent Pollack, de la « Technische Hochschule » de Vienne, a répandu dans le monde des spécialistes de langue allemande.

L'auteur examine ensuite, plus en détail, les théories qui ont été faites sur la question dans le bassin d'Ostrau-Karvin, notamment par le professeur Rziha, de la « Technische Hochschule » de Vienne et principalement par le *Bergdirektor* Jicinsky : ses recherches auraient confirmé cette dernière théorie. La partie capitale de l'ouvrage est renfermée dans le chapitre III où l'Ingénieur Goldreich expose une théorie qui lui est personnelle et qu'il a basée sur les observations qu'il a eu l'occasion de faire sur les dégradations causées, aux voies ferrées de son service, par les exploitations minières. Cette étude est particulièrement intéressante en ce qui concerne l'influence des formations tertiaires sur les effets, à la surface, des exploitations pratiquées dans les terrains sousjacents. Ce chapitre est divisé en trois parties principales: la détermination de la direction des cassures (*Bruchrichtung*), la détermination de la direction des cassures limites (*Grenzrichtung*) et enfin la détermination de l'importance des affaissements de la surface du sol. Dans un dernier chapitre, l'auteur étudie encore les mesures de sécurité à prendre pour la conservation

(1) *Annales des Mines de Belgique*, t. XVII, p. 3.

des voies ferrées en terrains minés et donne une série d'exemples caractéristiques d'affaissements de travaux de l'espèce, qu'il a eu l'occasion d'observer au cours de sa carrière.

Ce livre, outre qu'il donne un bon aperçu général sur les principales théories émises sur la matière, aperçu exposé avec beaucoup de clarté, renferme des données d'autant plus intéressantes qu'elles sont basées sur des observations précises. Il sera certainement utile aux personnes qui ont à s'occuper de la question des dégâts miniers.

G. L.

Disposition des turbines hydrauliques couchées pour des chutes de 3 à 30 mètres, par JOHANN HALLINGER, ingénieur à Munich. —

Une brochure de 33 pages, en trois langues, avec nombreuses figures et planches, éditée chez J. C. Huber, à Diessen-Munich.

Cette brochure renferme l'exposé d'une disposition que l'auteur, qui est un spécialiste en matière de turbines hydrauliques, a fait breveter récemment. On sait qu'avec l'augmentation de la quantité d'eau pour laquelle elles sont construites, la vitesse de rotation des turbines diminue. Si donc on veut éviter l'emploi de génératrices électriques à vitesse de rotation réduite qui sont coûteuses, ou de faire usage de transmissions multiplicatrices qui sont en général à écarter au point de vue de la sécurité du fonctionnement, il y a intérêt à employer une série de petites turbines placées sur un même arbre attaquant directement la génératrice. L'auteur a étudié une disposition de ces groupes de turbines telle que les frais d'établissement et notamment le coût de construction des chambres de machines soient réduits à un minimum. Cette disposition qui consiste à placer les groupes avec leurs axes perpendiculaires à la direction du courant d'eau, permet, d'après lui, de réaliser une économie de 40 % en moyenne sur les frais relatifs à une installation de même puissance, mais établie d'après la disposition habituelle qui consiste à placer les turbines avec leur axe parallèle à la direction du courant moteur. Indépendamment de cet avantage, la disposition préconisée permettrait d'obtenir une charge égale des différentes turbines, d'éviter les tourbillons et les aspirations d'air si nuisibles à leur rendement, etc.

L'auteur donne les plans d'une série d'application de son dispositif à diverses circonstances locales et établit par des chiffres les avantages économiques de ce système sur ceux en usage jusqu'ici.

G. L.

Atlas de géologie économique, colligé par LÉON DEMARET, Ingénieur en chef Directeur des mines, professeur de géologie à l'Institut commercial des Industriels du Hainaut, à Mons. — 1^{re} partie : Gisements de minerais. — Autogr. Ch. Delporte et Fils, 20, rue Verte, à Mons.

Sous ce titre M. L. Demaret vient de faire paraître une collection fort intéressante de plus de 500 croquis donnant la physionomie des gisements métallifères les plus importants ou les plus connus.

Une table, « à double entrée » (par pays et par métal) permet de retrouver aisément l'aspect d'un gisement de tel minerai dans tel pays.

