

Le Génie civil. Revue générale des industries françaises et étrangères...

Le Génie civil. Revue générale des industries françaises et étrangères.... 1934/11/17.

1/ Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'oeuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 :

- La réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur et notamment du maintien de la mention de source.
- La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

[CLIQUER ICI POUR ACCÉDER AUX TARIFS ET À LA LICENCE](#)

2/ Les contenus de Gallica sont la propriété de la BnF au sens de l'article L.2112-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

3/ Quelques contenus sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit :

- des reproductions de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.
- des reproductions de documents conservés dans les bibliothèques ou autres institutions partenaires. Ceux-ci sont signalés par la mention Source gallica.BnF.fr / Bibliothèque municipale de ... (ou autre partenaire). L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques de leurs conditions de réutilisation.

4/ Gallica constitue une base de données, dont la BnF est le producteur, protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

5/ Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Gallica sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

6/ L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur, notamment en matière de propriété intellectuelle. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

7/ Pour obtenir un document de Gallica en haute définition, contacter reutilisationcommerciale@bnf.fr.

LE GÉNIE CIVIL

REVUE GÉNÉRALE HEBDOMADAIRE DES INDUSTRIES FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES

Abonnement annuel : France et Colonies, 120 fr. — Étranger : pays à tarif postal réduit, 180 fr. ; autres pays, 240 fr. — Le numéro : 3 fr.

Administration et Rédaction : 5, rue Jules-Lefebvre, Paris (9^e).

SOMMAIRE. — Chemins de fer : L'installation du block automatique à signaux lumineux, entre Caen et Cherbourg, p. 449 ; C. CHOUQUET. — Résistance des matériaux : L'amélioration de la rigidité des ponts suspendus (*suite et fin*), p. 452 ; E. BATIGLE. — Mécanique : Applications mécaniques du mouvement louvoyant. Excentrique réversible. Compresseur. Pompe. Nouveau moteur, p. 455 ; F.-E. MYARD. — Sciences : Commémoration du cinquantenaire de la mort de Jean-Baptiste Dumas par la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, le 27 octobre 1934, p. 459. — Variétés : Four électrique Wild-Barfield, à circulation calorifique forcée, p. 462 ; — Les schistes bitumineux toarciens du Gévaudan, p. 463 ; V. CHARRIN. — Le 60^e anniversaire de la Société de Géographie commerciale,

p. 464 ; — Le nouvel aéroport de la Nouvelle-Orléans (Etats-Unis), p. 464.

SOCIÉTÉS SAVANTES ET INDUSTRIELLES : Académie des Sciences (29 octobre 1934-5 novembre 1934), p. 466 ; — Société française des Electriciens (2 novembre 1934), p. 467.

BIBLIOGRAPHIE : Revue des principales publications techniques, p. 468.

INFORMATIONS : Centre d'études supérieures de l'Institut technique du Bâtiment et des Travaux publics : II^e Session (1934-1935), p. 472 ; — XI^e Semaine de la Société française des Electriciens (Paris, 19-24 novembre 1934), p. 472.

ANNONCES : Informations diverses.

CHEMINS DE FER

L'INSTALLATION DU BLOCK AUTOMATIQUE

à signaux lumineux, entre Caen et Cherbourg.

Les nouveaux aménagements des gares de Cherbourg et de Caen.

— Pour faciliter, à Cherbourg, le débarquement ou l'embarquement des passagers transatlantiques à destination ou en provenance de Paris, la Chambre de Commerce de cette ville a dû envisager :

1^o La création d'un port en eau profonde, permettant aux plus grands paquebots d'accoster à quai : auparavant, les grands navires devaient rester en rade et leurs passagers étaient embarqués sur des vedettes assurant la liaison avec la gare maritime ;

2^o La construction d'une gare maritime offrant toutes les commodités nécessaires aux passagers des grands paquebots : elle a été inaugurée le 30 juillet 1933, et le *Génie Civil* en a donné la description détaillée dans son numéro du 5 août 1933.

D'autre part, pour permettre l'écoulement des trains transatlantiques entre la gare maritime et la gare locale à la vitesse de 60 à 80 km/h, le Réseau de l'Etat a entrepris récemment, après entente avec la Municipalité, la Chambre de Commerce et le Service maritime de Cherbourg, l'établissement d'un raccordement direct entre cette nouvelle gare et la ligne de Paris à Cherbourg.

Ce raccordement (fig. 2), prévu à double voie, sera établi provisoire-

ment à voie unique. Il empruntera, à la sortie de la nouvelle gare, le terre-plein de l'ancien arsenal, puis longera l'avenue Reibell, s'infléchira pour pénétrer dans la gare locale, et se reliera aux voies principales de la ligne Paris-Cherbourg aux abords du poste n^o 1 de la gare locale, après avoir franchi deux bras de la Divette.

Des barrières oscillantes sans portillon, et d'une ouverture correspondant à la largeur totale (chaussées et trottoirs) des voies publiques seront établies aux divers passages à niveau rencontrés ; les usagers de la route seront avertis de leur fermeture par des signaux sonores et lumineux placés sur la voie publique de part et d'autre de chacun des passages à niveau.

Améliorations apportées à la marche des trains transatlantiques de la ligne Paris-Cherbourg. — Les commodités apportées au transbordement des voyageurs transatlantiques résultant des travaux effectués dans le port de Cherbourg, de la mise en service de la nouvelle gare maritime et des modifications apportées aux aménagements intérieurs des trains transatlantiques, ont permis au Réseau de l'Etat d'envisager une augmentation notable du mouvement des voyageurs entre Paris et Cherbourg, surtout pendant les mois d'été.

Or, pour les grands paquebots, un seul train n'est pas suffisant pour enlever tous les passagers, transporter leurs bagages et assurer le service de la poste. Une série de trains est nécessaire pendant les mois de juin, juillet et août pour assurer le service, surtout lorsque ce dernier se complique

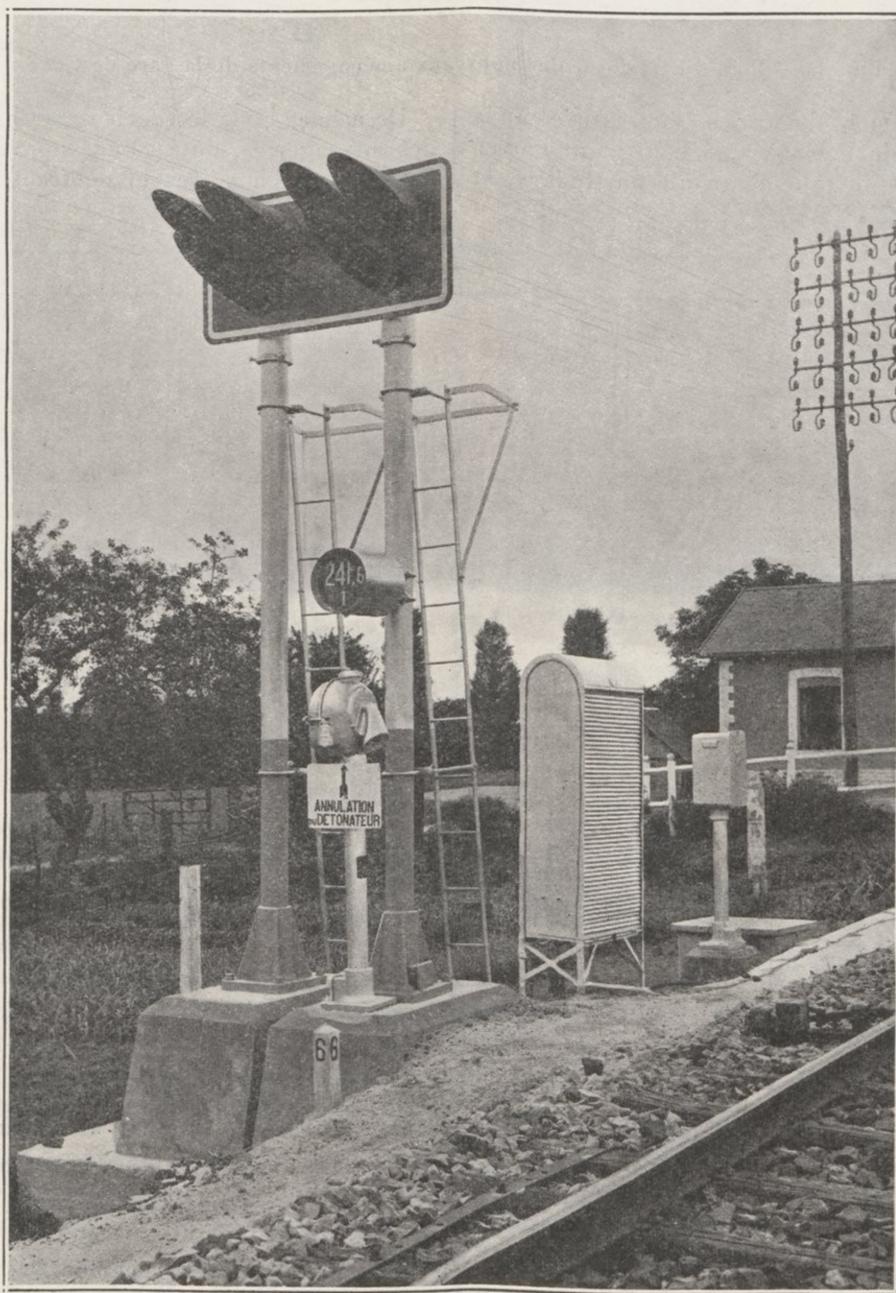


FIG. 1. — LA SIGNALISATION PAR BLOCK AUTOMATIQUE A SIGNAUX LUMINEUX : Equipement d'une tête de canton.

du fait de l'arrivée presque simultanée de plusieurs paquebots.

Pour assurer le service des voyageurs transatlantiques dans

et à l'amélioration des aménagements de cette gare, notamment dans le bâtiment des voyageurs et aux abords (construction d'un passage souterrain desservant tous les quais, augmentation



FIG. 2. — Plan schématique montrant le tracé du nouveau raccordement entre la gare locale et la gare maritime de Cherbourg.

les meilleures conditions, il fallait réduire au minimum possible la durée du trajet, et ne séparer les trains que par des intervalles

de 5 à 7, construction d'un quatrième quai, etc.).

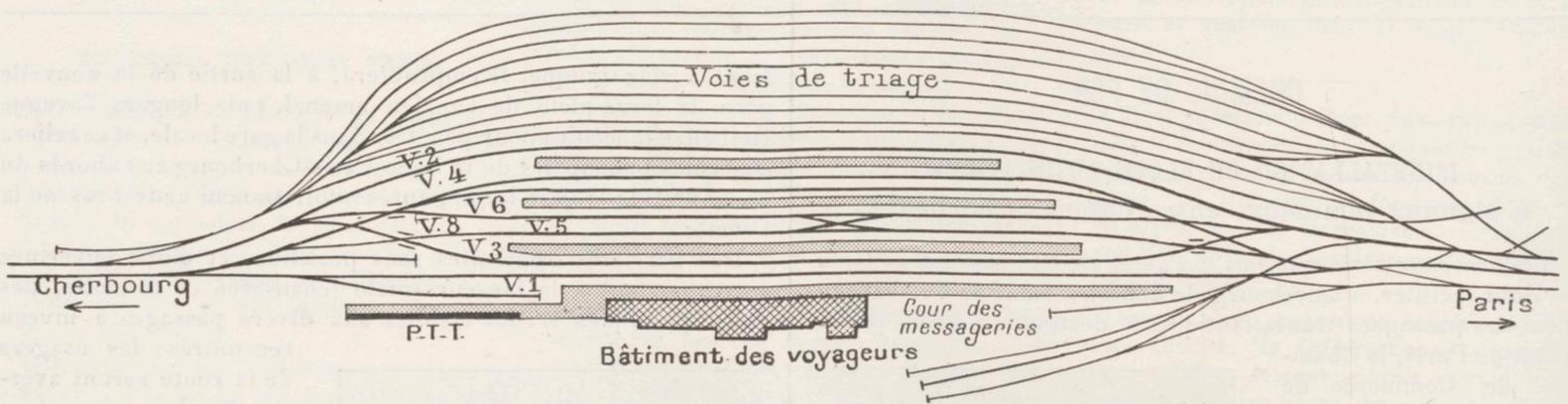


FIG. 3. — Plan schématique des nouveaux aménagements de la gare de Caen.

relativement courts. L'espace des trains étant assuré sur la majeure partie de la ligne de Paris à Cherbourg au moyen d'appareils de cantonnement du type Regnault ou Rodary, et

De même, pour le service marchandises, on allonge la halle des messageries, dotée d'une nouvelle cour, et on remplace les halles à marchandises et de transbordement par un bâtiment

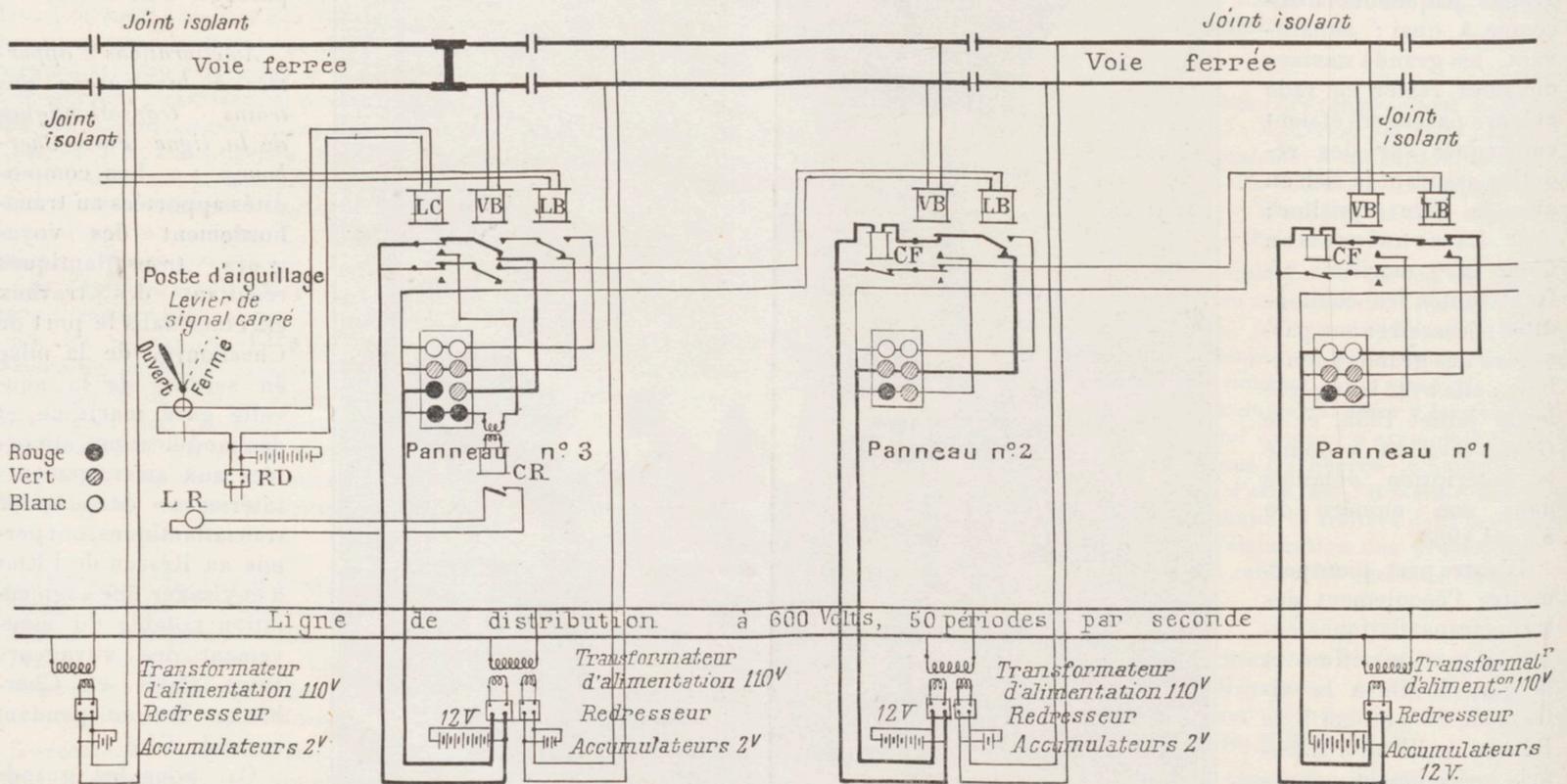


FIG. 4. — Schéma de l'alimentation et de la commande des feux d'un block automatique à signaux lumineux, alimenté par du courant redressé.

entre Caen et Sottewast au moyen du cantonnement téléphonique avec cantons de 5 km en moyenne, le Réseau de l'Etat a décidé d'y substituer entre Caen et Cherbourg le block automatique à signaux lumineux, qui donne actuellement toute satisfaction sur les lignes de la petite banlieue de Paris.

Nouveaux aménagements de la gare de Caen. — D'autre part, après entente avec la municipalité de Caen, le Réseau de l'Etat a entrepris, en gare de Caen, divers travaux relatifs à l'extension

unique. La figure 3 donne un schéma de la nouvelle disposition des voies dans cette gare.

Etablissement du block automatique à signaux lumineux sur la ligne de Caen à Cherbourg. — C'est la première grande ligne du Réseau de l'Etat équipée en block automatique à signaux lumineux.

Les dispositions de ce système ont été étudiées dans le Génie Civil du 9 octobre 1926, p. 297. Nous croyons cependant utile d'en indiquer ici, à nouveau, les grandes lignes.

Dans une installation de block automatique, les signaux, dont la présentation interdit l'entrée des cantons occupés, sont commandés — et maintenus en position de fermeture pendant toute la durée d'occupation du canton — par les trains eux-mêmes, sans intervention manuelle.

Pour réaliser cette condition, le block automatique à signaux lumineux comporte l'emploi de circuits de voie alimentés en courant alternatif ou continu, les rails de roulement étant utilisés comme conducteurs du courant de signalisation.

Les deux files de rails, interrompues de distance en distance par des joints isolants, constituent des sections de block indépendantes, correspondant chacune à la longueur d'un canton. A l'une des extrémités de chaque section est branché un relais de voie dont la désexcitation par occupation de la voie, ou l'excitation lorsque la voie est libre, provoque respectivement la fermeture ou la réouverture du signal de block; à l'autre extrémité de la section est branchée la source d'alimentation (transformateur, redresseur, accumulateur, pile, etc.).

Les indications lumineuses données par un panneau de pleine voie sont de trois sortes, chaque indication comportant deux feux :

- a) Le *sémaphore* (constitué par un feu rouge et un feu vert) indique que la section protégée par le panneau est *occupée*;
- b) Le *damier* (constitué par deux feux verts) indique que la section est *libre*, mais que la suivante est *occupée*;
- c) L'indication *voie libre* est donnée par deux feux blancs.

Le fonctionnement du panneau de pleine voie est mis en évidence par le schéma simplifié (fig. 4) relatif au block installé entre Caen-Cherbourg.

Lorsque le relais de voie VB est désexcité par occupation de la voie, les feux sémaphoriques (rouge et vert) sont présentés.

Lorsque la section de block envisagée n'est pas occupée, le relais de voie VB est excité. Le panneau présente : soit les deux feux verts, lorsque le relais de ligne de block LB est désexcité, soit les deux feux blancs, lorsque ce dernier relais est excité. Le relais

de ligne de block LB est commandé par le relais de voie VB aval, et par le relais de contrôle des feux CF du panneau aval. L'indication du panneau de pleine voie dépend ainsi de l'occupation de deux sections de block successives.