L'auteur destine principalement son recueil à l'enseignement de la géologie économique; cet atlas dispense, en effet, le professeur d'exécuter, au tableau, des dessins passablement compliqués, et l'élève de les copier plus ou moins fidèlement. Le recueil donne là toute son utilité, grâce au texte dont le professeur explique les dessins. On aurait, il faut le dire, aimé trouver un résumé, fût-il même très succinct, de ce texte, accompagnant les divers groupes de figures; ce court commentaire eut élargi encore l'utilité de cette publication d'ailleurs des plus intéressante.

V. W.

Revue Universelle des Mines, de la Métallurgie, etc., organe de l'A. I. Lg. — Liège, quai de l'Université, 16, et Paris, boulevard Saint-Germain, 174.

Sommaire du tome V, en 3 livraisons parues respectivement en janvier, février et mars 1914 :

Mémoires.

CHEMINS DE FER.

Les avertisseurs de voie et les avertisseurs de locomotives, par J. CARLIER.

CONSTRUCTIONS INDUSTRIELLES.

Fondations sur pierres en béton armé, pour hauts-fourneaux et usines, par A. BAAR.

ELECTROTECHNIQUE.

1^o *Production économique de l'électricité dans les régions industrielles*, par F^d COURTOY.

2^o *Les problèmes du transport de l'énergie dans les grands ateliers modernes*, par R^d BERGER.

GÉOLOGIE APPLIQUÉE.

Chine et Corée, par A. BORDEAUX.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE.

Les pompes centrifuges à haute pression, par CH. HANOCO.

DIVERS.

1^o *Le VI^{me} Congrès de l'Association internationale pour l'essai des matériaux*, par P. CHANTRAINE.

2^o *V^{me} Exposition technique de l'A. I. Lg.*

Bulletin.

1^o *La combustion superficielle sans flammes et ses applications industrielles*, par P. GILARD.

2^o *Les gaz naturels et leur utilisation*, par POUBIN.

3^o *L'emploi des gaz des fours à coke comme gaz de ville et sa distribution à grande distance.*

4^o *Commission électrotechnique internationale : Symboles internationaux.*

Le tome V contient en outre, comme les précédents, des articles bibliographiques et une très intéressante revue des périodiques techniques belges et étrangers.

RÉPARTITION
DU
PERSONNEL
ET DU
SERVICE DES MINES

Noms et lieux de résidence des fonctionnaires

(1^{er} janvier 1914)



RÉPARTITION DU PERSONNEL

ET

DU SERVICE DES MINES

Noms et lieux de résidence des fonctionnaires

(1^{er} janvier 1914)

ADMINISTRATION CENTRALE

MM. DEJARDIN, L., Directeur général, à Bruxelles;
 WATTEYNE, V., Inspecteur général, à Bruxelles;
 VAN RAEMDONCK, A., directeur, à Bruxelles;
 DELMER, A., Ingénieur de 1^{re} classe, à Bruxelles;
 LEMAIRE, G., » 1^{re} » à Bruxelles.

Service spécial des accidents miniers et du grisou

MM. WATTEYNE, V., Inspecteur général, à Bruxelles;
 BOLLE, J., Ingénieur principal de 1^{re} classe, à Mons;
 LEMAIRE, E., » » de 2^{me} classe, à Mons.
 LEMAIRE G., » de 1^{re} classe, à Bruxelles;

Service des explosifs

MM. LEVARLET, H., Ingénieur principal de 2^{me} classe, Inspecteur,
 à Bruxelles;
 DE BIOLLEY, P., Inspecteur-adjoint, à Bruxelles;
 LALLEMAND, M., » à Bruxelles.

Service géologique

MM. RENIER, ARM., Ingénieur de 1^{re} classe, Chef du Service,
 à Bruxelles;
 HALET, FR., Géologue adjoint, à Bruxelles.
 ASSELBERGS, E., à Bruxelles.

1^{re} INSPECTION GÉNÉRALE DES MINES, A MONS

MM. JACQUET, J., Inspecteur général, à Mons;
 DEMARET, J., Ingénieur principal de 1^{re} classe, à Mons.

Provinces de Hainaut, de Brabant, de la Flandre orientale et de la Flandre occidentale.

1^{er} ARRONDISSEMENT

MM. DEMARET, L., Ingénieur en chef Directeur de 1^{re} classe, à Mons;
 LEBENS, L., Ingénieur principal de 2^{me} classe, à Mons.