Enfin, le schéma comporte l'indication de la commande d'un poste d'aiguilleur des deux feux rouges (signal carré) dont est muni le panneau n° 3. Dans ce cas, le relais de ligne de block LB du panneau amont est également commandé par le relais de ligne LC de commande des feux du signal carré en question.

L'alimentation des appareils de block a été prévue en courant continu, fourni par l'intermédiaire de redresseurs et d'accumulateurs, eux-mêmes alimentés par du courant alternatif fourni par six secteurs locaux, et principalement par la Société d'Electricité de Caen.

Cette installation a été confiée à la Compagnie générale de Signalisation, de Paris. La section de Caen à Carentan est déjà en service et celle de Carentan à Cherbourg le sera d'ici la fin de l'année.

Les panneaux lumineux comportent les feux de signalisation actuellement en usage sur le Réseau de l'Etat, mais ils sont disposés de telle sorte qu'ils puissent facilement être transformés,

au moment de la mise en service de la signalisation Verlant. On désigne ainsi le nouveau système de signalisation mis au point par une Commission constituée par les grands Réseaux français en 1926 et présidée par M. Verlant, Directeur de l'Exploitation des Chemins de fer P.-L.-M ; les modalités de cette signalisation ont été exposées en détail dans le *Génie Civil* du 28 février 1931, p. 216. Une des principales différences entre les deux systèmes est que l'indication « voie libre » sera désormais donnée par un feu vert et non plus par un feu blanc, tandis que l'indication « ralentissement » sera donnée par un feu jaune orangé, au lieu d'un feu vert.

L'alimentation des appareils de block en courant triphasé 220/125 volts, 50 p/s, est assurée en neuf points, dont les extrêmes sont naturellement Caen et Cherbourg. En chacun de ces points, la tension est élevée à 600 volts, et le courant alternatif est livré par l'intermédiaire d'un feeder de distribution dans des armoires H. T. placées au pied de chaque panneau lumineux : là, il est abaissé à 110 volts.

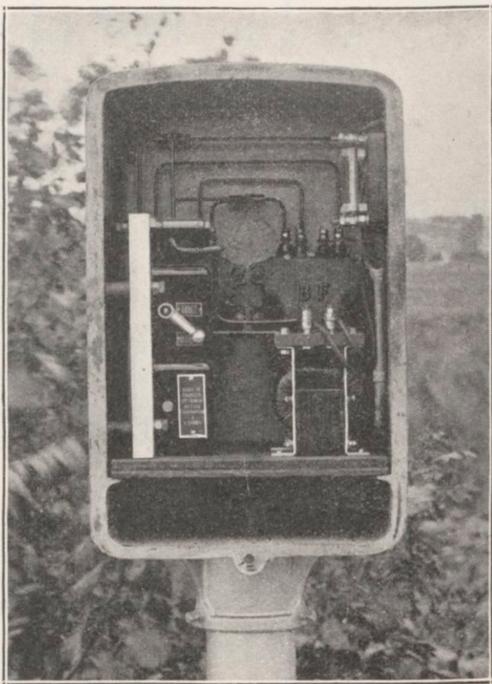


FIG. 5. — Vue de l'intérieur de l'armoire d'alimentation à haute tension.

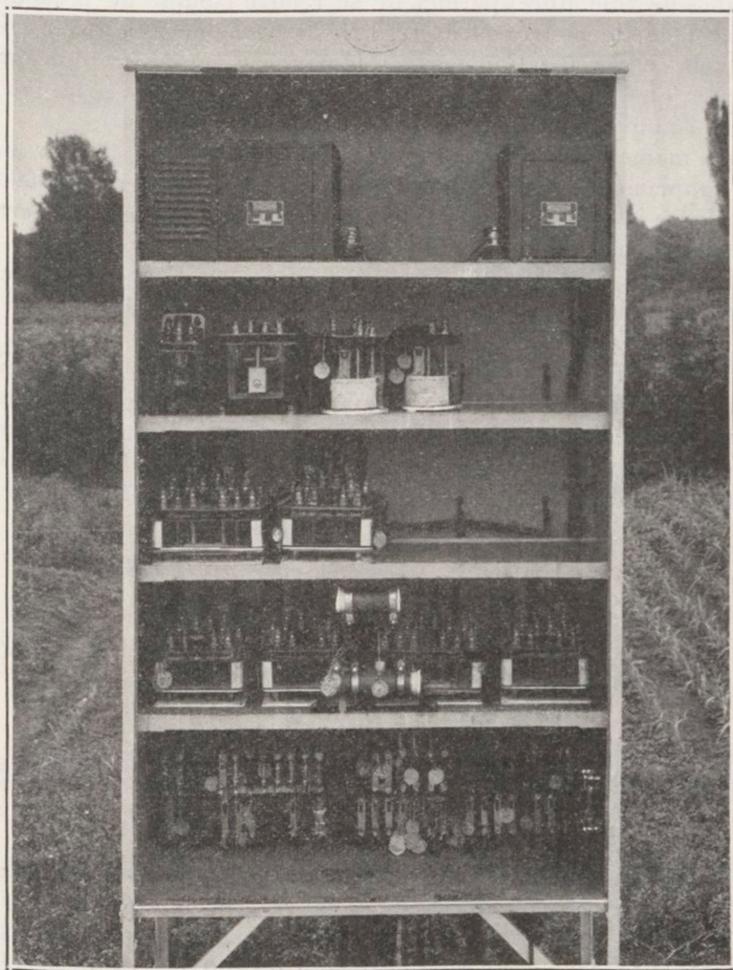


FIG. 6. — Vue de l'intérieur d'une armoire à relais. Les deux redresseurs sont placés dans le compartiment supérieur.

Le courant est ensuite, dans l'armoire à relais du panneau, abaissé à 12 volts pour l'alimentation des feux du panneau et des divers circuits de block, et à 2 volts seulement pour l'alimentation des zones isolées de block, puis redressé au moyen de redresseurs oxymétal (1).

Chaque panneau de pleine voie comporte les feux du sémaphore de l'annonceur et de voie libre; en outre, il est muni :

- a) D'un détonateur actionné automatiquement au passage du premier essieu d'une circulation au droit du panneau (pédale temporisée), lorsque cette dernière franchit le sémaphore à l'arrêt et à condition qu'il n'y ait pas eu, au préalable, annulation manuelle (cette annulation ne peut être effectuée que si la section précédant le panneau est occupée);
- b) D'un crocodile installé en vue de la répétition des signaux sur la locomotive, et qui n'est actif que si les feux de l'annonceur sont présentés;
- c) D'une lanterne repère qui se substitue automatiquement au panneau, lorsqu'une lampe d'un feu quelconque a son filament coupé.

(1) Cet appareil a été décrit dans le *Génie Civil* du 14 avril 1928, p. 364. Toutefois, dans cette installation, les redresseurs sont à réglage automatique et débitent normalement le courant d'utilisation, les batteries d'accumulateurs ne servant que comme secours.

D'autre part, l'allumage des feux de block (sémaphore, annonciateur, voie libre) est provoqué pendant l'occupation de l'un ou l'autre des deux cantons situés en amont du panneau ; c'est ce qui constitue l'allumage d'approche. Les feux du sémaphore sont présentés si le premier canton aval est occupé ; les feux de l'annonciateur le sont si le deuxième canton aval est occupé.

Enfin, tout panneau lumineux éteint accidentellement est annoncé en amont par la présentation automatique des feux de l'annonciateur sur le panneau qui le précède.

Lorsqu'un panneau comporte les feux rouges du signal carré, ces derniers sont commandés du poste d'aiguilleur au moyen d'un levier unitaire muni de l'enclenchement d'approche et du contrôle acoustique de discordance. Le franchissement des feux à l'arrêt par une circulation provoque l'éclatement d'une cartouche du détonateur automatique du panneau.

La figure 1, qui se rapporte à un panneau de pleine voie, tête de canton de block, et qui comporte six feux (dont un vert et un rouge pour le sémaphore, deux verts pour l'annonciateur et deux blancs de voie libre) permet de se rendre compte de la facilité avec laquelle pourra être effectuée la transformation des feux actuels en signalisation Verlant, le panneau ne devant plus comporter que trois feux (un rouge pour le sémaphore, un jaune pour l'annonciateur et un vert de voie libre).

Au moment du passage à la signalisation Verlant, il sera aisé de supprimer le support tubulaire de gauche avec ses trois feux, ainsi que la tôle-écran rectangulaire, et d'adapter une tôle-écran circulaire aux trois feux restants.

Sur cette photographie, on aperçoit, en suivant de gauche à droite : le détonateur automatique, la lanterne repère, l'armoire à relais et l'armoire d'alimentation H. T.

Les figures 5 et 6 représentent : l'une, l'intérieur d'une armoire H. T. avec son transformateur ; l'autre, l'intérieur d'une armoire à relais dans laquelle on aperçoit, en suivant de haut en bas, les deux redresseurs, les relais du détonateur, les relais de commande des feux et les relais de voie et d'approche.

C. CHOUQUET,

Ingénieur des Arts et Manufactures,

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

L'AMÉLIORATION DE LA RIGIDITÉ DES PONTS SUSPENDUS

(Suite et fin¹.)

Etude d'un dispositif capable de diminuer les déformations (suite).

— APPLICATION A UN EXEMPLE CONCRET. — Nous appliquerons la méthode précédente à l'étude de l'amélioration de la rigidité, par câble tendeur, d'un pont suspendu de 400 mètres de portée, comportant une largeur de tablier de 12 mètres ; la surcharge est de 400 kg/m² et la charge permanente de 450 kg/m² (ce sont, sensiblement, les données du pont suspendu prévu sur la Rance entre la pointe de Cancaval et la pointe de la Jeannaie, en vue de réaliser une communication routière entre Saint-Malo et Dinard).

La charge permanente par mètre courant de ferme ressort à $p = 2,7$ t/m et la surcharge, à 2,4 t/m.

La contrainte maximum des câbles est de 50 kg/mm². Admettons une flèche de 40 mètres ($f = 0,10 l$). La contrainte due au poids propre des câbles principaux sera, Δ étant le poids spécifique du câble :

$$\Delta \frac{l^2}{8f} = \frac{8 \times 400^2}{8 \times 40} = 4000 \text{ t/m}^2 = 4 \text{ kg/mm}^2.$$

La contrainte à admettre pour les efforts sous les charges et surcharges sera donc de $50 - 4 = 46 \text{ kg/mm}^2$.

La poussée maximum totale due à la charge et à la surcharge est : $5,1 \times \frac{l^2}{8f} = 5,1 \times \frac{1}{8} \times 10 \times 400 = 5,1 \times 500 = 2550$ tonnes.

La section des câbles d'une ferme sera : $\frac{2550000}{460000} = 5,57 \text{ dm}^2$ et le poids par mètre : $5,57 \times 10 \times 8 = 445,6 \text{ kg}$, soit 0,446 t.

(1) Voir le Génie Civil du 10 novembre 1934, p. 433.

La poussée correspondante sera : $0,446 \times 500 = 223$ tonnes, et on aura pour la poussée totale sous la charge permanente :

$$Q = 2,7 \times 500 + 223 = 1573 \text{ tonnes.}$$

Pour assurer la rigidité, nous tendons un câble entre les points situés au tiers et aux deux tiers de la travée (fig. 5).

Dans ce cas, ce sont les équations [7] qui sont applicables.

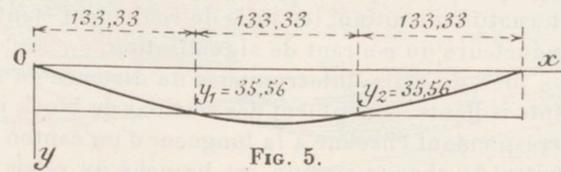


FIG. 5.

On peut envisager les cas de surcharges suivants : premier tiers surchargé ; deuxième tiers surchargé ; surcharge sur la demi-travée ; premier et deuxième tiers surchargés. Nous nous bornerons, faute de place, à traiter ici le premier cas ; les autres feraient l'objet de calculs analogues.

Premier cas de surcharge (premier tiers) (fig. 6). — On a :

$$\mu_1 = \frac{pl}{18} \times \frac{2}{3} = \frac{pl^2}{27};$$

ou :

$$\mu_1 = 2,4 \times \frac{400^2}{27} = 14300 \text{ tm,}$$

$$\mu_2 = \frac{1}{2} \mu_1 = 7150 \text{ tm.}$$

$$\Sigma_1 = \frac{1}{8} 2,4 \times 133,33^2 \times \frac{2}{3} \times 133,33,$$

$$\Sigma_1 = 475000 \text{ tm}^2,$$

$$\Sigma_2 = \Sigma_3 = 0; \quad q_2 = 0.$$

$$S_1 = S_2 = S_3 = \frac{2}{3} \times 4,44 \times 133,33 = 395 \text{ m}^2.$$

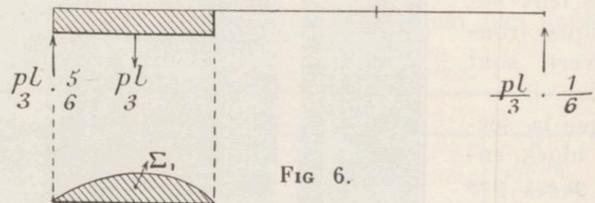


FIG. 6.

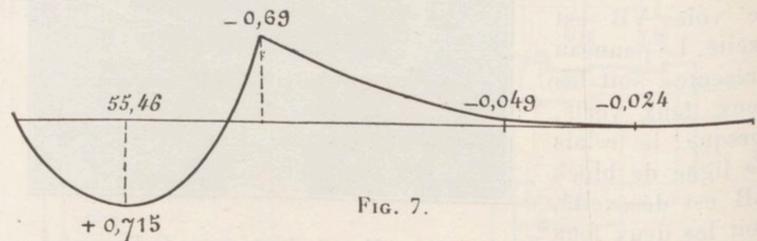


FIG. 7.

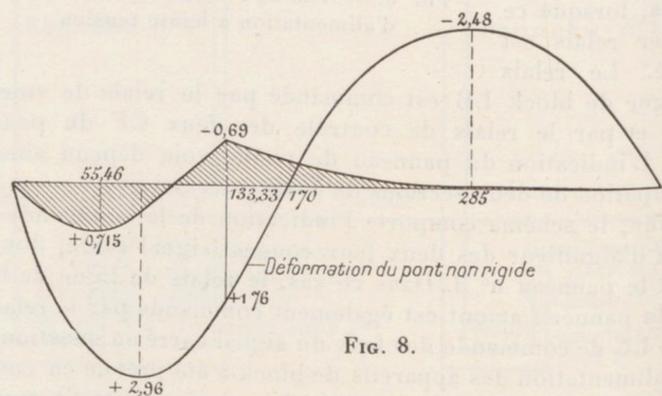


FIG. 8.

FIG. 6 à 8. — Cas du premier tiers de la travée surchargé.

D'où les équations :

$$\left. \begin{aligned} q_1(35,56 + v_1) &= 21450 - 3146v_1 + 1573v_2, \\ q_2(35,56 + v_2) &= -3146v_2 + 1573v_1, \\ v_1 &= \frac{3}{400} \frac{395q_1 - 475000}{1573 + q_1} = \frac{2,96q_1 - 3560}{1573 + q_1}, \\ v_2 &= \frac{3}{400} \frac{395q_2}{1573 + q_2} = \frac{2,96q_2}{1573 + q_2}. \end{aligned} \right\}$$

La méthode d'approximations successives que nous avons indiquée donne, après quelques essais :

$$q_1 = 680 \text{ tonnes}; \quad q_3 = -26; \quad v_1 = -0,69; \quad v_2 = -0,049.$$

Figure de la déformation. — On a, dans chaque tiers :

$$v = \frac{m - q\eta}{Q + q} + v_1 \left(1 - \frac{x}{d}\right) + v_2 \frac{x}{d}.$$

D'où, pour le premier tiers :

$$v = \frac{m - q_1\eta_1}{Q + q_1} - 0,69 \frac{x}{d};$$

$$m = \frac{1}{2} px(d - x);$$

$$\eta_1 = \frac{4\varphi}{d^2} x(d - x).$$

$$\text{D'où: } v = x(133,33 - x) \frac{1,2 - 0,680}{2253} - 0,69 \frac{x}{133,33},$$

$$\text{ou: } v = 0,00023x(133,33 - x) - 0,00518x.$$

Le maximum a lieu pour : $x = 55^m 46$, et il est égal à : $v = +0,715$.

Dans le deuxième tiers, on aura :

$$v = -0,69 \left(1 - \frac{x}{d}\right) - 0,049 \frac{x}{d},$$

et, dans le troisième tiers :

$$v = x(d - x) \frac{4\varphi q_3}{Q + q_3} - 0,049 \left(1 - \frac{x}{d}\right),$$

$$\text{ou: } v = \left(1 - \frac{x}{133,33}\right) (x \times 2,2 \times 10^{-5} - 0,049).$$

Le maximum a lieu pour $x > 133,33$, et pour $x = \frac{133,33}{2}$, on a : $v = -0,024$.

La courbe de déformation de l'ensemble a donc la figure ci-dessus (fig. 7). Il est intéressant de comparer cette courbe de déformation à celle qui se produirait dans un pont suspendu déformable.

On a alors :
$$v = \frac{\mu - qy}{Q + q},$$

et,
$$q = \frac{\Sigma}{S},$$

Σ et S étant relatifs à la travée entière.

On a :

$$\Sigma = \frac{1}{2} \mu_1 \times l + \Sigma_1 = 14\,300 \times 200 + 475\,000,$$

$$= 2\,860\,000 + 475\,000 = 3\,335\,000 \text{ tm}^2,$$

$$S = \frac{2}{3} \cdot 40 \cdot 400 = 10\,667 \text{ m}^2.$$

$$\text{D'où: } q = \frac{3\,335\,000}{10\,667} = 312 \text{ tonnes.}$$

D'autre part, dans le premier tiers :

$$\mu = \frac{5}{18} plx - \frac{1}{2} px^2 = 266,6x - 1,2x^2,$$

$$y = 0,4x - 0,001x^2,$$

$$qy = 124,8x - 0,312x^2,$$

$$\mu - qy = 141,8x - 0,888x^2.$$

Le maximum a lieu pour :

$$x = \frac{141,8}{1,7776} = 80 \text{ mètres.}$$

On a, en ce point :

$$v = \frac{11\,300 - 5\,700}{1\,573 + 312} = \frac{5\,600}{1\,885} = 2^m 96.$$

Achevons de caractériser la courbe (fig. 8) par la détermination du point où : $v = 0$, et par celle de l'autre maximum.

Dans le deuxième tiers, on a :

$$\mu = \frac{1}{18} pl(l - x),$$

$$\text{ou: } \mu = +21\,333 - 53,33x,$$

$$\mu - qy = 21\,333 - 53,33x - 124,8x + 0,312x^2$$

$$= 21\,333 - 178,13x + 0,312x^2.$$

$$\text{On a: } v = 0 \text{ pour } x = \frac{178,13 \pm \sqrt{31\,500 - 26\,500}}{0,624},$$

c'est-à-dire : $x = 170$ et $x = 400$.

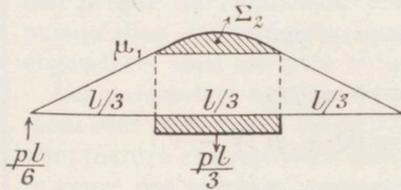


FIG. 9.