La partie de la province de Hainaut comprenant les cantons judiciaires de Boussu (sauf les communes de Hornu, de Quaregnon et de Wasmuël), de Dour, de Pâturages (moins les communes de Givry, d'Harmignies et d'Harvengt), d'Antoing, de Celles, de Péruwelz, de Quevaucamps, de Templeuve et de Tournai et les communes de Cibly, de Gaurain-Ramecroix, de Soignies, d'Horrues, de Naast, de Baudour, de Sirault et de Tertre; les provinces de la Flandre occidentale et de la Flandre orientale.

1^{er} DISTRICT.— M. VERBOUWE, O., Ingénieur de 2^{me} classe, à Mons.

Charbonnages :	Cantons de Dour et d'Antoing.
Belle-Vue,	Provinces de la Flandre occidentale et de la Flandre orientale.
Bois de Boussu,	
Longterne-Trichères,	
Genly.	

2^e DISTRICT. — M. DESENFANS, G., Ingénieur de 1^{re} classe, à Nimy.

Blaton,	Cantons de Boussu (sauf les communes de Hornu, de Quaregnon, de Wasmuël et d'Hensies) et de Péruwelz et communes de Baudour, Sirault et Tertre.
Grande Machine à feu de Dour,	
Grande Chevalière et Midi de Dour.	
Buisson,	
Espérance et Hautrage.	

3^e DISTRICT. — M. DUPRET, AL., Ingénieur de 3^e classe, à Mons.

Bois de Saint-Ghislain,	Cantons de Tournai, de Celles et de Templeuve, et communes de Gaurain-Ramecroix, de Pommerœul, d'Hensies et de Cibly.
L'Escouffiaux,	
Grand Bouillon,	
Cibly,	
Hensies-Pommerœul,	
Nord de Quiévrain.	

4^e DISTRICT. — M. SOTTIAUX, G., Ingénieur de 2^{me} classe, à Mons.
Charbonnages réunis de l'Agrappe, Bonne-Veine.

Cantons de Pâturages (moins les communes de Givry, d'Harmignies et d'Harvengt), de Quevaucamps; moins la commune de Pommerœul, plus les communes de Soignies, d'Horrues et de Naast.

2^e ARRONDISSEMENT

MM. DELBROUCK, M., Ingénieur en chef Directeur de 1^{re} classe, à Mons;

NIBELLE, G., Ingénieur principal de 1^{re} classe, à Mons.

La partie de la province de Hainaut comprenant les cantons judiciaires de Boussu (communes de Hornu, Quaregnon et Wasmuël), de Chièvres, d'Enghien, de La Louvière (communes de Houdeng-Aimeries, Houdeng-Gœgnies et Trivières), de Lens (moins les communes de Baudour, Sirault et Tertre), de Pâturages (communes de Givry, Harmegnies et Harvengt), de Mons (moins la commune de Cibly), de Rœulx (communes de Boussoit, Bray, Casteau, Gottignies, Maurage, Rœulx, Saint-Denis, Strépy, Thieu, Thieusies, Villers-Saint-Ghislain et Ville-sur-Haine), d'Ath, de Flobecq, de Frasnes-lez-Buissenal, de Lessines et de Leuze (sauf la commune de Gaurain-Ramecroix); la province de Brabant (arrondissement judiciaire de Bruxelles).

1^{er} DISTRICT. — M. LIAGRE, E., Ingénieur principal de 2^{me} classe, à Mons.

Nord du Rieu du Cœur, Rieu du Cœur (Société Mère et Forfait du Couchant du Flénu), Bray.

Cantons de Boussu (commune de Quaregnon), de Flobecq, de Frasnes-lez-Buissenal, de Lens (moins les communes de Baudour, Sirault et Tertre), de Leuze (moins la commune de Gaurain-Ramecroix), de Rœulx (commune de Bray).

2^e DISTRICT. — M. NIEDERAU, Ch., Ingénieur principal de 2^{me} classe à Mons.

Grand Hornu, Produits.

Cantons de Boussu (communes de Hornu et Wasmuël), de Mons (communes de Flénu, Jemappes, Maisières et Nimy), d'Ath et de Lessines.

3^e DISTRICT. — M. ANCIAUX, H., Ingénieur de 3^e classe, à Mons.

Hornu et Wasmes, Ghlin, Levant du Flénu.

Cantons de Mons (communes de Cuesmes, Ghlin, Hyon, Mesvin, Mons, Nouvelles, St-Symphorien et Spiennes), de Chièvres et de Paturages (communes de Givry, Harmignies et Harvengt).