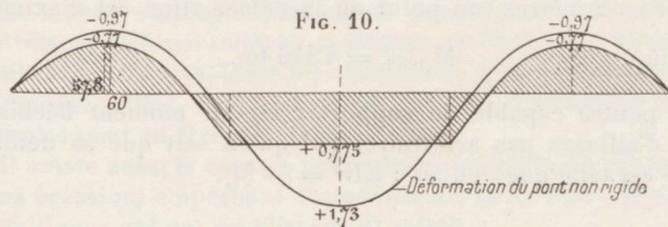


FIG. 10.

FIG. 9 et 10.
Cas du second tiers de la travée surchargé.

Le maximum a lieu pour : $x = \frac{1}{2}(400 + 170) = \frac{1}{2} \cdot 570 = 285$

Pour cette valeur de x , on a :

$$\mu - qy = 21\,333 - 51\,000 + 25\,000 = -4\,667;$$

d'où, pour la flèche maximum :

$$v = -\frac{4\,667}{1\,885} = -2^m 48.$$

Au point de raccordement (pour $x = 133,33$), la déformation a pour valeur :

$$v = \frac{18\,900 - 15\,600}{1\,885} = \frac{3\,300}{1\,885} = 1,76.$$

Les figures 9 à 14 donnent les résultats des calculs pour les autres cas de surcharge : surcharge du deuxième tiers, surcharge de la demi-travée, et surcharge des deux premiers tiers.

Courbe-enveloppe des déformations. — Si on rapproche les différentes figures de déformation et leurs symétriques par rap-

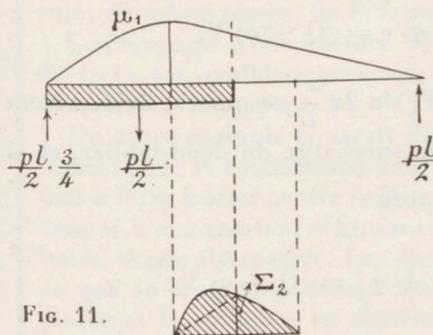


FIG. 11.

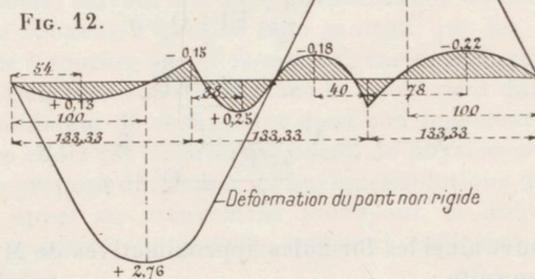


FIG. 12.

FIG. 11 et 12.
Cas de la demi-travée surchargée.

port à l'axe du pont, on peut déterminer la courbe-enveloppe des déformations.

On se rend compte ainsi qu'avec le câble de rigidité, les déformations sont intérieures aux deux droites : $v = \pm 0,775$ alors que, dans le cas du pont non rigide, on aurait des défor-

mations $v \leq \pm 2,76$. La réduction de la flèche est donc de 2 mètres environ, soit de 72 %.

POUTRE DE RIGIDITÉ ÉQUIVALENTE AU CÂBLE DE RIGIDITÉ. — Soit M_1 le moment que supporterait une poutre de rigidité qui donnerait une flèche v au lieu de V . Soient : M_0 le moment statique des charges permanentes, μ celui des surcharges, Q la poussée due à la charge permanente, q celle due à la surcharge. On a l'équation d'équilibre suivante :

$$M_1 + (Q + q)(y + v) = M_0 + \mu,$$

ou, puisque $Qy = M_0$,

$$M_1 + (Q + q)v = \mu - qy.$$

D'autre part : $(Q + q)V = \mu - qy$;

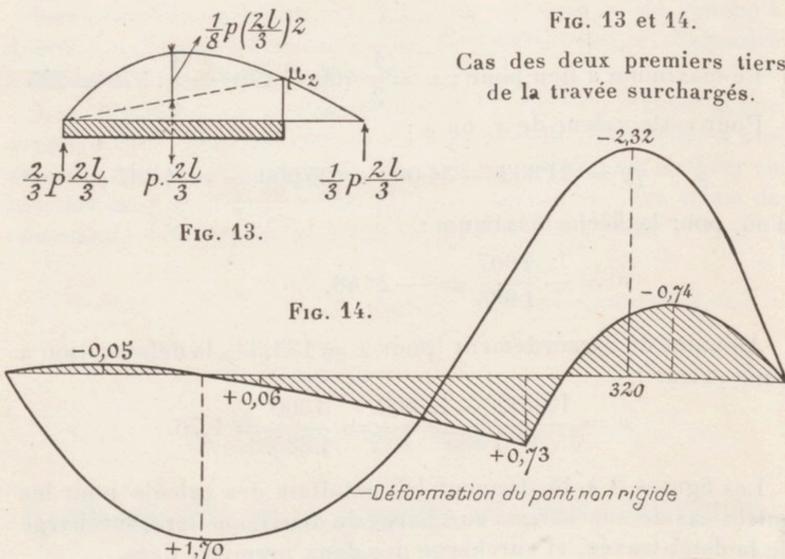
d'où : $M_1 = (Q + q)(V - v)$.

Or : $Q + q = 1573 + 600 = 2173$;

$V - v = 2$ mètres (au point où la déformation est maximum).

D'où : $M_{1,max.} = 4346$ tm.

La poutre capable de supporter un tel moment fléchissant n'est d'ailleurs pas arbitraire, puisqu'on sait que sa déformation v est telle que l'on ait : $EIv'' = -M_1$.



C'est-à-dire que l'on a l'équation bien connue depuis les travaux de Godard, Résal et Pigeaud :

$$EIv'' + (Q + q)v = (Q + q)V.$$

Si V est de la forme $V = V_0 \sin 2\pi \frac{x}{l}$, ce qui est évidemment très près de la réalité pour la surcharge du demi-tablier, et si on pose : $v = \alpha \sin 2\pi \frac{x}{l}$, on aura :

$$\alpha \left(\frac{4\pi^2}{l^2} EI + Q + q \right) = (Q + q)V_0.$$

$$\text{D'où : } v = V \frac{Q + q}{\frac{4\pi^2}{l^2} EI + Q + q}, \quad [10]$$

$$\text{et : } V - v = V \frac{\frac{4\pi^2}{l^2} EI}{\frac{4\pi^2}{l^2} EI + Q + q}.$$

On retrouve ainsi les formules approximatives de M. Pigeaud. On a, par suite :

$$M_1 = (Q + q)V \frac{\frac{4\pi^2}{l^2} EI}{\frac{4\pi^2}{l^2} EI + Q + q}.$$

On en déduit :

$$\frac{4\pi^2 EI}{l^2} = \frac{V - v}{V} = 0,72,$$

$$\text{d'où : } \frac{4\pi^2 EI}{l^2} = \frac{0,72(Q + q)}{0,28} = 2,57(Q + q),$$

$$\text{et : } \frac{4\pi^2 EI}{l^2} = 5600 \text{ tonnes.}$$

On tire de là, en faisant $E = 22000 \text{ kg/mm}^2 = 22,10^6 \text{ t/m}$, $I = 1,02 \text{ m}^4$.

Si σ est la contrainte maximum de la poutre de rigidité, et h la hauteur de celle-ci, on a : $\sigma = \frac{Mh}{2I} = \frac{4346}{2,04} h$.

Si $\sigma = 18 \text{ kg/mm}^2 = 18,10^3 \text{ t/m}^2$, on aura $h = 8^m 40$, soit le $1/15$ de la portée.

Donc, la poutre de rigidité donnant la même réduction de déformation que le câble tendeur aura une importance notablement plus grande que celle habituellement admise, puisqu'il est rare qu'on dépasse le $1/60$ de la portée.

Le moment d'inertie et la hauteur de la poutre étant ainsi fixés, on en déduit la section des membrures par la formule :

$$\omega = \frac{2I}{h^2} = 0^m^2 0285, \text{ soit } 2^{\text{dm}^2} 85 \text{ par membrure et } 5^{\text{dm}^2} 70 \text{ pour}$$

les deux, représentant un poids de 460 kg par mètre courant et par ferme.

Avec les diagonales et le contreventement, c'est une poutre de l'ordre de 650 kg/m qu'il faudrait prévoir. Indépendamment de son coût, il faudrait, en outre, tenir compte de la majoration du poids mort qui en résulterait, et qui conduirait à une augmentation d'environ 24 % du poids des câbles principaux.

EFFORTS MAXIMA DANS LES CÂBLES. — Les poussées additionnelles q_1, q_2, q_3 ont les valeurs suivantes :

Cas de surcharge.	q_1	q_2	q_3
—	tonnes	tonnes	tonnes
1	680	0	— 26
2	554	1 200	554
3	1 080	600	120
4	1 260	1 200	515

On voit immédiatement que la poussée maximum des câbles principaux sera : $1573 + 1260 = 2833$ tonnes, alors que, dans le cas du pont avec poutre de rigidité équivalente, cette poussée maximum serait : $1573 + 1,24 \times 1200 = 1573 + 1500 = 3073$ tonnes.

Quant à l'effort maximum dans le câble tendeur, il est évidemment égal au maximum de la valeur absolue de $q_1 - q_2$ ou de $q_3 - q_2$. Le cas le plus défavorable est le cas n° 4, pour lequel ($q_3 - q_2$) a pour valeur 685 tonnes.

Si l'on tient compte de ce que le câble de rigidité est moins long, n'ayant pas besoin d'être ancré dans les massifs d'ancrage des câbles principaux, on trouve facilement que l'augmentation totale du poids des câbles n'est que de 6,5 %.

ANCRAGE DES CÂBLES — En ce qui concerne les câbles principaux, l'effort auquel doivent résister les massifs d'ancrage n'est que de 2833 tonnes, au lieu de 3073, ainsi que cela vient d'être établi.

Quant à l'effort de 685 tonnes du câble tendeur, il peut être supporté par le massif de fondation des piliers : on bénéficie ainsi de l'appoint très important donné par l'effort vertical que transmettent les supports des câbles, soit :

$$\frac{1}{2} 400 \times 2,7 = 540 \text{ tonnes pour la charge permanente ;}$$

$$\frac{1}{4} 400 \times 2,4 = 240 \text{ tonnes pour la surcharge (4e cas) ;}$$

au total 780 tonnes, qui viennent s'ajouter au poids propre du massif.

Il résulte de là qu'aucune augmentation de dépense concernant les ancrages ne doit être envisagée, puisque les sujétions de l'ancrage du câble de rigidité sont certainement compensées par la diminution de la poussée due à la charge permanente.

ECONOMIE DU SYSTÈME. — Les considérations qui précèdent permettent de chiffrer l'économie du système d'amélioration de la rigidité que nous avons en vue, par rapport à l'emploi d'une poutre de rigidité équivalente.

On peut admettre, en tenant compte des organes de liaison entre les câbles principaux et le câble de rigidité, que l'augmentation de dépense correspond à 10 % du prix des câbles principaux; quant à la diminution de dépense, elle est égale au prix de la poutre de rigidité, qu'on peut évaluer, au minimum, à 70 % du prix des câbles principaux (1). Au total l'économie, à rigidité égale, ressort à 60 % du prix des câbles principaux.

III. — Emploi simultané du câble et de la poutre de rigidité. — Au cours de l'étude du cas concret à laquelle nous venons de procéder, nous avons été amené à calculer sommairement la poutre de rigidité équivalente au câble. Nous allons étudier l'effet à attendre de l'emploi, conjointement au câble de rigidité, d'une poutre de rigidité.

Reprenons l'équation différentielle en v'' :

$$EIv'' + (Q + q)v = (Q + q)V.$$

étant entendu que $(Q + q)V$ n'est autre que $\mu - qy$.

Supposons que V soit développé en série de Fourier telle que $\sum A_n \sin\left(2\frac{\pi}{l}nx + \varphi_n\right)$, et cherchons pour v un développement tel que :

$$v = \sum \alpha_n \sin\left(\frac{2\pi nx}{l} + \varphi_n\right).$$

On voit immédiatement que l'on aura, entre les α et les A , la relation :

$$\alpha_n = A_n \frac{Q + q}{\frac{n^2 4\pi^2 EI}{l^2} + Q + q},$$

et la formule de M. Pigeaud revient à ne retenir que le premier terme du développement.

Or, on peut s'en tenir à cette simplification, car on voit que α_n décroît rapidement avec n : autrement dit, la poutre de rigidité a pour effet d'étouffer les harmoniques supérieurs de la courbe de déformation qui se produirait sans elle. On pourra donc toujours valablement supposer que le second membre de l'équation différentielle représente une sinusoïde. Dans ces conditions, on pourra toujours admettre que l'introduction d'une poutre de rigidité revient très sensiblement à remplacer la flèche V par une flèche v donnée par la formule [10].

Or, cette formule montre que l'effet de la poutre de rigidité est le même que celui d'une augmentation de la poussée initiale égale à $\frac{4\pi^2 EI}{l^2}$.

Nous pourrions, par conséquent, lorsque l'on disposera un câble de rigidité conjointement à une poutre de rigidité de moment d'inertie I , effectuer tous les calculs en prenant au lieu de Q une poussée initiale fictive égale à $Q + \frac{4\pi^2 EI}{l^2}$, étant entendu que cela ne vaut que pour les cas de surcharge où $(Q + q)V$ a grossièrement l'aspect d'une sinusoïde simple.

Dans le deuxième cas de surcharge, la sinusoïde fondamentale est $V_0 \sin \frac{3\pi x}{l}$; la poutre de rigidité équivaut alors à une augmentation de tension initiale égale à $\frac{9\pi^2 EI}{l^2}$.

Au contraire, s'il s'agissait d'une charge uniforme ou d'une variation de température, le second membre de l'équation différentielle serait $V_0 \sin \frac{\pi x}{l}$; la tension initiale fictive équivalente à la poutre de rigidité n'est plus que $\frac{\pi^2 EI}{l^2}$.

Ces remarques permettent de calculer aisément un pont muni à la fois d'une poutre de rigidité et d'un câble de rigidité. Elles permettent, sans calcul, de se rendre compte de l'amélioration considérable que l'on peut apporter, au point de vue de leur déformation, aux ponts suspendus, grâce à l'emploi d'un simple câble auxiliaire.

E. BATICLE,
Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

(1) Au pont du Guétin, sur l'Allier, déjà cité, les poutres de rigidité ont coûté 406 000 francs, et les câbles, y compris leurs accessoires, 409 000 francs.

MÉCANIQUE

APPLICATIONS MÉCANIQUES DU MOUVEMENT LOUVOYANT

Excentrique réversible — Compresseur — Pompe — Nouveau moteur.

La réduction du frottement entre des organes mécaniques à mouvement relatif est (sauf, bien entendu, dans les cas de freinage ou analogue) essentiellement recherchée, puisqu'il en résulte une diminution des puissances passives et des usures. Il est à remarquer que ces dernières augmentent, elles-mêmes, leur propre développement d'une façon très rapide et fâcheuse, puisqu'elles se traduisent par la formation de limailles qui engendrent ainsi une pâte abrasive entre les surfaces frottantes.

Les paramètres agissant avec force sur le coefficient de frottement sont nombreux; les principaux sont les suivants: le lubrifiant (nature et propriétés qualitatives), le mode de lubrification, le genre des produits en contact, l'état des surfaces, la valeur des pressions unitaires, etc.

Le moyen employé couramment pour réduire énormément le frottement (les paramètres ci-dessus gardant leur valeur d'action) consiste à remplacer les contacts de glissement par ceux de roulement (billes, rouleaux, aiguilles etc.). Toutes les fois que l'emploi peut en être fait, il doit l'être.

Il existe aussi le contact pelliculaire (pellicule d'huile ou autre, sous pression) empêchant l'appui direct, entre elles, des portées métalliques qui ont un glissement relatif.

Mais une autre manière d'opérer (1), extrêmement efficiente, réside dans la production, entre les deux surfaces frottantes, d'un mouvement louvoyant.

Rappelons que le mouvement louvoyant entre deux éléments de surfaces en contact est caractérisé par l'existence de deux vitesses relatives entre ces deux éléments, suivant des directions différentes, les vecteurs des deux vitesses étant dans le plan tangent commun. Entre les deux éléments en contact animés d'un tel mouvement relatif, le coefficient de frottement tend à s'annuler. En particulier, c'est un tel mouvement composé qui se produit entre un piston et un cylindre, lorsque le piston est animé à la fois d'un mouvement rectiligne, parallèlement à son axe, et d'un mouvement de rotation autour de son axe. Dans ce mode de déplacement relatif, le frottement est considérablement abaissé; et, en fait, les frottements correspondant aux deux mouvements combinés (ou, si l'on veut, aux deux vitesses instantanées suivant, en chaque point, des directions différentes) se détruisent littéralement au lieu de s'ajouter.

Pratiquement, les exemples d'utilisation de ce mouvement sont multiples. Ainsi, l'on sait qu'il est facile d'extraire le bouchon d'une bouteille si, exerçant sur lui la force de tirage, on a soin, en même temps, de le faire tourner.

Le dérapage d'une voiture résultant, sur sol gras, d'un coup de frein est, malheureusement, une des formes appliquées du mouvement louvoyant.

Un autre exemple apparaît dans le « honning » utilisé actuellement pour la rectification des cylindres de moteurs, et consistant à faire frotter contre l'alésage à rectifier une meule d'affûtage animée d'une rotation continue, en même temps que d'une translation axiale alternative. Les excellents résultats proviennent de ce que le frottement étant, ainsi, extrêmement réduit entre la pierre et le cylindre, on obtient pour ce dernier, très délicatement, un véritable rodage.

De même, suivant une autre manifestation du louvoisement, on constate souvent, à propos d'un moteur, que les soupapes ont tendance à tourner sur elles-mêmes; car ce mouvement de rotation s'adjoignant aux translations de va-et-vient donne une adhérence minimum de chaque tige dans son logement. Cette loi du moindre effort est un principe connu de physico-mécanique.

Je me propose d'indiquer ici quelques solutions que j'imaginai, faisant appel au mouvement louvoyant, et dont l'une, toute récente, concerne un nouveau moteur à explosion ou à combustion interne.

Excentrique réversible. — Soit un excentrique à collier (fig. 1) de plateau a excentré, par rapport à l'axe Ω , de la distance e . Le

(1) Ces diverses manières ne sont d'ailleurs pas exclusives, ni incompatibles.

système est irréversible lorsque le couple d'entraînement : $F.e$ se trouve inférieur à celui de frottement : $F.f.R.$, c'est-à-dire, lorsque : $e < f.R$. C'est le cas habituel, car e a une faible valeur, tandis que R est grand, comparativement.

Les données géométriques restant les mêmes, il faudrait que f devint très petit pour que l'excentrique fût réversible.

Or, j'ai réalisé un excentrique dans lequel le collier est à portée sphérique sur le plateau a (fig. 2). Il suffit alors d'exercer l'effort F en donnant, simultanément, au collier un mouvement de pivotement alternatif autour de son axe XX pour, qu'aussitôt, le mouvement de rotation soit transmis au plateau a autour de l'axe Ω . Le contact entre le plateau et le collier devenant louvoyant, le coefficient f tombe à peu de chose, et la réversibilité résulte.

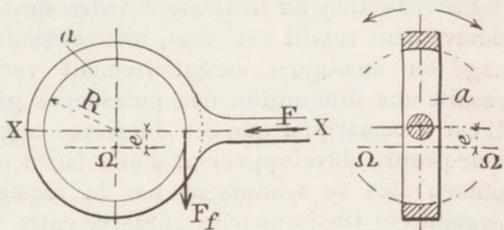


FIG. 1 et 2. — Schéma d'un excentrique à mouvement louvoyant.

Compresseur à mouvement louvoyant. — La nécessité de concevoir un compresseur donnant de l'air sous pression qui (sans nettoyages ultérieurs) se présentât tout à fait exempt d'huile, me conduisit à l'établissement d'une disposition mécanique spéciale permettant de supprimer presque tout graissage, mais sans craindre, néanmoins, le grippement et les élévations de température.

Un tel compresseur répondant à ces exigences, et qui, malgré l'absence de segments (1), assurait un refoulement atteignant jusqu'à 10 kg, fut, d'après mon étude, breveté et réalisé par les soins de la Société Anonyme de Machines-outils et Appareils divers (La S. A. M. O. A.). La figure 3 en montre schématiquement la disposition. On voit que l'appareil comprend le corps a formant cylindre, dans lequel se déplace le piston b . Une bielle c , qui porte un cardan à chacune de ses extrémités, reçoit du volant d (dont l'axe est parallèlement déporté par rapport à celui du cylindre) un mouvement moteur qu'elle transmet au piston b . Il en résulte, pour ce dernier,

un double mouvement de rotation continue autour de son axe et de translation longitudinale alternative. Ce piston b est muni, sur une portion hémicylindrique de sa surface, de deux cannelures e' et f' à forme hélicoïdale, croisées et qui assurent la distribution. Une de ces cannelures e' se déplace devant le trou d'aspiration e lorsque le piston s'éloigne du fond du cylindre, ce qui permet l'aspiration. Puis, après un demi-tour du piston sur lui-même (qui dès lors revient sur sa route, c'est-à-dire s'avance vers le fond du cylindre), c'est la deuxième cannelure f' qui se déplace devant le trou f de refoulement et assure ainsi le départ du fluide comprimé. Afin de limiter les espaces

(1) Le mouvement louvoyant tolère des jeux nettement plus petits que ceux demandés par un piston habituel à simple translation.

nuisibles, l'embouchure de refoulement f est munie d'une valve.

En somme, la combinaison des deux mouvements simultanés du piston (une rotation continue autour de son axe, et une translation longitudinale alternative) entraîne la très forte diminution du frottement, et ne demande, sans aucun risque d'insuffisance, que l'emploi d'un graissage insignifiant (un simple graisseur Stauffer).

Il est à remarquer que les efforts maxima sur la bielle ne se produisent pas lorsqu'elle est en position de grande obliquité, mais, au contraire, lorsqu'elle tend à se centrer sur l'axe du cylindre (ce qui est avantageux).

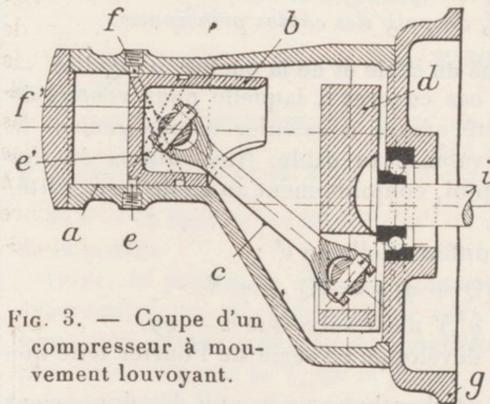


FIG. 3. — Coupe d'un compresseur à mouvement louvoyant.

essence, etc.), je donnai un système utilisant des mouvements louvoyants entre les surfaces portantes soumises au contact du fluide (avec pressions unitaires pouvant être très réduites en ces endroits-là), les supports extérieurs de réaction (en forme de très longs encastrement à billes, rouleaux, aiguilles ou autres) étant, au contraire, en milieu lubrifiant isolé du liquide pompé.

Cette solution [qui bénéficie d'un accord de brevet allemand aux noms de Guinard-Myard(2)] est indiquée sur les figures 4

à 7. En s'y référant, on voit que les deux axes OX et OX' des arbres a et a' sont concourants et obliques. L'arbre a porte, emmanché conique et claveté sur lui, le barillet b , tandis que l'arbre a' porte le barillet b' . Chaque barillet est percé d'une série d'alésages équidistants, et répartis autour de son axe et parallèlement à lui (les trous c et c' sont en nombre égal, bien entendu; j'en ai supposé huit, par exemple).

Une série de blocs (huit, dans le cas présent) de deux pistons d et d' lient les deux barillets b et b' .

On comprend que si l'un des deux arbres (a par exemple) est animé d'un mouvement de rotation, l'autre arbre a' est entraîné, à la même vitesse, par l'intermédiaire des barillets et blocs de pistons. En effet, lorsque le point D_1 arrive en D_2 , il s'est déplacé sur une ellipse dont le plan de bout se projette suivant D_1D_2 , et les deux axes D_1X_1 , D_1X_1' sont venus en D_2X_2 , D_2X_2' en restant constamment parallèles à eux-mêmes, c'est-à-dire parallèles respectivement aux axes OX et OX' des barillets. Cinématiquement, cela correspond tout simplement au schéma du joint de Königs (3). Donc, un groupe quelconque de blocs-

(1) Cette pompe est la propriété commerciale de la Société des Pompes Guinard.

(2) Je rappelle que j'ai donné une généralisation du joint de Königs. Voir, à ce sujet, le *Génie Civil* du 10 janvier 1931.

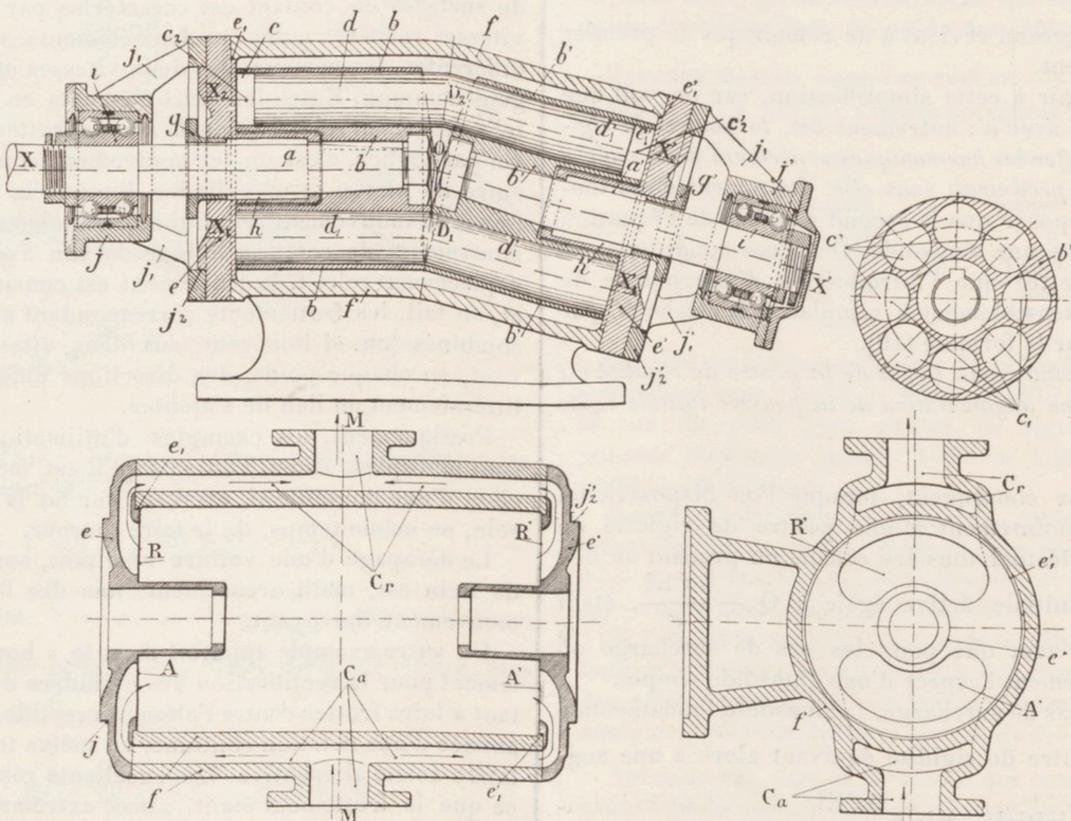


FIG. 4 à 7. — Pompe à barillet, à mouvement louvoyant, système Myard.

pistons $d d'$ passant de la position D_1 à D_2 engendre, dans chaque barillet, une cylindrée d'aspiration. Dans le demi-tour suivant, le fluide aspiré et accumulé dans les cylindrées en c_2 et c'_2 sera refoulé. Et cela se répète d'une manière continue pour tous les blocs-pistons successivement.

Aussi, les deux fonds e et e' portent chacun, respectivement, une fenêtre allongée A et A' pour l'aspiration, et une fenêtre allongée R et R' pour le refoulement. Les deux fenêtres A et A' sont reliées au collecteur d'aspiration C_a porté par le corps de pompe f , et les deux fenêtres R et R' au collecteur de refoulement C_r . La distribution est assurée par le mouvement même de rotation de deux barilletts. Les deux fonds e et e' sont boulonnés (les boulons, prisonniers et écrous de fixation ne sont pas représentés) sur le corps f et centrés rigoureusement suivant les portées e_1 et e'_1 , et l'étanchéité est assurée par l'intermédiaire des chapeaux $g g'$ à serrage réglable agissant sur les garnitures h et h' . Un jeu important volontaire est laissé entre chaque arbre sortant a et a' et le fond du chapeau qu'il traverse, afin d'empêcher le grippement de cet arbre en supprimant son frottement.

Chaque arbre sortant a et a' est alors tenu, extérieurement à la pompe, par un roulement (roulements i et i' à double rangée de billes et poussées axiales dans les deux sens, par exemple) monté dans une couronne rigoureusement centrée sur le fond correspondant. La couronne j munie de trois bras j_1 est boulonnée sur le fond e et centrée sur lui au moyen de la portée j_2 ; et pour l'arbre a' et le roulement i' , on trouve la couronne j' munie des trois bras j'_1 et la portée j'_2 . Les bras j_1 et j'_1 permettent d'accéder aux chapeaux g et g' et les resserrer quand il le faut.

On voit que, dans son ensemble, un tel dispositif possède, a priori, les avantages suivants, très intéressants dans une pompe à fluide incompressible, lorsque cette pompe est à piston et tourne à grande vitesse (commande directe par moteur électrique ou moteur thermique) :

a) Les cylindrées correspondent à une faible course (si l'angle d'obliquité des axes OX , OX' est faible) ;

b) Grâce à la multiplicité des pistons, il y a continuité absolue pour l'aspiration et le refoulement (ce qui, ajouté à l'avantage précédent, supprime les coups de bélier).

En outre, ce dispositif bénéficie des propriétés caractéristiques suivantes :

1° La distribution se fait sans soupapes ;

2° Les réactions sur les pistons s'équilibrent sensiblement ;

3° Les longueurs possibles des pistons permettent d'obtenir de faibles pressions pour les surfaces portantes ;

4° Les pistons ont, dans leurs alésages, un mouvement relatif louvoyant, puisque combiné de rotation et de translation, ce qui est excellent du point de vue frottement (car c'est là que ce dernier pourrait être inquiétant, la transmission de puissance se faisant par l'appui, à mouvement relatif, de chaque piston contre l'alésage correspondant du barillet, et en présence du liquide pompé, c'est-à-dire néfaste quant au frottement) ;

5° Tout l'ensemble formé par les deux arbres, les deux barilletts et les blocs-pistons (si ces derniers ont une longueur de génératrice suffisante) est, en somme, très massif et rigide, donc peu sensible à la flexion. Par conséquent, cela permet de tenir les deux arbres sortants dans des supports à roulements montés à l'extérieur de la pompe (donc, baignés dans l'huile et complètement isolés du liquide pompé) ce qui est un gros avantage (non grippement et rendement plus élevé). De plus, l'absence de flèche permet un jeu précis et très faible (donc, avec minimum de fuites) entre la face de chaque barillet et le fond de distribution qui lui est en regard, ce qui supprime les contacts métalliques à cet endroit, donc le grippement.

En somme, tout ce système (composé d'éléments à mouvement relatif) constitue une véritable poutre solidement encastrée, donc

ne subissant qu'une déformation de flèche infiniment petite sous les efforts de réaction, lesquels sont d'ailleurs fort restreints, à cause de leur équilibrage presque complet résultant de la disposition même de l'ensemble.

Nouveau moteur à pistons louvoyants. — La solution que j'expose ici (brevet français du 28 avril 1934) concerne un moteur à piston, quatre temps, pour essence, huile lourde ou tout autre carburant possible. Ce moteur (fig. 8 à 13), sans soupapes ni chemises, a pour caractère essentiel la disposition faisant que chaque piston, convenablement lié par bielle, engrenages et autres organes appropriés à l'arbre récepteur de rotation (vilebrequin ou analogue) se trouve animé, dans ses déplacements périodiques, de deux mouvements simultanés et conjugués qui sont

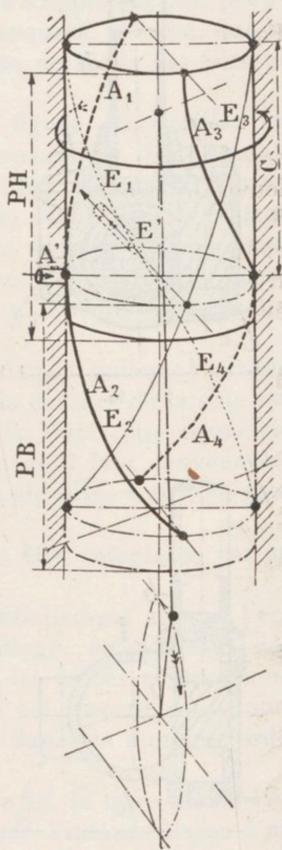


FIG. 8.

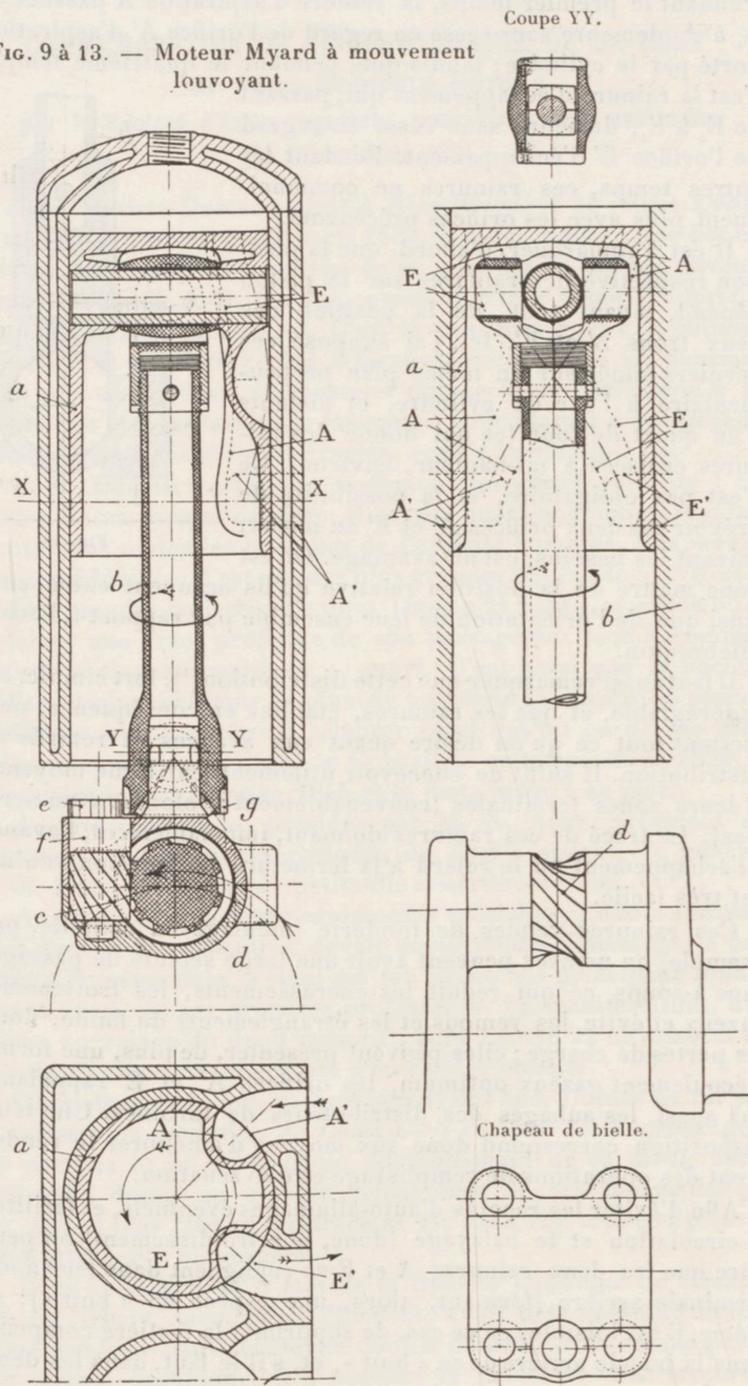


FIG. 9 à 13. — Moteur Myard à mouvement louvoyant.

une rotation continue et une translation de va-et-vient, dans la proportion de deux paires de courses rectilignes alternatives complètes pour un tour entier du piston. Ce dernier assure la distribution du fluide (aspiration et échappement, tous les deux tours de vilebrequin) par l'intermédiaire de deux profondes rainures pratiquées sur lui, disposées en sens contraire, et débouchant à sa face avant. Chacune de ces rainures, successivement, se déplace en demeurant (uniquement durant la course opportune prévue), en regard d'un orifice distributeur correspondant, car le cylindre porte à cet effet deux de ces orifices (l'un d'aspiration, l'autre d'échappement) qui sont ainsi mis, respectivement et au moment voulu, en communication avec la capacité variable de la cylindrée.

La figure 8 indique, sous forme géométrique, le principe même du moteur, et les figures 9 à 13 en définissent schématiquement une réalisation.

Les figures 14 à 17, représentent des variantes possibles dans la jonction du corps et de la tête de bielle, et dans la commande, rotative de ce corps de bielle par le vilebrequin, et la figure 18 est une variante de réalisation du moteur dans le cas où la puissance est transmise par engrenages coniques, l'arbre récepteur n'étant plus en forme de vilebrequin classique.

Le piston (fig. 8), passe de l'une à l'autre de ses positions limites PH (point-mort haut) et PB (point-mort bas), en tournant chaque fois sur lui-même, et dans le même sens, d'un quart de tour. Pour un cycle complet (c'est-à-dire, deux paires de courses rectilignes alternatives du piston, et une rotation d'un tour sur lui-même), les deux rainures A et E (aspiration et échappement) sont désignées, respectivement et dans leurs positions extrêmes, par les lettres A_1, A_2, A_3, A_4 et E_1, E_2, E_3, E_4 . Pendant le premier temps, la rainure d'aspiration A passant de A_1 à A_2 demeure sans cesse en regard de l'orifice A' d'aspiration porté par le cylindre; tandis que, pendant le quatrième temps, c'est la rainure d'échappement qui, passant de E_4 à E_1 , demeure sans cesse en regard de l'orifice E' d'échappement. Pendant les autres temps, ces rainures ne communiquent plus avec les orifices précédents.