4^e DISTRICT. — M. BOLAND, P., Ingénieur de 3^e classe, à Mons.

St-Denis-Obourg-Havré, Maurage et Boussoit, Strépy et Thieu, Bois-du-Luc et Trivières réunis.

Cantons d'Enghien, de La Louvière (communes de Houdeng-Aimeries, Houdeng-Gœgnies et Trivières), de Mons (communes de Havré et d'Obourg), de Rœulx (communes de Boussoit, Casteau, Gottignies, Maurage, Rœulx, St-Denis, Strépy, Thieu, Thieusies, Villers-St-Ghislain et Ville-sur-Haine).

Province de Brabant : arrondissement judiciaire de Bruxelles.

3^{me} ARRONDISSEMENT

MM. LIBOTTE, E., Ingénieur en chef Directeur de 1^{re} classe, à Charleroi.

VRANCKEN, J., Ingénieur principal de 1^{re} classe, à Marcinelle.

La partie de la province de Hainaut comprenant les communes de Bellecourt, Chapelle-lez-Herlaimont, Courcelles, Fontaine-l'Évêque, Leernes, Piéton, Souvret et Trazegnies du canton judiciaire de Fontaine-l'Évêque; les cantons judiciaires de Binche (moins la commune de Mont-Ste-Geneviève), de La Louvière (moins les communes de Houdeng-Aimeries, Houdeng-Gœgnies et Trivières), de Seneffe, de Soignies (moins les communes de Horrues, Naast et Soignies); les communes de Estinnes-au-Val, Marche-lez-Ecaussinnes, Mignault, Péronnes-lez-Binche et Vellereille-le-Sec du canton de Rœulx.

1^{er} DISTRICT. — M. DEFALQUE, P., Ingénieur de 1^{re} classe, à Charleroi.

Charbonnages réunis de Ressaix,
Leval, Péronnes, Sainte-Alde-
gonde et Houssu.

Cantons de Binche (communes
de Binche, Buvrines, Estinnes-
au-Mont, Haulchin, Leval-Trahe-
gnies, Mont-Sainte-Aldegonde,
Epinois, Ressaix, Vellereille-le-
Brayeux et Waudrez), de Rœulx
(communes de Péronnes-lez-Bin-
che, Estinnes-au-Val, Mignault
et Vellereille-le-See) et de La
Louvière (commune de Haine-
Saint-Paul.)

2^{me} DISTRICT. — M. D'HAENENS, J., Ingénieur de 3^e classe, à
Charleroi.

La Louvière et Sars-Longchamps,
Bois de la Haye.

Cantons de Binche (commune
d'Anderlues), de La Louvière
(communes de La Louvière et
St-Vaast) et de Seneffe.

3^e DISTRICT. — M. MOLINGHEN, E. Ingénieur de 2^e classe à Marcinelle.

Mariemont,
Bascoup.

Cantons de Binche (communes
de Carnières et de Morlanwelz),
de Fontaine-l'Évêque (communes
de Bellecourt, Chapelle-lez-Her-
laimont et Piéton), de Soignies
(communes d'Ecaussines - d'En-
ghien, Ecaussines-Lalaing, Hen-
ripontet Ronquières) et de Rœulx
(commune de Marche-lez-Ecaus-
sines).

4^{me} DISTRICT. — M. THONNART, P., Ingénieur de 3^e classe, à Charleroi.

Courcelles,
Beaulieusart,
Nord de Charleroi.

Cantons de Binche (commune
de Haine-Saint-Pierre), de Fon-
taine-l'Évêque (communes de
Courcelles, Fontaine-l'Évêque,
Leernes, Souvret et Trazegnies),
et de Soignies (communes de
Braine-le-Comte et Hennuyères).

4^e ARRONDISSEMENT

MM. LEDOUBLE, O., Ingénieur en chef Directeur de 1^{re} classe, à
Charleroi;

GHYSEN, H., Ingénieur principal de 2^e classe, à Marcinelle.

La partie de la province de Hainaut comprenant les cantons judi-
ciaires Nord et Sud de Charleroi (moins la ville de Charleroi et les
communes de Gilly, Lodelinsart et Montigny-sur-Sambre), de Fon-
taine-l'Évêque (moins les communes de Bellecourt, Chapelle lez-
Herlaimont, Courcelles, Fontaine-l'Évêque, Piéton, Souvret, Leernes
et Trazegnies), de Gosselies (commune de Gosselies), de Beaumont, de
Chimay, de Jumet, de Thuin, de Merbes-le-Château et de Binche
(commune de Mont-Sainte-Geneviève).