Il est à remarquer, d'abord, que la position respective des rainures sur le piston dépend, avant tout, de la position des deux trous A' et E'. Ici, j'ai supposé ces derniers situés sur un même plan perpendiculaire à l'axe du cylindre, et distants d'un quart de tour (ce qui donne des rainures croisées à mi-hauteur, environ). Ce n'est pas obligatoire, et la possibilité de prévoir ces deux orifices A' et E' au mieux, suivant les besoins, est un avantage. On est donc maître de la position relative qu'ils occupent entre eux, ainsi que de l'orientation de leur ensemble par rapport à l'arbre vilebrequin.

Il faut aussi remarquer que cette distribution (1), fort simple, est indéterminable, et que les rainures, établies en conséquence, permettent tout ce qu'on désire quant aux avances et retards de distribution. Il suffit de concevoir utilement leur ligne moyenne et leurs zones terminales (convenablement prolongées ou arrêtées). Le tracé de ces rainures donnant, immuablement, l'avance à l'échappement ou le retard à la fermeture d'admission voulus, est très facile.

Ces rainures venues de fonderie (moulage en coquille, par exemple) ou usinées peuvent avoir une large section de passage, sans à-coups, ce qui réduit les encrassements, les frottements gazeux et évite les remous et les étranglements du fluide, donc les pertes de charge; elles peuvent présenter, de plus, une forme d'écoulement gazeux optimum, les orifices A' et E' rappelant, eux aussi, les aubages des distributeurs de turbines. Une telle disposition correspond donc aux moyens d'améliorer le rendement des opérations de remplissage et d'évacuation.

Afin d'éviter les recoins d'auto-allumages éventuels, et faciliter la circulation et le balayage (donc, le refroidissement) on peut faire que les deux rainures A et E se rejoignent dans leur zone terminale arrière (formant, alors, une espèce de « huit »); et même, il est loisible, en ce cas, de supprimer la matière comprise dans la boucle arrière de ce « huit », et, s'il le faut, dans les deux boucles.

Enfin, le mouvement de rotation du piston imprime aux gaz aspirés une turbulence giratoire extrêmement heureuse (on peut l'accentuer par des ailettes radiales venues sur la face-avant du piston) dont l'utilité doit être particulièrement sensible dans le cas des moteurs à combustion, l'air frais comprimé se renouvelant sans cesse devant l'injecteur. La possibilité d'avoir une culasse en forme de calotte sphérique (puisque les chapelles n'existent pas comme avec les soupapes) permet l'usinage interne de cette calotte, et, par conséquent, conduit à une paroi nette et polie, tolérante, sans auto-allumages, de plus fortes valeurs du rapport volumétrique, ce qui augmente le rendement thermique.

Mais à ces avantages, il faut ajouter l'avantage essentiel que le

contact du piston louvoyant contre son cylindre se fait avec un frottement presque nul.

Il en résulte que ce frottement, considérablement réduit, permet de réaliser, entre le cylindre et le piston, un jeu infime qui serait inacceptable avec un piston ordinaire à mouvement de translation seul, car il y aurait grippement instantané. Par suite, l'étanchéité se trouve bien assurée sans autres organes complémentaires. L'emploi de segments est impossible, évidemment, dans la région des rainures, mais un segment racleur peut être prévu à l'arrière du piston. Néanmoins, de simples rainures légères d'étanchéité pratiquées sur la face cylindrique du piston et suivant une ou plusieurs directions seront utiles éventuellement, puisqu'elles formeront à la fois chambres de détente pour les fuites, et réserves de lubrifiant.

Cette annulation presque totale du frottement supprime les causes d'usure, d'ovalisation (la bonne étanchéité pouvant ainsi se maintenir en état), et rend très commode le graissage, en même

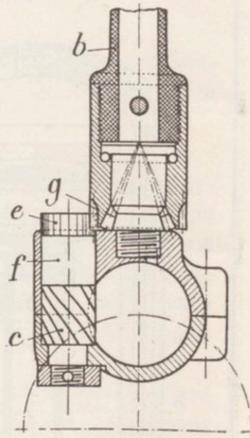


FIG. 14.

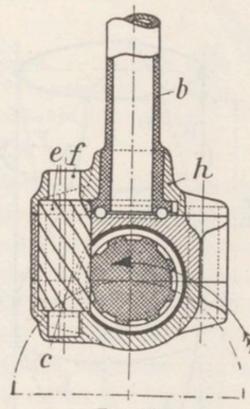


FIG. 15.

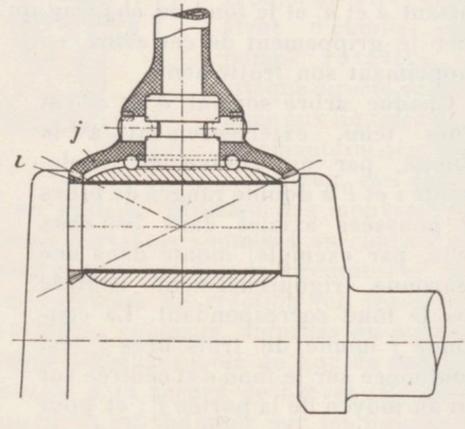


FIG. 16.

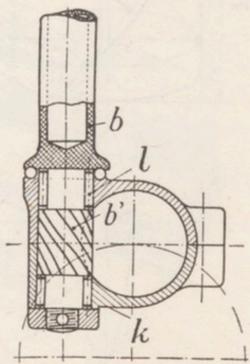


FIG. 17.

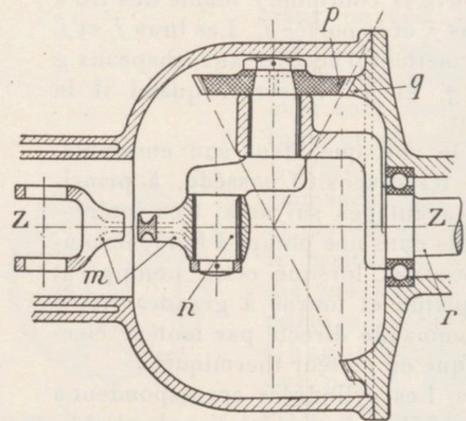


FIG. 18.

FIG. 14 à 18. — Variantes de réalisation du moteur à mouvement louvoyant.

temps qu'elle fait tomber presque à rien la puissance passive correspondant au simple mouvement du piston dans son cylindre, — lequel peut, ou non, être chemisé. Enfin, la masse des pistons en rotation constitue un volant complémentaire et facilite la régularité de marche du moteur. En somme, un tel moteur élimine les inconvénients des moteurs à soupapes, et les difficultés du moteur sans soupapes (à chemises), gardant les avantages de ce dernier et y ajoutant les siens propres.

Les figures 9 à 11 montrent que le piston *a*, muni de ses deux rainures convenablement tracées A et E, est accroché à la bielle *b* au moyen d'un joint approprié: cardan ordinaire (comme indiqué), ou à aiguilles, ou tout autre joint acceptable, homocinétique ou non.

Le corps de bielle *b* peut tourner autour de son axe propre, du fait qu'il est monté à rotation sur la tête de bielle.

La jonction d'appui et centrage sur cette dernière peut être réalisée de multiples façons. Par exemple, la poussée sera transmise au moyen d'un roulement genre Timken (fig. 9 et 14), ou bien par une butée à billes (fig. 15 à 17). Mais on pourrait avoir des roulements obliques, ou à gorges profondes, ou même des portées lisses (grain). La tenue à l'arrachement pendant le temps d'aspiration (ce qui correspond aux seuls efforts d'inertie) peut être obtenue par portées lisses de diverses conceptions (fig. 9, 15, 16 et 17), butée à billes (fig. 14), roulement oblique, ou toute autre manière admissible.

(1) Dans le cas d'un moteur bon marché, à explosion, il ne serait pas impossible d'utiliser aussi le piston comme élément distributeur d'allumage.

La conjugaison des deux mouvements de rotation continue et translation alternative du piston est assurée par engrenages.

Voici, sous forme de variantes, la solution lorsque l'arbre moteur est un vilebrequin. Dans ce cas, chaque soie de ce dernier subit, durant le mouvement, une rotation relative par rapport à la tête de bielle correspondante (un tour complet pour un tour de vilebrequin). Il suffit d'utiliser ce mouvement relatif en faisant, par exemple (fig. 9 et fig. 14), engrener le pignon hélicoïdal c avec la denture hélicoïdale d taillée sur la soie du vilebrequin; le pignon e (taillé sur le même axe f que c) engrenant, à son tour, avec la denture g portée par le corps de bielle b ; et les deux couples $c d$ et $e g$ étant établis de façon que pour un tour complet du vilebrequin, on ait un demi-tour de la roue g . La taille de la denture d est commode; mais, afin que les pressions unitaires gardent leurs valeurs tolérables habituelles sur la soie, cette dernière devra subir une légère augmentation de sa longueur ou de son diamètre.

Dans la variante indiquée figure 15, l'axe f porte une denture hélicoïdale unique (le pignon e est le prolongement du pignon c). Encore faut-il que les réactions axiales ne s'opposent pas, pratiquement, à une telle réalisation. On remarquera, là aussi, que la liaison du corps de bielle b avec la tête de bielle est faite au moyen du chapeau h .

Dans la variante représentée par la figure 16, j'utilise un pignon conique i engrenant avec une couronne j . Le pignon i sera rapporté, et composé de deux morceaux réunis suivant un plan diamétral. Ou mieux, le vilebrequin étant alors constitué par éléments assemblés, le pignon i sera taillé à une extrémité de la soie. Cette solution peu compliquée est particulièrement possible dans le cas d'un moteur monocylindrique (pour motocyclettes, par exemple).

La variante indiquée figure 17 est fort simple, puisque l'attaque d'engrènement est faite directement par la denture de la soie sur le prolongement b' du corps de bielle b . Mais cette asymétrie résultante crée des réactions de flexion qu'il faut convenablement équilibrer. Les deux roulements à aiguilles k et l , en particulier, sont disposés à ce sujet.

Dans tous ces dispositifs, la soie peut être remplacée par un simple bouton de manivelle.

D'une manière générale, il faut essentiellement alléger l'ensemble formé par le piston et l'embiellage, en utilisant des alliages légers si possible, et en évitant les pièces au maximum (bielle tubulaire, par exemple) puisque cet ensemble est, normalement, un peu plus volumineux que dans les moteurs ordinaires.

Dans la variante indiquée par la figure 18, la transmission de la puissance proprement dite a lieu par l'intermédiaire d'un couple conique (précédemment, cette transmission se faisait directement par l'action de la bielle sur le vilebrequin). On voit que, sous la poussée du piston, la bielle m agissant sur la manivelle n entraîne la rotation du pignon p sur lui-même et autour de l'axe ZZ , puisque ce piston p engrène avec la roue fixe q , laquelle a deux fois plus de dents que lui. L'arbre moteur r est, ainsi, mù rotativement. On voit aussi que la bielle m en tournant (le plan mobile qu'elle balaie contient sans cesse l'axe ZZ) va donner au piston constitué comme précédemment un mouvement de rotation continue avec un tour entier pour deux paires de courses « aller et venue »; l'attache de la bielle au piston demandant, alors, une simple articulation et non plus un joint de cardan ou analogue.

Au lieu d'un seul piston, je peux avoir ici, sous réserve que les inerties en fin de course ne soient pas excessives, deux pistons à double effet, par exemple, montés sur une même tige d'axe ZZ (la bielle s'articulant sur elle), et logés dans un long alésage d'axe ZZ convenablement compartimenté dans le sens axial. Cela revient à un moteur quatre cylindres; chaque piston à double effet porte, évidemment, deux paires de rainures distributrices.

Mais il serait également possible de recourir à plusieurs pistons « simple effet », disposés parallèlement, chaque arbre moteur particulier transmettant (par engrenages) sa puissance à un arbre moteur général.

Dans tous les cas, la masse tournante constitue un utile volant.

En somme, ce moteur, essentiellement simple, indé réglable, et qui correspond à un frottement très faible et un graissage facile, doit être envisagé aussi bien pour le cycle quatre temps à

explosion, que pour celui à combustion. Or, un pareil système louvoyant, applicable, aussi, à certains moteurs rotatifs, est utilisable, également, dans le cas d'un moteur classique deux temps « à trois orifices » avec, cette fois, bien entendu, un tour du piston sur lui-même pour une seule course complète « aller retour ». Mais alors, la distribution étant faite en fin de course (point-mort bas) les rainures du piston peuvent être supprimées, ou se réduire à une courte longueur.

F. E. MYARD.

Ingénieur des Arts et Manufactures,
Lauréat de l'Institut.

SCIENCES

COMMÉMORATION DU CINQUANTENAIRE DE LA MORT de Jean-Baptiste Dumas

par la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale
le 27 octobre 1934.

Jean-Baptiste Dumas naquit à Alès (Gard) le 16 juillet 1800; il mourut à Cannes, le 11 avril 1884. Il reçut d'abord une bonne éducation classique au collège de sa ville natale, collège devenu depuis le lycée J.-B. Dumas, avant d'entrer comme apprenti chez un pharmacien d'Alès. C'est là qu'il prit goût à la chimie. En 1817, il se rendit à pied à Genève, encore chez un pharmacien et il est curieux de constater que ce futur professeur à la Sorbonne et à la Faculté de Médecine, ce fondateur d'une grande école, n'avait passé aucun examen, acquis aucun diplôme.

J.-B. Dumas ne fut pas seulement un grand chimiste : au cours de sa longue carrière, il exerça aussi une action bienfaisante dans toutes les branches de l'activité humaine. Son œuvre est considérable; il est une des plus grandes figures du XIX^e siècle.

Les grandes collectivités dont Dumas fit partie et celles où il a laissé une trace profonde de son passage ont tenu à commémorer le cinquantenaire de sa mort. C'est ainsi que la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale a consacré sa séance publique du 27 octobre à célébrer celui qui fut un de ses plus illustres présidents. Entré au Conseil de cette société en 1829, il en devint le président en 1845 et le resta jusqu'à sa mort.

A cette cérémonie, présidée par M. A. Alby, président en exercice, assistaient le petit-fils du grand savant, le général J.-B. Dumas, ses arrière-petits-fils et arrière-neveux.

Au cours de plusieurs cérémonies officielles, l'Ecole centrale des Arts et Manufactures devait aussi rendre hommage, à peu près à la même date, à celui qui fut un de ses principaux fondateurs et un de ses premiers professeurs. La manifestation, différée en raison du deuil national, aura lieu le 22 novembre. Le *Génie Civil* ne manquera pas d'en rendre compte.

Rappelons enfin que, malgré son grand âge, Dumas ne fut pas étranger à la fondation du *Génie Civil* en 1880 : il l'encouragea, le patrona et lui resta fidèle. Au lendemain de sa mort, notre journal a donné un compte rendu ému de ses funérailles (1), et, un peu plus tard, il a retracé sa vie dans une très complète et très attachante biographie (2).

Dans la séance du 8 mai de la Société chimique de France, M. G. Urbain, membre de l'Institut, avait déjà magnifié le rôle joué par Jean-Baptiste Dumas dans le domaine de la chimie pure : en chimie organique, il a apporté la précision des mesures, comme l'avait fait Lavoisier, ce qui le conduisit à y introduire les notions de fonction, de type et de substitution; à ce titre, il est le fondateur de la chimie organique, et, dans ce domaine, il est l'égal de Lavoisier dans le domaine de la chimie minérale.

Ces travaux, qui remontent à 1834, date à laquelle ils firent l'objet d'une communication à l'Académie des Sciences, eurent un retentissement considérable, car ils bouleversaient la théorie de Berzélius, alors admise par tous les chimistes. On y voyait le chlore, l'élément le plus électro-négatif alors connu, remplacer, dans les composés organiques, l'hydrogène, l'élément le plus électro-positif, et y jouer le même rôle. Dumas faisait en effet intervenir, d'ailleurs à son insu, une notion nouvelle, celle de la valence, base de la théorie atomique, à laquelle cependant il se rallia plus tard. Si le chlore et l'hydrogène jouent le

(1) Voir le *Génie Civil* du 19 avril 1884.

(2) *J.-B. Dumas (1800-1884)*, par Charles DE COMBEROUSSE, professeur à l'Ecole Centrale (*Génie Civil* du 18 octobre 1884).

même rôle et se substituent l'un à l'autre, c'est parce qu'ils sont tous deux monovalents. En 1867, lors d'un banquet donné à l'occasion de l'Exposition universelle de Paris, Dumas demanda à Liebig, son ancien contradicteur, pourquoi il avait abandonné la chimie organique pour la chimie agricole; Liebig répondit: « J'y ai renoncé parce que votre théorie des substitutions n'y laisse place qu'aux ouvriers, non plus aux maîtres. » Cette boutade, qui contenait alors une petite part de vérité, signifiait que, grâce à Dumas, les recherches en chimie organique étaient devenues faciles.

La notion de valence devait être précisée par Laurent et Gerhardt qui, empêchés de vérifier expérimentalement le bien fondé de toutes leurs idées et morts jeunes, ne purent les faire triompher. (Voir: Charles Gerhardt, *sa vie, son œuvre, sa correspondance*, par Ed. GRIMAUZ et Ch. GERHARDT fils, Paris, 1900). Dégagée de la conception des types de Dumas, dont elle résultait, la notion de valence prit toute son ampleur grâce aux travaux de Wurtz et de ses contemporains, élèves de Dumas, qui en montrèrent la fécondité; c'est elle qui a permis l'établissement des formules de constitution qui font apparaître les propriétés chimiques fondamentales des corps.

Pour l'histoire de la chimie et des théories chimiques jusqu'à Dumas, on lit encore avec le plus vif intérêt ses *Leçons sur la philosophie chimique* professées au Collège de France en 1836 et recueillies par son élève, BINEAU (Gauthier-Villars, éditeur, 2^e édition, 1878). Cet ouvrage fut le livre de chevet de trois générations d'étudiants.

C'est à Dumas aussi qu'on doit un des premiers essais de classification méthodique des éléments, qu'il plaçait le long d'une hélice tracée sur un cylindre, idée prématurée qui fut reprise plus tard avec plus de succès par Mendéléïeff. Cette classification, inspirée de l'idée de l'unité de la matière et qui résultait de sa classification des éléments en familles naturelles, a été conservée; elle a été l'origine d'une science nouvelle, l'atomistique, dont nous voyons aujourd'hui les développements prodigieux.

Dans ce qui va suivre, nous résumerons les allocutions prononcées à la séance de la Société d'Encouragement; elles montrent J.-B. Dumas sous des aspects autres que celui de l'homme de laboratoire, car il fut un technicien et un agronome avertis, un animateur et un organisateur de premier ordre, un administrateur avisé, enfin et surtout un grand philanthrope.

J.-B. Dumas, *président de la Société d'Encouragement*, par M. L. BACLÉ, ancien président de la Société. — J.-B. Dumas contribua pour une part importante à provoquer le mouvement d'idées qui, au début du XIX^e siècle, allait transformer peu à peu notre civilisation en amenant nos compatriotes de toutes les classes sociales à s'intéresser aux progrès industriels.

L'un des premiers, J.-B. Dumas comprit que la prospérité résultant de ce magnifique développement industriel était achetée parfois au prix des épreuves et des souffrances de collaborateurs malheureux; aussi s'intéressa-t-il à leur sort en provoquant l'institution de fonds de secours en faveur d'inventeurs ou d'ouvriers tombés dans la misère, victimes d'accidents du travail ou de maladies professionnelles⁽¹⁾.

Si la Société d'Encouragement a pu contribuer au succès de quelques-uns des travaux de Dumas en lui apportant la collaboration des savants qui composaient ses comités techniques, par contre elle recueillit aussi les reflets de la gloire de son président qui avait fait de cette Société une sorte d'académie de science industrielle.

« Mettre la science au service de l'industrie pour le plus grand bien de l'humanité, en s'attachant tout d'abord à connaître les lois de la nature, puisque nous ne pouvons la dominer qu'en lui obéissant », telle était, suivant Dumas, la tâche que les fondateurs de la Société lui avaient assignée en 1801.

Dumas se révéla le digne continuateur de ses prédécesseurs, Chaptal et Thenard, par le merveilleux élan qu'il imprima à l'étude des applications qu'on devait tirer des grandes découvertes scientifiques qui marquèrent son époque.

(1) Aucune de ces nombreuses fondations ne portait son nom. Cette Société a pensé qu'il convenait d'en créer une qui rappelât d'une façon durable la sollicitude que Dumas témoignait aux serviteurs modestes de l'industrie: en 1897, sur l'initiative d'Aimé Girard, elle institua la *Médaille Dumas*, récompense qui est décernée « aux ouvriers qui, sans quitter les ateliers, se sont peu à peu élevés jusqu'au rang de directeur d'usine ou de chef d'un service important dans un grand établissement industriel ou agricole. »

Presque tous les ans, la Société d'Encouragement décerne une médaille Dumas, quelquefois deux et même trois; et, très souvent, le lauréat a débuté comme apprenti dans l'établissement dont il est devenu le chef.

« La Société d'Encouragement, plus jeune que la Society of Arts de Londres, s'est fondée, disait-il, à son image, mais elle ne s'est pas contentée comme elle d'appeler des praticiens dans ses conseils; elle s'est immédiatement placée sous le patronage de la science la plus élevée. Elle a voulu éclairer les procédés traditionnels des ateliers par les lumières de la science pure et fournir en même temps à la science les résultats constatés par la pratique industrielle et agricole. Elle a pour caractère distinctif et prédominant l'union intime de la théorie et de la pratique, de la science et de ses applications⁽²⁾. »

En 1845, sur l'initiative de Dumas, pour la première fois 25 médailles sont attribuées aux ouvriers de l'industrie. En 1852, il institue des récompenses pour les élèves des écoles professionnelles et il crée un sixième comité technique au sein du Conseil, celui des Constructions et des Beaux-Arts appliqués à l'industrie « pour maintenir les qualités d'élégance et de beauté qui doivent caractériser les productions françaises ».

En 1865, il organise des caisses de secours dans des industries éprouvées. En 1874 et 1875, il procède à la reconstruction de l'hôtel de la Société et fonde de nouveaux prix destinés à encourager les recherches industrielles, et c'est ainsi qu'est réalisée la fabrication du bleu d'outremer artificiel, par Guimet, celle du flint et du crown pour l'optique, celle des faïences fines à émail dur et des bouteilles à liquides mousseux. Dumas provoqua aussi les études qui aboutirent: à la turbine Fourneyron et au perfectionnement du procédé de filature du lin imaginé par Philippe de Girard, dont il se constitua le protecteur; à la création de la lithographie, et à celle du procédé de conservation des aliments imaginé par Appert. Il empêcha la fermeture des sucreries par l'Etat. Enfin, il défendit la mémoire de Nicolas Leblanc à qui l'on contestait la découverte de la soude artificielle.

Jean-Baptiste Dumas agronome et promoteur des travaux de Pasteur sur les maladies du ver à soie, par M. Georges WERY, secrétaire général de la Société d'Encouragement. — Jusqu'à ses derniers jours, l'agriculture et les paysans furent pour J.-B. Dumas l'objet d'une sollicitude constante. Son activité à cet égard s'est manifestée par ses propres travaux, par ceux qu'il inspira et par les institutions qu'il créa ou dont il provoqua la création en raison des hautes fonctions auxquelles l'avaient appelé sa compétence et son dévouement à la chose publique⁽³⁾.

Comme travaux personnels, il démontra que le lait est un aliment complet; il reconnut que les légumineuses fixent directement l'azote atmosphérique; il étudia l'assimilation chez les plantes et les animaux et jeta les bases de l'alimentation rationnelle du bétail, démontra la nécessité des engrais azotés; il montra aussi les avantages agricoles de la culture de la betterave dont le sucre prend tous ses éléments à l'air et à l'eau; il préconisa l'emploi des sulfocarbonates alcalins au lieu du sulfure de carbone dans le traitement de la vigne.

Dans la seconde catégorie de travaux rentre la recherche d'un remède à l'épidémie qui, depuis une vingtaine d'années, ruinait la sériciculture dans les Cévennes, et qu'il demanda à son élève Pasteur, bien que celui-ci n'eût jamais vu un ver à soie. On sait que le succès fut complet: dès ses premières recherches, en juin 1865, Pasteur trouva la cause de l'épidémie et le moyen de l'enrayer; mais, toujours à la demande de Dumas, il dut consacrer six ans à lutter contre les préjugés, l'inertie et la mauvaise foi pour prouver l'efficacité de sa méthode⁽³⁾. Ce succès eut une influence considérable sur l'orientation des travaux de Pasteur qui, jusqu'alors, n'avait étudié que les fermentations; et c'est ainsi qu'il fut conduit à la guérison des nombreuses maladies infectieuses du bétail et de l'homme qui ont rendu son nom immortel et la méthode pastoriennne universelle.

(1) Liebig, qui avait étudié la chimie pendant trois ans à Paris, alors puissant foyer de culture, à son retour en Allemagne en 1827, y introduisit la méthode qui donnait en France les magnifiques résultats industriels qu'il y avait constatés, savoir, la collaboration étroite du laboratoire et de l'usine. A cette époque, des savants comme Gay-Lussac, Vauquelin, Fourcroy, étaient aussi des chefs d'industrie. C'est de Liebig que date l'essor de l'industrie chimique allemande.

(2) Voir aussi, à ce sujet: *Jean-Baptiste Dumas agronome*, par A. RONNA, dans le *Genie Civil* des 17, 24 et 31 janvier 1885.

(3) Par reconnaissance, la ville d'Alès, où Pasteur fit ses recherches, lui a élevé une statue, non loin de celle de Dumas, son plus glorieux enfant.

Dans le troisième ordre d'activité de Dumas rentrent : la lutte contre le phylloxéra ; la création du Crédit foncier et de l'enseignement agricole à trois degrés, avec, à la tête, l'Institut agricole devenu l'Institut agronomique ; la conservation de l'industrie sucrière en France. Il jeta les bases du crédit agricole et des caisses de retraites ouvrières et paysannes qui devaient être réalisés plus tard sous la forme qu'il avait prévue ; il réprima la fraude des engrais et fit adopter l'épandage des eaux d'égout.

Jean-Baptiste Dumas édile parisien (adduction d'eau, distribution de gaz, construction des égouts), par M. M. DENIAU, membre du Conseil de la Société d'Encouragement. — J.-B. Dumas peut être considéré comme un des créateurs du Paris moderne. Appelé par l'empereur Napoléon III à présider la Commission municipale (1), Dumas fit prendre des décisions heureuses : substitution d'eau de source à l'eau de Seine mal filtrée en vue de fournir aux Parisiens une eau saine et fraîche (2) ; construction d'égouts pour éloigner les eaux usées de la ville ; épandage de ces eaux en aval de Paris dans des terrains propres à la culture maraîchère, ce qui, dans l'état de la technique d'alors, était certainement la meilleure solution.

Dans son esprit, le percement des grandes voies bordées d'arbres dans le vieux Paris était un moyen de faire disparaître les taudis, les ruelles tortueuses, étroites et obscures, les vieux quartiers surpeuplés du centre de la ville, qui étaient des foyers permanents d'épidémies.

Dumas intervint pour défendre les intérêts de la Ville dans le contrat avec la Compagnie du Gaz. Il obtint la réduction de 0 fr 50 à 0 fr 40 puis à 0 fr 30 du prix du mètre cube de gaz fourni aux particuliers et l'amélioration de la qualité du gaz. Dumas, ingénieur-éclairagiste, perfectionna les becs de gaz et, sans accroître leur consommation, tripla leur rendement lumineux.

Dumas ne réussit pas à faire adopter le grand projet d'un cimetière parisien *extra muros* à Méry-sur-Oise, qui eût débarrassé Paris et sa banlieue des nécropoles. Aujourd'hui, avec 70 ans de recul, on peut d'autant plus le regretter que les communications sont devenues beaucoup plus faciles.

J.-B. Dumas fit introduire l'enseignement du dessin dans les écoles de la ville de Paris. Il avait aussi demandé l'agrandissement de la Sorbonne et l'organisation de grandes universités provinciales autonomes, destinées à empêcher l'afflux exagéré des étudiants à Paris.

Jean-Baptiste Dumas économiste, métrologiste et président des Monnaies de France, par M. Ed SAUVAGE, ancien président de la Société d'Encouragement. — J.-B. Dumas était, comme a dit Pasteur, « un de ces rares esprits aussi bien faits pour le travail silencieux que pour les débats des grandes assemblées ».

En qualité de ministre de l'Agriculture et du Commerce, Dumas, après avoir organisé une longue enquête à l'étranger, fit instituer le Crédit foncier de France, surtout « dans le but de diriger les capitaux vers la terre ».

Comme représentant de l'Académie des Sciences à la commission internationale chargée, dès 1869, de réaliser l'adoption universelle du Système métrique, Dumas, qui était devenu président de la Commission, réussit à faire adopter, en 1875, comme définition du mètre, la longueur d'un prototype à créer, qui serait déposé au Pavillon de Breteuil, à Sèvres, et non la dix-millionième partie du quart du méridien terrestre, définition primitivement adoptée, ce qui, si on l'avait conservée, aurait obligé à des révisions, et provoqué le désordre dans les mesures.

J.-B. Dumas était, depuis 1830, conseiller des Chambres et du Gouvernement pour les questions monétaires. Dès 1846, il fit refondre l'ancienne monnaie de billon en cuivre, sale et lourde, pour la remplacer par une monnaie en bronze pratiquement inaltérable. C'est lui aussi qui fit adopter l'étalon or pour définir la valeur de la monnaie.

En 1867, comme président de la Commission des Monnaies

(1) Pendant la Révolution de 1848, le Conseil municipal de Paris avait voulu jouer un rôle politique ; aussi Cavaignac confia-t-il au Gouvernement la nomination des édiles parisiens : ils formèrent la Commission municipale. L'Empereur conserva cette disposition et nomma à côté de Dumas de hauts fonctionnaires comme le directeur de l'École des Ponts et Chaussées, des artistes comme Delacroix et Robert-Fleury et des savants comme Flourens et Le Verrier.

(2) On avait proposé d'utiliser l'eau de puits artésiens. Dumas démontra, qu'elle ne pouvait être qu'un appoint.

et Médailles, il fit concentrer à Paris, dans un seul établissement, devenu l'Hôtel des Monnaies, toute la fabrication des anciens ateliers monétaires qui existaient auparavant dans plusieurs villes de province ; on put alors apporter à la frappe toute la précision voulue et donner aux pièces l'uniformité de poids, de forme et de composition, désirée depuis longtemps et que des recherches antérieures, qu'il provoqua, avaient fait reconnaître comme réalisables.

Jean-Baptiste Dumas protecteur des apprentis, par M. M. LACON, membre du Conseil de la Société d'Encouragement. — Ayant donné la plus vive impulsion à la grande industrie qui venait de se créer en France, Dumas, qui avait débuté comme apprenti pharmacien, ne voulut pas que sa prospérité fût achetée aux dépens de ceux qui en étaient les artisans, modestes mais nécessaires, les ouvriers et apprentis, qui n'étaient plus protégés depuis la suppression des corporations. Le 4 mars 1850, comme ministre de l'Agriculture et du Commerce, il déposa à l'Assemblée nationale un projet de loi sur l'apprentissage. Ce projet stipulait que l'enseignement donné à l'apprenti doit être complet et progressif ; les devoirs du patron y sont assimilés à ceux d'un bon père de famille ; l'apprenti doit avoir au moins quatorze ans, et la durée de son travail ne doit pas dépasser quatorze heures, sur lesquelles doit être pris un temps suffisant pour les études primaires et l'enseignement religieux. Dumas avait obtenu, dès 1844, l'établissement d'une inspection générale des Arts et Manufactures, mais qui avait été supprimée. En 1864, au Sénat, il en réclama sans succès le rétablissement pour obtenir l'application effective de la loi de 1841 sur le travail des enfants et pour réprimer les abus criants qui s'étaient introduits dans certains ateliers et qui « risquaient de compromettre l'avenir de la race ». Quelques mois après, cependant, comme conseiller général, il obtint la création de deux inspecteurs du travail dans le département de la Seine.

Mais « la loi laissait encore à la famille et aux mœurs le soin de s'occuper de l'enfant en dehors de l'atelier », ce qui est encore vrai aujourd'hui. Dumas, faisant appel à la charité, mit à profit la bonne volonté de quelques patrons, afin « d'exciter une émulation contagieuse chez les autres ». Pour cela, dès 1865, il groupa autour de lui une pléiade d'hommes éminents et généreux, qui firent une enquête sur la situation des apprentis en France ; elle les conduisit à créer la Société de Protection des Apprentis, filiale de la Société d'Encouragement, dans l'hôtel de laquelle elle a toujours son siège, et dont le programme est resté à peu près celui de son principal fondateur.

Le 27 octobre 1867, après la clôture de l'Exposition universelle, la nouvelle Société, qui comptait déjà plus de 600 membres et avait reçu l'appui des Pouvoirs publics, tenait sa première séance solennelle devant plusieurs milliers de personnes ; on y distribua des récompenses : aux meilleurs apprentis ; aux manufactures qui avaient organisé l'apprentissage ; aux patrons qui s'étaient particulièrement intéressés à leurs apprentis ou avaient appliqué largement le contrat d'apprentissage établi par la Société de Protection des Apprentis ; aux institutions privées venues au secours des entreprises en matière d'apprentissage.

Jean-Baptiste Dumas philanthrope, par M. A. ALBY, président de la Société d'Encouragement. — M. Alby montre d'abord quel était l'état de la science et de la technique à la mort de J.-B. Dumas : on venait seulement de faire quelques-unes des grandes découvertes qui devaient transformer la vie moderne, et Dumas en entrevit toutes les conséquences sociales, car si Dumas fut un prince dans le domaine matériel et dans celui de l'esprit, il le fut aussi dans le domaine du cœur : son regard s'est toujours penché sur la souffrance humaine ; il a su la discerner et la soulager. Dans son esprit, les progrès techniques devaient servir à l'amélioration de la vie de tous les travailleurs ; pour lui, les questions sociales primaient les questions techniques car il avait prédit les méfaits d'une production industrielle exagérée si on n'y prenait pas garde. Dumas est donc de la grande lignée des savants français dont la pensée et l'action n'ont jamais été séparées de l'idée supérieure du bien et qui sont non seulement l'honneur de notre nation mais aussi des bienfaiteurs de l'humanité.

VARIÉTÉS

Four électrique Wild-Barfield,
à circulation calorifique forcée.

Nous avons exposé précédemment, dans le *Génie Civil* du 6 avril 1929, p. 336, comment, au moyen du procédé Wild-Barfield, on obtient la trempe automatique des aciers ordinaires au carbone. Les inventeurs de ce procédé ont, plus récemment, répandu en France un nouveau four électrique spécialement étudié pour le revenu des aciers trempés, le recuit des laitons, et la trempe des alliages légers.

Les métallurgistes savent combien il est malaisé d'effectuer ces opérations avec précision, du fait des difficultés que l'on rencontre dans la détermination des deux facteurs essentiels de réussite : température des pièces et temps de maintien à cette température. En effet, on ne peut ici, comme dans le cas de la trempe des aciers, se fier à des phénomènes tels que la décalescence ou la perte du magnétisme. Quant à la « couleur », elle reste pour le revenu, un renseignement empirique, puisqu'elle dépend de l'état superficiel des pièces. Dans le cas des laitons et des alliages légers, aucun changement de coloration ne peut guider, même approximativement. On travaille donc le plus souvent au hasard.

Depuis quelques années, on emploie des régulateurs automatiques de température qui permettent au moins d'être sûr que la température requise n'est pas dépassée, mais ces appareils ne sont d'aucune utilité pour déterminer le moment où toutes les pièces d'une même charge ont atteint la température désirée ; ils ne peuvent pas davantage renseigner sur le moment où une grosse pièce en cours de traitement est chauffée correctement dans toute sa masse : or, c'est seulement à ce moment-là qu'on doit arrêter l'opération, ou bien commencer à compter le temps de maintien en température, suivant les cas. On voit combien ces traitements comportent de difficultés ; c'est à les résoudre que la Compagnie française Wild-Barfield s'est appliquée en créant un four à circulation calorifique forcée, muni d'un système de double enregistrement de la température.

Circulation calorifique forcée. — Un ventilateur de forme spéciale oblige l'air contenu dans le four à passer d'abord sur les résistances chauffantes, puis à traverser le panier contenant les pièces à traiter, pour revenir à son point de départ avant de recommencer le même cycle avec une vitesse judicieusement calculée (fig. 1).

Le ventilateur centrifuge, disposé dans le fond de la chambre de chauffe, est actionné par un moteur placé en dehors et au-dessous de l'appareil (fig. 2).

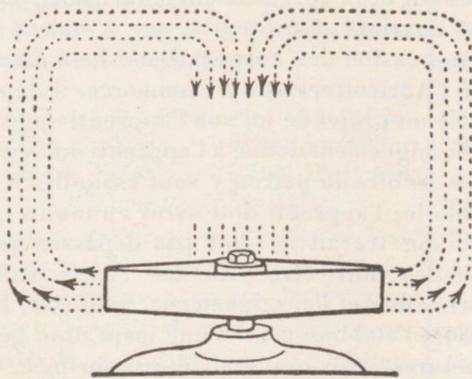


FIG. 1. — Schéma de la circulation calorifique forcée.

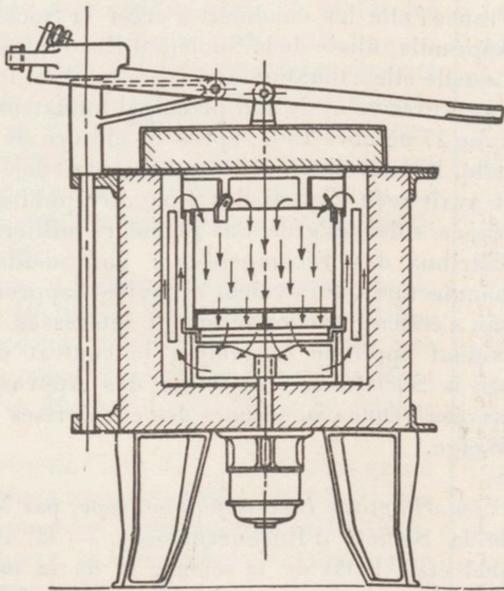


FIG. 2. — Coupe schématique du four Wild-Barfield.

Il est évident que l'air, qui est chauffé à une température T , cède à la charge, en la traversant, une partie de ses calories ; il cessera de lui en céder, lorsque la charge entière aura atteint la température T , c'est-à-dire au moment où l'équilibre thermique sera réalisé entre l'air et les différentes parties de la charge. Comment déterminer ce moment exact et le rendre perceptible à l'opérateur ? C'est l'objet de la seconde partie de l'invention.