Province de Brabant (arrondissement judiciaire de Louvain).

1^{er} DISTRICT. — M. DESSALLES, E., Ingénieur de 3^{me} classe, à Couillet.

Monceau-Fontaine, Martinet et
Marchienne,
Grand Conty-Spinois.

Cantons de Fontaine-l'Évêque
(communes de Monceau-sur-Sam-
bre, Goutroux et Forchies-la-
Marche), de Thuin et de Binche
(commune de Mont-Sainte-Gene-
viève).

Province de Brabant (arron-
dissement judiciaire de Louvain.)

2^e DISTRICT. — M. LEGRAND, L., Ingénieur de 2^e classe, à Marchienne-
au-Pont.

Sacré-Madame,
Amercœur,
Bayemont.

Cantons Nord de Charleroi
(commune de Dampremy), de
Jumet (communes de Jumet et
Roux) et de Merbes-le-Château.

3^e DISTRICT. — M. DANDOIS, H., Ingénieur de 2^e classe, à Couillet.

Charbonnages réunis de Char-
leroi,
Masse-Diarbois.

Cantons de Fontaine-l'Évêque
(communes de Marchienne-au-
Pont et Landelies), de Gosselies
(commune de Gosselies) et de
Beaumont.

4^e DISTRICT. — M. HARDY, L., Ingénieur de 2^e classe, à Marcinelle.

<p>Marcinelle Nord, Forte-Taille, Bois de Cazier et Marcinelle-Sud, Centre de Jumet.</p>	<p>Cantons Sud de Charleroi (communes de Marcinelle et de Mont-sur-Marchienne), de Fon- taine-l'Evêque (commune de Mon- tigny-le-Tilleul) et de Chimay.</p>
--	---

5^e ARRONDISSEMENT

MM. PÉPIN, A., Ingénieur en chef Directeur de 1^{re} classe, à Charleroi;

DEBOUCQ, L., Ingénieur principal de 1^{re} classe, à Mont-sur-Marchienne.

La partie de la province de Hainaut comprenant les cantons judiciaires de Châtelet, de Gosselies (moins la commune de Gosselies); la ville de Charleroi et les communes de Gilly, Lodelinsart et Montigny-sur-Sambre des cantons judiciaires Nord et Sud de Charleroi.

Province de Brabant (arrondissement judiciaire de Nivelles).

1^{er} DISTRICT. — M. BERTIAUX, A., Ingénieur de 1^{re} classe, à Charleroi.

<p>Trieu-Kaisin. Carabinier-Pont-de-Loup, Ormont,</p>	<p>Canton de Châtelet (communes d'Acoz, Aiseau, Bouffioulx, Ger- pinnes, Gougnies, Joncret, Pont- de-Loup, Presles, Roselies et Vil- lers-Poteries).</p>
---	--

2^e DISTRICT. — M. PIETERS, J., Ingénieur de 3^e classe, à Charleroi.

<p>Centre de Gilly. Appaumée-Ransart, Masse-Saint-François, Boubier.</p>	<p>Cantons Nord de Charleroi (communes de Gilly, Lodelinsart et Montigny-sur-Sambre), de Gosselies (communes de Fleurus, Ransart et Wangenies) et de Châtelet (commune de Couillet). Province de Brabant (cantons de Genappe et de Jodoigne de l'arrondissement judiciaire de Nivelles).</p>
--	--

3^e DISTRICT. — M. GILLET, Ch., Ingénieur de 1^e classe, à Damprmy.e

<p>Grand Mambourg-Liége, Bonne Espérance à Montigny-sur- Sambre. Bonne Espérance à Lambusart. Noël. Nord de Gilly, Bois communal de Fleurus, Poirier.</p>	<p>Cantons de Charleroi (ville de Charleroi) et de Gosselies (moins les communes de Gosselies, Ran- sart, Fleurus et Wangenies). Province de Brabant (cantons de Wavre et de Nivelles de l'arrondissement judiciaire de Nivelles).</p>
---	--

4^e DISTRICT. — M. DELCOURT, Ed., Ingénieur de 3^e classe, à Charleroi.

<p>Roton-Sainte-Catherine, Gouffre, Aiseau-Oignies, Aiseau-Presles, Petit Try, Baulet</p>	<p>Canton de Châtelet (communes de Châtelet, Châtelineau, Lam- busart, Loverval, Farciennes et Pironchamps). Province de Brabant (canton de Perwez de l'arrondissement judiciaire de Nivelles).</p>
---	---

2^e INSPECTION GÉNÉRALE DES MINES, A LIÈGE.

MM. LIBERT, J., Inspecteur général, à Liège;

DELRUELLE, L., Ingénieur principal de 1^{re} classe, à Liège.

Provinces de Liège, Namur, Luxembourg, Anvers et Limbourg.

6^e ARRONDISSEMENT.MM. BOCHKOLTZ, G., Ingénieur en chef Directeur de 1^{re} classe, à Namur;REPRIELS, A., Ingénieur principal de 2^{me} classe, à Namur.

Provinces de Namur et de Luxembourg.

1^{er} DISTRICT. — M. HARDY, A., Ingénieur de 2^e classe, à Namur.

Charbonnages :

Tainines.

Jemeppe,

Stud-Rouvroy.

Andenelle, Hautebise et Les Lié-
geois,

Groyne,

Muache.

Province de Namur : la partie
située au Nord de la Sambre et de
la Meuse, à l'exception du canton
de Namur; les cantons d'Andenne,
de Rochefort, de Beauraing et de
Gedinne.Province de Luxembourg :
l'arrondissement judiciaire de
Neufchâteau.2^e DISTRICT. — M. STÉNUIT, A., Ingénieur de 1^{re} classe, à Namur.

Auvélais-Saint-Roch,

Falisolle.

Province de Namur : le canton
de Namur, sauf la partie comprise
entre la Sambre et la Meuse; la
ville de Dinant et la partie du
canton de ce nom située sur la
rive droite de la Meuse; le canton
de Ciney.Province de Luxembourg : l'ar-
rondissement judiciaire d'Arlon.3^e DISTRICT. — M. JADOU, Ch., Ingénieur de 3^e classe, à Namur.

Ham-sur-Sambre, Arsimont et

Mornimont,

Floriffoux,

Le Château,

Basse-Marlague.

Province de Namur : la partie
comprise entre la Sambre et la
Meuse, à l'exception de la ville
de Dinant.Province de Luxembourg : l'ar-
rondissement judiciaire de Marche.7^e ARRONDISSEMENTMM. LECHAT, V., Ingénieur en chef Directeur de 1^{re} classe, à Liège;FIRKET, V., Ingénieur principal de 1^{re} classe, à Liège;VIATOUR, H., Ingénieur principal de 2^{me} classe, à Liège.Province de Liège : arrondissement judiciaire de Huy et cantons de
Waremme et de Hologne-aux-Pierres de l'arrondissement judiciaire
de Liège; provinces de Limbourg et d'Anvers.1^{er} DISTRICT. — M. BAILLY, O., Ingénieur de 1^{re} classe, à Liège.

Charbonnages :

Bois de Gives et St-Paul,

Halbosart-Kiveltherie,

Nouvelle-Montagne,

Marihaye,

Couthuin,

Espérance, à Wanze.

Canton de Huy moins les com-
munes de Fumal et Vinalmont; la
commune de Modave du canton
de Nandrin; la commune d'Engis
du canton de Hologne-aux-Pierres.2^e DISTRICT. — M. BREYRE, Ad., Ingénieur de 1^{re} classe, à Liège.

Sart-d'Avette et Bois-des-Moines,

Kessales-Artistes,

Concorde.

Le canton de Hologne-aux-
Pierres, moins la commune de
Engis; le canton de Nandrin,
moins les communes de Modave,
Comblain-au-Pont, Comblain-Fai-
ron, Ellemelle, Hamoir et Ouffet.3^e DISTRICT. — M. FOURMARIER, P., Ingénieur principal de 2^{me} classe,
à Liège.

Gosson-Lagasse,

Bonnier,

Horloz,

Arbre-Saint-Michel.

Les cantons de Landen, de Wa-
remme et de Ferrières; les com-
munes de Comblain-au-Pont, Com-
blain-Fairon, Ellemelle, Hamoir
et Ouffet du canton de Nandrin;
la commune de Les Waleffes du
canton de Jehay-Bodegnée.