Régulation et double enregistrement de la température. — L'air, ayant passé sur les résistances chauffantes et atteint sa température maximum, passe sur un couple thermo-électrique qui commande un régulateur enregistreur automatique de température. Cet appareil trace la courbe de la température maximum de l'air en circulation, en même temps qu'il en assure le maintien (cette température est celle du recuit ou du revenu fixée par l'opérateur au moyen d'un index mobile). La régulation permet donc d'envoyer dans la charge de l'air à température constante, réglable à volonté.

L'air chaud traverse la charge, en lui cédant une partie de ses calories. Un second couple thermo-électrique, placé au-dessous de cette charge, à la sortie de l'air chaud retournant au ventilateur, commande un mécanisme enregistreur qui trace sur le même diagramme une deuxième courbe. Lorsque les deux courbes se superposent exactement, l'opérateur apprend ainsi que la température de l'air à la sortie de la charge est la même

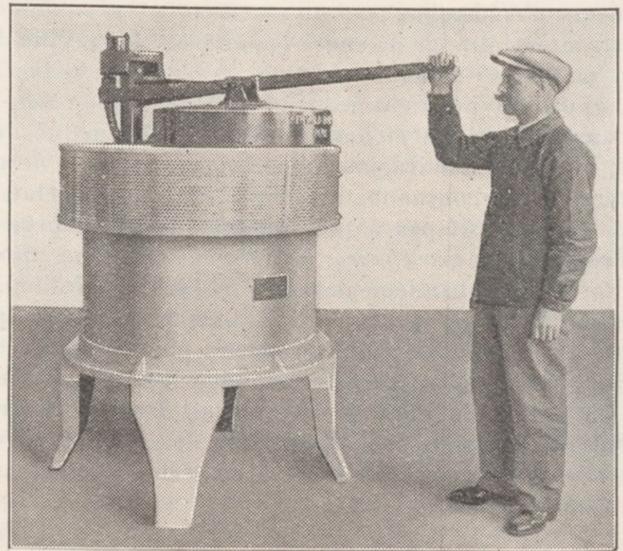


FIG. 3. — Vue d'un four Wild-Barfield.

qu'à son entrée, donc, qu'il n'y a plus d'échanges calorifiques et que toutes les pièces contenues dans le panier ont atteint la température voulue.

À ce moment seulement, intervient le temps pendant lequel cette température doit être maintenue, ce temps variant nécessairement avec le but qu'on se propose.

Les industriels disposent donc, désormais, d'un appareil qui leur permet d'exécuter avec précision toutes les opérations de traitement thermique nécessitant des températures comprises entre 0 et 750°. En plus de la précision qu'il apporte, assurant des produits parfaits et constants, ce procédé, grâce à son automatisme, permet de n'employer que des manœuvres, dont le travail se borne à charger et à décharger le four. En outre, la construction du four est telle que la dépense de courant est très faible : la circulation calorifique assure un chauffage rapide, particulièrement économique. En voici deux exemples :

Temps de chauffage, de 0 à 600°, d'une charge de 17 kg de pièces en laiton décollées :

a) 20 minutes au four à circulation calorifique forcée (11 minutes avec régime fort, 9 minutes avec four mis en veilleuse) ; consommation pendant ce temps : 1 460 watts ;

b) 40 minutes dans un four de même puissance, mais sans ventilateur (20 minutes avec régime fort, 20 minutes avec alternatives de courant coupé et de marche maximum) ; consommation, 2 440 watts.

Dans le premier cas, la régularité de température est parfaite dans toutes les parties de la charge ; dans le second cas, on a trouvé des différences de l'ordre de 10 à 15° entre les pièces placées près des parois chauffantes et les pièces placées au centre du four.

C'est en Angleterre que l'emploi du four Wild-Barfield à cir-

culatation calorifique forcée a pris jusqu'ici le plus d'extension : en France, il a tout de suite été utilisé dans les fabriques d'armes, de munitions et d'automobiles ; il constitue un complément particulièrement utile d'une installation moderne de traitement thermique ; il est maintenant fabriqué à Paris.

Les schistes bitumineux toarciens du Gévaudan.

Dans le *Génie Civil* du 7 novembre 1931, p. 480, nous avons montré l'extrême développement qu'ont en France les terrains toarciens. Rappelons qu'on désigne ainsi l'étage géologique le plus élevé du lias (du nom latin, *Toarcium*, de la ville de Thouars, dans les Deux-Sèvres). A cette époque, on n'attachait pas grande importance aux roches hydrocarbonées, dénommées schistes bitumineux, ou pyroschistes, notamment à celles qu'on avait rencontrées dans le toarcien.

Jusqu'alors, en effet, tous les procédés de traitement des pyroschistes employés étaient restés assez empiriques. Or, depuis, de nouvelles méthodes de traitement ont montré qu'il fallait changer cette manière de voir. On sait maintenant que les pyroschistes ne renferment le pétrole qu'en puissance, sous la forme de kérogène, complexe d'hydrogène, de carbone, d'azote, d'oxygène et de soufre, qui exige un traitement approprié dans chaque cas particulier. On est ainsi arrivé à des résultats en apparence paradoxaux : par exemple, on peut retirer beaucoup plus d'huiles



FIG. 1. — Carte géologique du Gévaudan montrant les affleurements reconnus, visibles ou probables, des schistes toarciens.

primaires de schistes toarciens relativement pauvres que jamais on n'en a tiré, à Autun, des pyroschistes permien considérés comme beaucoup plus riches. L'usine de Creveney (Haute-Saône) en fournit la preuve (1).

Il semble donc que l'ancienne industrie des schistes bitumineux, si prospère entre 1850 et 1875, va renaître en France, et contribuer à résoudre le problème des carburants vraiment nationaux. Il est donc intéressant de savoir où l'on a quelque chance de rencontrer des gisements de pyroschistes se prêtant le mieux à une exploitation, soit à cause de leur richesse, soit à cause de leur situation favorable. Ce sera nécessairement sur les gisements toarciens que l'attention devra se porter. Déjà trois permis d'exploitation sur plus de 4 000 hectares ont été accordés pour schistes bitumineux dans la Haute-Saône.

Bien que les affleurements des terrains toarciens s'étendent en France sur plus de 2 000 km, les schistes bitumineux ne s'y montrent pas partout : la sédimentation n'a pas été homogène ; les débris organiques, animaux surtout, qui sont à l'origine de l'imprégnation hydrocarbonée, ne se sont pas déposés uniformément. A côté de zones qu'on pourrait appeler zones de concentration, on rencontre des assises complètement stériles : il faudra faire un choix.

Parmi les régions qui semblent les plus favorables, il convient de signaler, en dehors de la Haute-Saône, la région du Gévaudan. Là, les terrains sédimentaires faisant enclave dans les massifs

anciens du Plateau Central y constituent les vastes plateaux désertiques du calcaire jurassique perméable des causses. Le lias apparaît sur tout leur pourtour, non loin des granits et des micaschistes, car les sédiments triasiques, permien et houillers ne sont nulle part importants.

Depuis longtemps, aux environs de Mende, on avait remarqué que toutes les vallées s'étaient creusées dans des schistes noirs, mais ce qui avait surtout retenu l'attention, c'était l'extrême abondance des poissons fossiles et des ammonites pyritisées. Plus au sud, un peu avant d'atteindre Florac, vers Ispagnac, à la tête des gorges du Tarn, on avait bien tenté jadis de brûler ces mêmes schistes noirs dans une fonderie de plomb, mais on n'a jamais eu que des renseignements très vagues sur les résultats qui y ont été obtenus.

Ce ne furent que les prospections de ces dernières années qui démontrèrent que les schistes noirs de Mende, appelés *schistes cartons*, pouvaient se ranger dans les pyroschistes par leur teneur en kérogène. On s'est servi de la grande abondance des ammonites dans le toarcien du Gévaudan pour le diviser en cinq horizons qui sont les suivants, de haut en bas :

- 1° Zone à *Ludvigia aalensis* : *L. mactra*, *L. castula*, *L. fluitans* ;
- 2° Zone à *Hammatoceras insigne* : *Lytoceras Jurensis* ;
- 3° Zone à *A. radians* : *Grammoseras fallaciosum*, *Peroniceras sternale* ;
- 4° Zone à *Hildoceras bifrons* : *Lioceras subplanatum*, *Cæloceras crassum* ;
- 5° Zone à *A. Serpentinus* : *Lioceras falciferum*, *Posidonomya Bronnii*.

C'est le dernier horizon, appelé aussi *marnes à posidonies*, qui peut être bitumineux.

L'ensemble de l'étage toarcien mesure 60 à 80 mètres de puissance ; il est formé, au sommet, de marnes bleues délitables

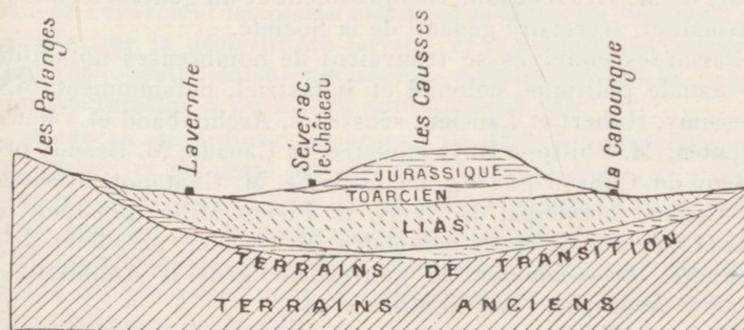


FIG. 2. — Coupe schématique verticale d'une partie du Gévaudan suivant un plan Nord-Est - Sud-Ouest passant par Séverac-le-Château.

qui, insensiblement, passent aux schistes noirs, solides et bien feuilletés. Des rognons calcaires, dans la partie supérieure, assurent la transition avec l'étage bajocien-bathonien qui vient immédiatement au-dessus et qui présente un certain intérêt par les lignites (houilles stipites) qu'il contient.

Dans les points mis à jour par dénudation naturelle et dans quelques tranchées, on a relevé, pour les assises hydrocarbonées, des puissances allant de 5 à 10 mètres.

Sur la carte de la figure 1, nous avons figuré de trois façons différentes les affleurements toarciens :

1° Les parties qu'on peut sans crainte dénommer schistes à kérogène. La présence des hydrocarbures y est certaine, comme : aux environs d'Ispagnac ; entre Mende par Lanuéjols et La Canourgue et Saint-Saturnin ; entre Recoule et Masségros par Séverac-le-Château ;

2° Les parties où les schistes toarciens sont visibles, mais pour lesquelles la preuve n'est pas faite qu'ils tiennent du kérogène. Ce sont : la partie comprise entre Ispagnac et Lanuéjols ; celle qui est comprise entre Saint-Saturnin et Cruéjols ; celle qui longe la montagne des Palanges, et enfin celle de la vallée du Tarn entre Masségros et Millau ;

3° Les parties où l'étage toarcien est mal déterminé et où la présence des schistes à posidonies n'est que probable. Ce sont : toute la bordure du causse Méjean, entre Ispagnac et Meyrueis, et la zone voisine d'Espalion.

De ce qui précède, on peut déduire que, dans le Gévaudan, les schistes liasiques hydrocarbonés sont connus en surface sur plus de 80 km, et qu'il est possible d'en rencontrer sur une

(1) Le procédé employé à Creveney a été décrit en détail par M. J. BARLOT dans le *Génie Civil* du 17 février 1934, p. 152.

longueur supplémentaire d'à peu près autant. Vers Séverac-le-Château, ils existent sur les deux lèvres d'une sorte de cuvette géologique (fig. 2), et dans cette zone ils couvrent plus de 20000 hectares, ce qui, pour la puissance minimum connue, représenterait plus d'un milliard de tonnes.

Ces tonnages énormes sont-ils pratiquement exploitables ? Il est actuellement impossible de répondre à cette question, car on n'a que des renseignements insuffisants sur la richesse de ces schistes ; dans des échantillons prélevés en divers endroits, la teneur est bien comparable à celle des schistes de Creveney, permettant d'escompter un rendement d'environ 60 litres d'huile brute à la tonne ; mais il faudrait effectuer des prélèvements beaucoup plus nombreux pour pouvoir formuler des conclusions de quelque valeur. En tout cas, aujourd'hui, il n'est plus permis de dire, comme il y a trois ans, que les schistes bitumineux du Gévaudan sont sans valeur industrielle.

V. CHARRIN.

Le 60^e anniversaire de la Société de Géographie commerciale

La Société de Géographie commerciale et d'Etudes économiques a célébré, le 10 novembre, le 60^e anniversaire de sa fondation au cours d'un banquet dont le Président de la République avait accepté la présidence. M. Albert Lebrun qui a été, comme on le sait, ministre des Colonies, est d'ailleurs membre fondateur et lauréat de la Société. Accompagné de M. Louis Rollin, ministre des Colonies et du maréchal Franchet d'Espérey, il a été reçu par M. Louis Marin, ministre d'Etat, président de la Société, entouré du général de Trentinian, président d'honneur, de M. A. Jacobson, vice-président et du général Brissaud-Desmaillet, secrétaire général de la Société.

Parmi les convives se trouvaient de nombreuses notabilités du monde politique, colonial et industriel, notamment, MM. Messimy, Hubert et Lancien, sénateurs, Archimbaud et Valensi, députés, M. Philippe Roy, ministre du Canada, M. Beaud, président du Conseil général de la Seine, M. Contenot, président du Conseil municipal de Paris, M. Pierre Mille, président de l'Académie des Sciences coloniales, M. Garnier, président de la Chambre de commerce, le gouverneur général Antonetti, le général Andlauer, l'amiral Mornet, etc.

M. Louis Marin prononça une allocution dans laquelle il parla du rôle colonial de la France, et rappela en termes émouvants l'arrivée de l'explorateur Monteil au lac Tchad.

Le général Brissaud-Desmaillet prit ensuite la parole pour faire l'histoire de la société et exposer son activité actuelle, dirigée essentiellement sur les grandes questions économiques et coloniales ; il souligna les qualités de géographe de M. Albert Lebrun.

M. Jacobson donna lecture du palmarès des prix et médailles décernés par la société, que le Président de la République remit lui-même aux bénéficiaires.

Enfin, le Président de la République prononça un important discours, dont nous reproduisons ici quelques extraits.

« Si l'action de la Société de Géographie commerciale, dit M. Albert Lebrun, fut utile et efficace au cours des soixante années passées, elle l'est plus que jamais aujourd'hui, dans le grand trouble moral et matériel de l'heure.

» Au moment où, sous l'influence de forces mauvaises nées des souffrances de la guerre et des excès de l'après-guerre, les nations tendent à s'isoler, à se replier sur elles-mêmes, à rompre les liens économiques issus d'une bienfaisante activité séculaire, il est bon que des organismes d'esprit libre et de volonté claire leur rappellent les pratiques et les lois qui furent à la base de leur prospérité passée, et auxquelles il leur faudra revenir si elles veulent revoir les jours heureux d'antan.

» Votre société est au nombre de celles qui, dans notre pays, s'efforcent par leurs études attentives et leurs suggestions rationnelles de rendre au commerce international quelques-uns de ses éléments. Elle mérite d'en être félicitée et remerciée.

» Par ailleurs, elle a toujours placé les questions coloniales au premier rang de ses préoccupations. Dans ce domaine aussi, elle se doit de renforcer et de multiplier son action.

» La part qu'ont prise, en effet, dans notre activité économique générale, nos possessions extérieures dans les années passées, va croissant sans cesse.

» De 1927 à 1933, les exportations de la métropole vers les colonies sont montées de 24 % à 32 % de l'ensemble de notre commerce extérieur d'exportation, et le mouvement inverse d'importation s'est élevé de 12,5 % à 23,6 %.

» Qu'est-ce à dire, sinon qu'au moment même où la France voit ses anciens marchés se fermer peu à peu devant elle, par suite des excès de droits de douane, des contingentements, des dumpings et des restrictions de crédit, elle continue à trouver chez ses fidèles filles d'outre-mer un accueil réconfortant.

» Plus réconfortant sans doute en valeur relative qu'en valeur absolue, car le commerce franco-colonial a souffert lui aussi dans les années de crise que nous traversons. Raison de plus pour que les organismes semblables au vôtre apportent leur concours au Gouvernement dans son effort en vue de galvaniser les productions coloniales et surtout de les harmoniser avec celles de la métropole.

» Nous avons tous le sentiment que des progrès considérables peuvent être accomplis dans cette voie. La Conférence économique coloniale, dont la préparation a été poursuivie grâce à la volonté tenace et à la persévérance obstinée de M. le président Laval, est en train de réunir des éléments pour l'action. Les matériaux seront bientôt à pied d'œuvre. Il ne s'agira plus que de les assembler en une construction solide, harmonieuse, digne de l'effort, un peu dispersé peut-être, magnifique quand même, fourni par notre pays au cours du dernier demi-siècle, et auquel on ne saurait rendre un hommage trop mérité. »

Après un hommage aux pionniers enthousiastes souvent morts à la tâche, M. Albert Lebrun invite ses auditeurs à jeter un coup d'œil rapide sur les événements qui ont, au cours des derniers mois, marqué notre histoire coloniale : l'inauguration de la ligne Fès-Taza ⁽¹⁾, les importants travaux d'irrigation qui se poursuivent dans le bassin du Niger ⁽²⁾, l'inauguration du Congo-Océan ⁽³⁾, les travaux de construction du Transindochinois ; la découverte au Maroc, dans le Djebel Tselfat, d'un gisement de pétrole qui permet les plus belles espérances ; l'achèvement de la pacification marocaine.

Le Président de la République conclut en ces termes :

« Quel peuple, je vous le demande, ayant accompli pareille œuvre hors de son territoire au cours d'une année aussi dure que 1934, n'en tirerait orgueil, et ne la ferait connaître au monde par les mille voix de la publicité : presse, film, radio-phonie ? Or, c'est à peine si nos oreilles ont recueilli l'écho lointain et discret des paroles prononcées sur place par nos grands administrateurs pour célébrer à leur heure chacun de ces événements.

» Que, du moins ici, dans ce milieu où l'on ressent si profondément tout ce qui touche à la France du dehors, nous nous abandonnions à la joie et à la fierté d'une telle œuvre. »

Le nouvel aéroport de la Nouvelle-Orléans (États-Unis).

La métropole de l'Etat de Louisiane est pourvue depuis le mois de février d'un nouvel aéroport, l'aéroport Shushan, servant également d'escale pour les hydravions, et qui occupe à une dizaine de kilomètres du centre de la ville un terrain conquis sur le lac Pontchartrain. Les raisons qui ont dicté ce choix étaient nombreuses : le lac faisant partie du domaine public, aucune expropriation n'était à envisager ; le terrain ainsi réservé n'apportait aucune entrave à la circulation routière ; le lac, dont la superficie est de 1500 km², et par suite l'aéroport, sont faciles à repérer du haut des airs ; au décollage, face aux vents les plus fréquents, aucun obstacle rapproché ne se dresse sur la route des appareils ; enfin, la possibilité de combiner une hydroescale avec l'aéroport. Nous empruntons la description des principales

(1) Cette ligne a été décrite dans le *Génie Civil* du 4 août 1934.

(2) Ces travaux ont été décrits dans le *Génie Civil* du 17 décembre 1932.

(3) Cette ligne a été décrite dans le *Génie Civil* du 14 juillet 1934.

installations de l'aéroport Shushan à une étude publiée par M. J. Klorer dans l'*Engineering News-Record*, du 12 avril.