4^e DISTRICT. — M. VIATOUR, H., Ingénieur principal de 2^{me} classe, à Liège.

Les cantons de Avennes, Héron, Jehay-Bodegnée (moins la commune de Les Waleffes); les communes de Fumal et de Vinalmont du canton de Huy.

5^{me} DISTRICT. — M. VAN HERCKENRODE, Ed., Ingénieur de 3^{me} classe, à Hasselt.

Beeringen-Coursel, Helchteren, Zolder, Les Liégeois, André Dumont-sous-Asch, Genck-Sutendael, Sainte-Barbe. Guillaume Lambert, Houthaalen, Winterslag.	Les provinces d'Anvers et de Limbourg.
---	---

8^e ARRONDISSEMENT

MM. JULIN, J., Ingénieur en chef Directeur de 1^{re} classe, à Liège;
 ORBAN, N., Ingénieur principal de 1^{re} classe, à Liège.

Les cantons de Liège (Nord et Sud), de Grivegnée, de Fexhe-Slins, de Herstal (moins la commune de Wandre) et de Saint-Nicolas (moins la section de Selessin de la commune d'Ougrée de l'arrondissement judiciaire de Liège).

1^{er} DISTRICT. — M. HALLET, A., Ingénieur principal de 2^{me} classe, à Liège.

Charbonnages : La Haye, Bois d'Avroy.	Les communes de Liège (1 ^{re} , 2 ^{me} et 3 ^{me} divisions de police), Tilleur et Saint-Nicolas.
---	---

2 ^e DISTRICT. — M. DELRÉE, A., Ingénieur de 2 ^e classe, à Liège. Espérance et Bonne-Fortune, Bonne-Fin.	Les communes de Liège (6 ^{me} et 7 ^{me} divisions de police), Angleur et Jupille.
---	---

3 ^e DISTRICT. — M. GUÉRIN, M., Ingénieur de 3 ^{me} classe, à Liège. Patience et Beaujone, Ans, Grande Bacnure.	Les communes de Liège (4 ^{me} et 5 ^{me} divisions de police), Grivegnée, Bressoux, Ans et Glain.
---	--

4^e DISTRICT. — M. RAVEN, G., Ingénieur principal de 2^{me} classe, à Liège.

Batterie, Petite Bacnure, Belle-Vue et Bien-Venue, Espérance et Violette, Abhooz et Bonne-Foi-Hareng, Bicquet-Gorée.	Le canton de Fexhe-Slins et les communes de Herstal et Vottem.
---	---

9^e ARRONDISSEMENT

MM. BEAUPAIN, J.-B., Ingénieur en chef, Directeur de 1^{re} classe, à Liège;
 LEBACQZ, J., Ingénieur principal de 1^{re} classe, à Liège.

L'arrondissement judiciaire de Verviers et les cantons de Dalhem, de Fléron, de Seraing et de Louveigné; la commune de Wandre du canton de Herstal et la section de Selessin de la commune d'Ougrée du canton de Saint-Nicolas de l'arrondissement judiciaire de Liège.

1^{er} DISTRICT. — M. MASSIN, A., Ingénieur de 2^{me} classe, à Liège.

Charbonnages : Cockerill, Six Bonniers, Ougrée. Mines métalliques : Vieille-Montagne.	Les cantons de Seraing, de Louveigné et de Spa; la commune de Nessonvaux du canton de Fléron; la commune d'Olne du canton de Verviers, moins les communes de Wegnez, Lambermont et Ensival du canton de Spa.
--	---

2^e DISTRICT. — M. STÉVART, P., Ingénieur de 1^e classe, à Liège.

Basse-Ransy, Steppes, Wérister, Trou-Souris, Houlleux-Homvent, Cowette-Rufin, Lonette, Quatre-Jean, Wandre.	Les cantons de Dalhem, Fléron (à l'exception de la commune de Nessonvaux), Herve, Aubel, Disson et Limbourg; la commune de Wandre, du canton de Herstal; la section de Selessin de la commune d'Ougrée du canton de Saint- Nicolas.
--	---

3^e DISTRICT. — M. BURGEON, Ch., Ingénieur de 3^{me} classe, à Liège.

Hasard, Micheroux, Crahay, Herve-Wergifosse, Minerie, Cheratte.	Les cantons de Verviers (à l'exception de la commune d'Olne) et de Stavelot; les communes de Wegnez, Lambermont et Ensival du canton de Spa.
--	---