La figure 1 donne le plan de l'aéroport, et la figure 2, une coupe du remblai. Le terrain a la forme d'un éperon triangulaire, avec sommet arrondi, à 1 200 mètres de l'alignement du rivage; le rayon de courbure au sommet est de 340 mètres, la longueur de la base fictive du triangle est de 1 450 mètres. Extérieurement au triangle, un terre-plein a été remblayé à l'est, formant l'hydroescale, et un deuxième à l'ouest, servant de garage en plein air pour automobiles; la base ainsi agrandie développe 1 830 mètres.

Le terre-plein triangulaire est compris dans une enceinte de palplanches en béton armé; cette enceinte s'enracine avec un seul rideau ancré sur des pieux créosotés, auquel s'ajoute un deuxième rideau distant de 4^m 50 du premier à partir de la

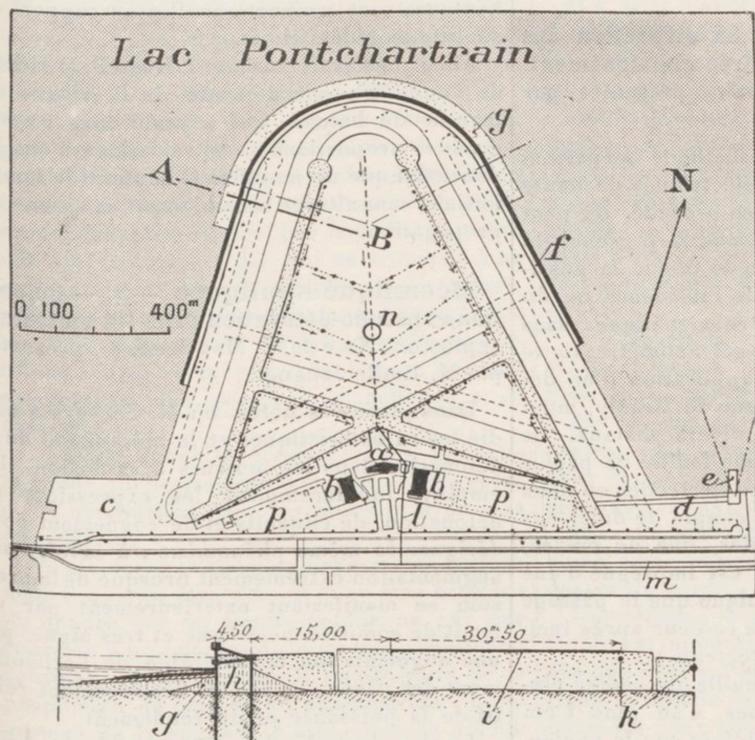


FIG. 1 et 2. — Plan de l'aéroport Shushan, à la Nouvelle-Orléans, et coupe partielle du terre-plein par AB (fig. 1), à plus grande échelle.

a, bâtiment administratif; — b, hangars; — c, garage pour automobiles; — d, terre-plein de l'hydroescale; — e, rampe pour hydravions; — f, masque de claies; — g, talus de défense; — h, remblais en coquilles d'huîtres; — i, piste avec tapis d'asphalte; — k, drains; — l, collecteur de drainage; — m, canal évacuant les eaux drainées; — n, repère conventionnel de l'aéroport; — p, agrandissements projetés.

ligne où la hauteur mouillée dépasse 1^m 80. Les plus grandes palplanches ont 18 mètres de longueur, se décomposant comme suit: revanche, 3^m 35; hauteur mouillée, 3^m 65; vase et terrains meubles, 6 mètres; sol résistant, 5 mètres. L'extrémité supérieure des palplanches est prise dans un couronnement qui augmente la rigidité de la paroi; les deux rideaux sont reliés au-dessus du plan d'eau par des entretoises.

En vue de ramener au minimum le travail de soutènement, le batardeau formé par les palplanches et ses abords immédiats ont été remblayés avec des coquilles d'huîtres, matériau qu'il était aisé de se procurer et d'acheminer par voie d'eau, présentant en outre les propriétés requises quant à la densité apparente et au talus d'éboulement.

L'enceinte a été remblayée hydrauliquement par colmatage, à partir de dragues suceuses dont la conduite de refoulement dépassait parfois 1 800 mètres de longueur; les points les plus favorables du fond du lac avaient été reconnus par une quarantaine de sondages. Les fonds sablonneux étant relativement rares, le sable a été réservé pour la couche superficielle du terrain, en vue d'en faciliter le drainage, et la base du terre-plein a été remblayée au moyen de terres argileuses; les exutoires n'ayant pas été prévus en nombre suffisant dans l'enceinte, certaines difficultés ont été créées par les ondulations du terrain, provenant de l'écoulement non uniforme de l'eau. Le volume remblayé est de 4,8 millions de mètres cubes.

Pour protéger l'enceinte contre l'action des vagues, un talus en argile compacte, d'inclinaison 1 sur 50, a été rapporté hydrauliquement autour du sommet de l'éperon, à partir de la ligne où la hauteur mouillée dépassait 2^m 40, pour ramener cette hauteur à 1^m 20. Sur ce talus, et au delà en direction du rivage, a été immergé un double masque de défense, formé de deux claies en bois de saule superposées, épaisses de 0^m 60, et lestées de pierres; la claie inférieure a 18 mètres, et la claie supérieure, 12 mètres de largeur.

Les pistes dessinent un A qui épouse la configuration générale du terrain, la barre étant représentée par deux pistes se coupant dans l'axe de l'aéroport; la largeur des pistes est de 30^m 50, et leur longueur, de 1 130 et de 950 mètres. Pour le revêtement des pistes, une réserve de sable de la composition la plus appropriée avait été prélevée sur le refoulement des dragues, et entreposée; le sable du lac a été mélangé à une quantité égale de sable acheté à l'extérieur, et le tout, additionné de 8 % de sable extrêmement fin (filler) et de 7,5 % de bitume. La surface réunie des quatre pistes est de 120 000 m², et le tapis a été confectionné avec une épaisseur de 0^m 10; en vue d'en améliorer la visibilité pendant la nuit, il a été badigeonné avec une émulsion d'asphalte, saupoudrée de criblures de coquilles d'huîtres.

On a prévu que les pistes seront doublées ultérieurement par d'autres pistes, parallèles aux premières, lorsque l'importance du trafic l'exigera.

L'hydroescale est pourvue d'une rampe de 1 sur 10, en béton, pour la mise à l'eau et le retour à terre des appareils; la rampe, fondée sur pieux, également en béton, a 24 mètres de largeur, et 65 mètres de longueur, dont 25 mètres immergés.

Pour la bande de 150 mètres de largeur, comprise entre les côtés de l'éperon et les pistes orientées comme ces derniers, on a admis que la déclivité du terrain, et le remblai en coquilles d'huîtres essentiellement perméable, maintiendraient la nappe d'eau souterraine à un niveau suffisamment bas.

Le réseau de drainage comprend un drain longeant chacune des pistes, et connecté par des drains transversaux au collecteur, qui suit l'axe du terrain; le collecteur débouche en terre ferme dans un canal découvert où le plan d'eau est stabilisé à 2^m 15 en contre-bas du point le plus bas de l'aéroport par une station de pompage, dont le refoulement se décharge dans le réseau d'égouts de la ville.

Les drains sont en béton, le plus petit a 0^m 25 de diamètre; à partir de 0^m 60 de diamètre, ils sont ferrillés; le collecteur, de section ovale, mesure 1^m 32 x 1^m 22 dans son dernier tronçon. Les tranchées creusées pour recevoir les drains ont reçu au fond un lit de coquilles d'huîtres; les tassements étant inévitables, les tuyauteries sont protégées par une gaine de planches. Après remblayage des tranchées, de nouveau avec des coquilles d'huîtres, sauf sur 0^m 30 de hauteur en surface où l'on s'est servi de laitier granulé, l'épaisseur du terrain au-dessus des drains est de 0^m 60 au moins, et elle augmente progressivement, la pente des drains étant de 0,25 à 0,50 %, et celle du collecteur, de 0,12 %.

En plus des pistes, l'aéroport comporte une superficie globale de 48 000 m², revêtue d'un tapis d'usure en asphalte de 0^m 025 d'épaisseur, reposant sur une couche de fondation de 0^m 10 d'épaisseur, exécutée au bitume; la surface ainsi préparée englobe l'intérieur des hangars et les plates-formes qui les précèdent, ainsi que les pistes servant à la circulation automobile.

Le bâtiment principal des services administratifs, et les deux hangars qui le bordent, sont édifiés sur l'alignement du rivage; des agrandissements considérables sont projetés.

Sur l'un des hangars est monté un phare tournant, visible à 100 km par temps clair; le contour du terrain est dessiné la nuit par des feux blancs et verts, et les diverses pistes sont éclairées par des groupes de trois projecteurs de 3 kW chacun, doublés de projecteurs auxiliaires. Toute l'installation d'éclairage est commandée de la tour de contrôle, surmontant le bâtiment administratif, dont la façade est illuminée la nuit par des projecteurs.

SOCIÉTÉS SAVANTES ET INDUSTRIELLES

ACADÉMIE DES SCIENCES (1)

Séance du 29 octobre 1934.

Présidence de M. Emile BOREL.

Catalyse. — Un catalyseur pour la production d'acide azotique par oxydation de l'ammoniac. Note de M. Louis MARMIER, présentée par M. Gabriel Bertrand.

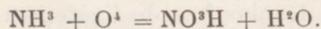
Le catalyseur que M. Marmier a employé était de la pouzzolane recouverte d'une couche mince d'un métal ou d'un oxyde métallique. Pour préparer, par exemple, de la pouzzolane platinée, on plonge successivement la pouzzolane dans des solutions de chlorure de platine et de chlorhydrate d'ammoniac; on fait le vide pour imprégner de liquides les pores de la pouzzolane; celle-ci est ensuite séchée, puis grillée un instant.

La pouzzolane ainsi préparée est portée à une température convenable; à travers elle, on fait passer le mélange, en proportions choisies, d'ammoniac et d'air. Au sortir du catalyseur, les gaz traversent un réfrigérant, puis quatre petits Gay-Lussac de 1 mètre de hauteur.

Dans ces conditions d'expériences, la pouzzolane platinée a donné en 24 heures, de 3^{kg} 2 à 7 kg d'acide azotique par gramme de platine présent.

Divers métaux peuvent remplacer le platine sur la pouzzolane. Par rapport aux poids d'acide fournis par une même quantité d'ammoniac, les métaux essayés se classent dans l'ordre suivant: le fer donne le minimum, puis viennent le strontium, l'uranium, le manganèse, le cérium, le molybdène; ensuite le tungstène et enfin, presque à égalité, le platine et le chrome.

Avec la pouzzolane platinée ou chromée, l'auteur a recueilli 33 à 45 % du poids d'acide correspondant théoriquement à la réaction:



Le chrome a donné les plus grands poids d'acide azotique.

Chimie physique. — Relation entre l'hétérogénéité d'une solution solide et ses propriétés mécaniques et chimiques. Note de M. Pierre CHEVENARD, présentée par M. Henry Le Chatelier.

L'hétérogénéité d'une solution solide ferromagnétique se manifeste avec sensibilité sur les courbes aimantation-température par une transformation étalée; comme M. Chevenard l'a montré précédemment, elle peut être caractérisée par l'écart entre le point de Curie le plus élevé et le point de Curie le plus bas, et par l'aire comprise entre la courbe thermomagnétique observée et une courbe fictive d'allure normale coïncidant au départ avec la première. D'où, une méthode pour étudier quantitativement les variations de l'hétérogénéité en fonction des traitements et ses effets sur les propriétés de l'alliage. Comme le caractère thermomagnétique de la solution solide étudiée n'intervient pas sensiblement dans l'apparition ou la disparition de l'hétérogénéité, les conclusions peuvent être étendues à toutes les solutions solides.

Cette méthode a été appliquée, en premier lieu, à un alliage austénitique fer-nickel-chrome-carbone (C=0,3; Ni=37; Cr=10%), rendu hétérogène par hypertrempe et revenu: l'auteur montre brièvement les relations qui existent entre l'hétérogénéité et les propriétés mécaniques et chimiques de cet alliage.

(1) Les Comptes rendus de l'Académie des Sciences, contenant le texte *in extenso* des communications, paraissent toutes les semaines chez Gauthier-Villars et C^{ie}, éditeurs, 55, quai des Grands-Augustins, Paris.

Une conséquence pratique de cette étude est la suivante. L'usine d'Imphy a réalisé des ferronickels chromés qui, grâce à des additions d'aluminium, de titane ou de molybdène, sont susceptibles de durcissement structural par hypertrempe et revenu. *A priori*, ce traitement ne doit pas favoriser leur corrosion fissurante dans la vapeur, car, d'après les résultats de l'analyse thermomagnétique, les constituants précipités se forment à partir du nickel et l'austénite ne s'appauvrit pas en chrome. Des expériences poursuivies pendant plus de 6 000 heures vérifient cette prévision: l'immunité des nouveaux alliages n'apparaît donc pas comme un simple résultat négatif d'ordre empirique, mais acquiert un haut degré de certitude.

Electrooptique. — La diffraction des ondes électriques enregistrée chimiquement. Note de M. W. ARKADIEW, présentée par M. Jean Perrin.

M. Arkadiew décrit une méthode qui permet de découvrir les champs électriques de haute fréquence. Au moyen de ce procédé, on peut constater sur le papier blanc la présence du champ électrique; le procédé donne la possibilité de fixer la trace de l'incidence ou du passage des ondes électromagnétiques sans s'aider de thermopile et de galvanomètre. Cette méthode est fondée sur l'application d'un détecteur, du type du cohéreur de Branly, muni d'électrodes formées de divers métaux. Le détecteur est couché sur une feuille de papier mouillé, qu'il touche de ses électrodes en deux points. Dans le cas le plus simple, le détecteur se compose de deux boules, une de cuivre, l'autre de zinc. Le papier est imprégné d'une solution d'indicateur chimique que le passage du courant fait changer de couleur après incidence des ondes sur le détecteur.

En disposant sur une feuille de papier plusieurs détecteurs analogues, d'au plus 1 cm de longueur chacun, on obtient sur le papier, après l'incidence des ondes, après l'« éclairage aux rayons hertziens », des taches colorées qui marquent le passage des rayons ou l'image de diffraction de la source.

Cette méthode remplace, dans l'optique des ondes hertziennes, la photographie dans le domaine de la lumière.

Hydrodynamique. — Sur la propagation d'une onde solitaire dans un canal réduit, à section trapézoïdale. Note de M. HÉGLY, transmise par M. André Blondel.

Ayant construit au laboratoire d'hydraulique fluviale de Metz un canal en terre de section trapézoïdale reproduisant, à l'échelle de 1/10, les dimensions de deux biefs, séparés par une écluse à grande chute, d'un canal des voies navigables du Nord (1), il a semblé intéressant à M. Hégly de reproduire l'expérience célèbre de J.-S. Russell effectuée il y a 100 ans sur l'onde solitaire (2) et de l'étudier.

Le bief amont du canal en modèle réduit a 113^m 15 de longueur; sa section est un trapèze régulier de 1^m 60 de base, avec des talus à 1 de hauteur pour 2 de base, et une hauteur d'eau normale de 260 mm, représentant une profondeur de 2^m 60 sur le canal réel. Un batelet ayant 6^m 50 de longueur et 0^m 80 de largeur y circule avec des chargements variables. Placé près de la tête amont de l'écluse, puis tiré à bras sur une longueur de 20 mètres avec des vitesses qui ont varié de 0^m 30 à 1,33 m/s, il

(1) Dans le but de fournir à l'ingénieur en chef de ce service, M. Hégly, des éléments expérimentaux au sujet de l'effet produit sur les bateaux par les manœuvres de remplissage ou de vidange d'une écluse à grande chute.

(2) Le premier mémoire de John Scott Russell a été traduit dans les *Annales des Ponts et Chaussées* (2^e semestre 1837, p. 143). H. Bazin a fait de l'onde solitaire une étude plus complète (*Recherches hydrauliques*, seconde partie).

fut arrêté brusquement. L'onde produite fut enregistrée sur un limnigraphe placé au milieu du bief.

Une première série de huit expériences fut faite avec un enregistreur faisant un tour en 52 minutes; elle a fourni des diagrammes très nets montrant des ondes positives, d'une hauteur initiale de 12 à 27 mm, suivant la vitesse de marche du batelet; ces ondes étaient suivies immédiatement d'une dépression d'égale amplitude; elles ont pu être observées à chaque expérience pendant une durée de 13 minutes, pendant laquelle, après plusieurs réflexions de l'onde aux extrémités du bief, elle avait parcouru environ 900 mètres, ce qui correspondrait à 9 km dans le canal réel, où les hauteurs de l'onde auraient varié de 12 à 27 cm, si ces hauteurs sont proportionnelles au rapport de similitude géométrique.

Ainsi que l'avait constaté J. Russell, la vitesse de l'onde n'a pas dépendu de la vitesse de marche du batelet, qui a varié dans d'assez grandes proportions; ces variations n'ont eu pour effet que de modifier la hauteur de l'onde initiale, sans altérer sensiblement sa vitesse de propagation.

Mécanique appliquée. — I. — Détonation et pseudo-détonation dans les moteurs à explosion. Note de M. Max SERRUYS, présentée par M. Emile Jouguet.

Dans plusieurs notes, où M. Serruys a étudié les caractéristiques et le mécanisme de la détonation dans les moteurs à explosion, il a employé indifféremment les expressions de détonation, de cliquetis et de cognement pour désigner le même phénomène: à savoir, une augmentation extrêmement brusque de la pression se manifestant extérieurement par un bruit de sonorité métallique et très aiguë, par une augmentation considérable de l'échauffement des parois, et par un fléchissement relatif de la puissance et du rendement.

La théorie de l'inflammation nucléaire, qu'il a exposée dans une note du 30 avril 1934, résumée dans le *Génie Civil* du 19 mai, pour expliquer ce phénomène, laissait supposer, en outre, la possibilité de voir apparaître dans le moteur un phénomène différent, caractérisé par la naissance, au contact d'un point chaud ou dans des régions à gradient de température élevé, d'un front de flamme sans formation d'onde détonante. Dans la présente note, l'auteur donne le résumé d'une expérience, qui a prouvé que le fait pouvait effectivement se produire, et dans des conditions qui viennent en confirmation de sa théorie.

Procédant à des essais de suralimentation sur un moteur à température de refroidissement réglable, il a constaté que, pour une température d'eau de 80°, et en augmentant progressivement l'avance à l'allumage, l'apparition du cognement était précédée par une marche rude caractérisée par un claquement intermédiaire à fait distinct à l'oreille du cliquetis proprement dit, tandis que, pour une température d'eau de 40° à 50°, on passait directement de la marche silencieuse à la marche avec cliquetis. Des diagrammes furent enregistrés dans ces différents cas avec un manographe à faible inertie. On constate, sur celui qui correspond à la marche avec claquement intermédiaire entre la marche normale et le cliquetis, qu'il se produit en fin de combustion une augmentation de pression rapide durant environ 0,0005 s, suivie d'ondes de pression dont la fréquence correspond sensiblement à la tonalité du bruit entendu et qui n'existe pas pour les charges ou les températures de parois plus modérées. D'autre part, le démontage de la culasse du moteur a démontré que la calamine avait complètement brûlé en un point situé dans l'axe du cylindre et assez loin de la bougie d'allumage et correspondant à un défaut de fonderie dans