

L'OSSATURE MÉTALLIQUE

REVUE MENSUELLE DES APPLICATIONS DE L'ACIER
éditée par

**LE CENTRE BELGO-LUXEMBOURGEOIS
D'INFORMATION DE L'ACIER**

154, avenue Louise, Bruxelles - Téléphone : 47.54.98 - 47.54.99
Chèques post. : 340.17 - Adr. télégr. : « Ossature-Bruxelles »

19^e ANNÉE

N° 10

OCTOBRE 1954

S O M M A I R E

Les nouveaux bureaux d'études des Ateliers Demag à Duisburg, par W. Möller	461
Réalisation des grandes portes métalliques des hangars de Marignane, par R. Chevalier	467
L'ossature métallique des Grands Magasins Jelmoli à Zurich-Oerlikon, par M. Frei	471
Un exemple de pavillon à ossature métallique à Saint-Dizier (Haute-Marne)	475
La protection contre la corrosion des conduites forcées, par R. Bouchayer	477
La construction coulée et la construction soudée se complètent dans les locomotives Diesel-électriques, pour l'O.T.R.A.C.O., par M. Alexandre et P. Laval	485
Locomotives Diesel-électriques pour le Congo belge	490
Le problème aérodynamique des ponts suspendus et sa solution (1 ^{re} partie), par D. B. Steinman	491
La gare maritime de Los Angeles (U. S. A.)	504
BIBLIOTHÈQUE	507
CHRONIQUE	509

1955

Dès à présent,
veuillez renouveler
votre abonnement.

Conditions inchangées

La photo inférieure de la couverture représente la façade du nouveau bâtiment des Laboratoires de recherches de la Société « Imperial Chemical Industries » à Welwyn (Grande-Bretagne).

Photo Bedford Lemere & Co.

ABONNEMENTS 1954 (11 numéros) :

Belgique, Grand-Duché de Luxembourg, Congo belge : francs belges 260,-.

France et Union française : 2.400 francs français, payables au dépositaire général pour la France : Librairie des Sciences, GIRARDOT & C^{ie}, 27, quai des Grands-Augustins, Paris 6^e (Compte chèques postaux : Paris n° 1760.73).

Etats-Unis d'Amérique et leurs possessions : 7 dollars, payables à M. Léon G. RUCQUOI, Technical Consultant to the Steel and Mechanical Industries of Belgium & Luxembourg, 30 Rockefeller Plaza, New York 20, N. Y.

Autres pays : 350 francs belges.

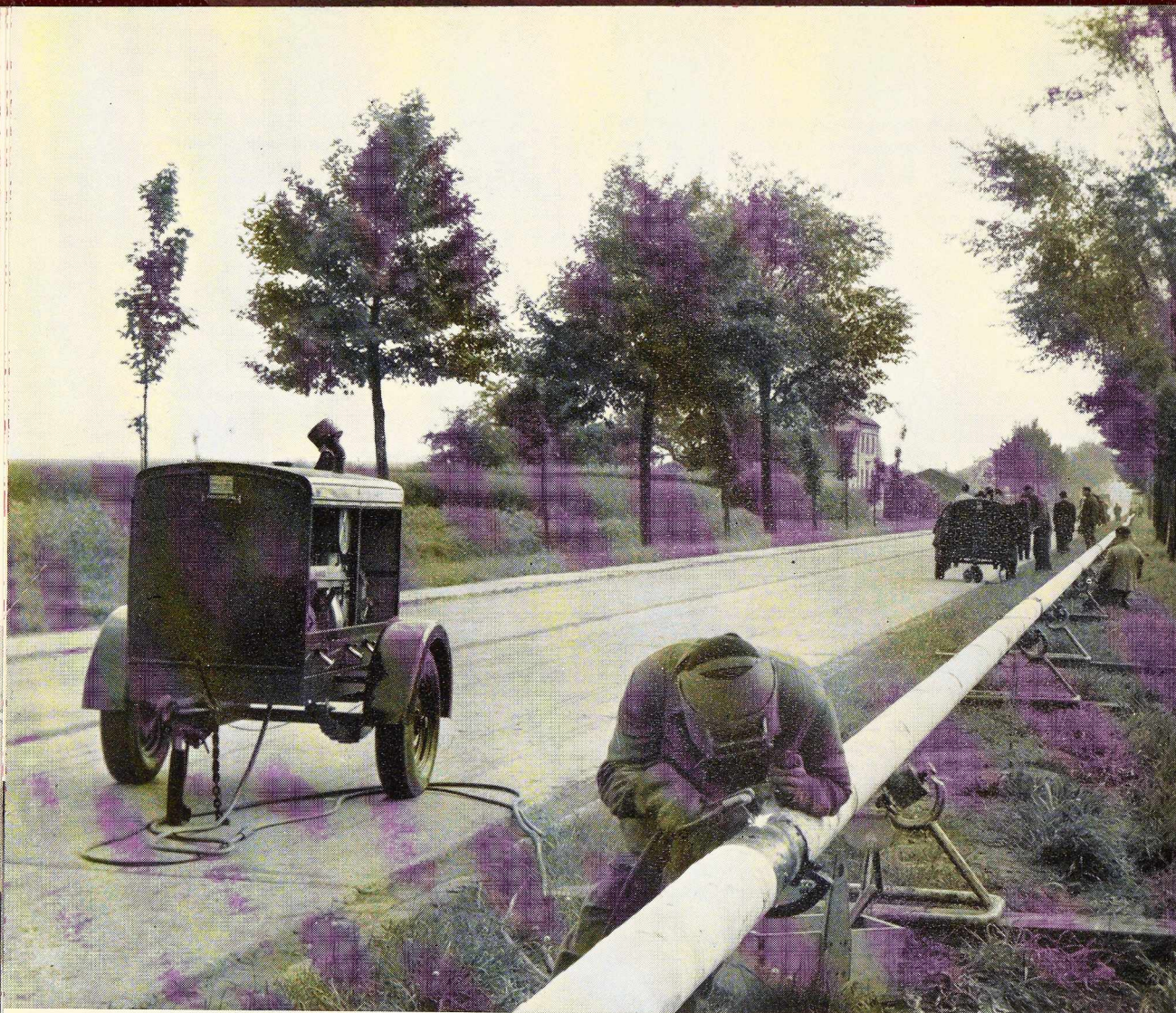
Tous les abonnements prennent cours le 1^{er} janvier.

PRIX DU NUMÉRO :

Belgique, Grand-Duché de Luxembourg, Congo belge : francs belges 30,-,
France : francs français 250,-, **autres pays** : francs belges 40,-.

DROIT DE REPRODUCTION :

La reproduction de tout ou partie des articles ou des illustrations ne peut se faire qu'en citant **L'Ossature Métallique**.



Soudage
de la conduite
de gaz
à haute pression
CHARLEROI-
NAMUR
exécuté
par la

ÉLECTRODES

*comète verte

ET

GROUPES DE SOUDAGE

DE

SOUDOMETAL

S. A. **DISTRIGAZ**

et contrôlé par

I'A. I. B.

83, CHAUSSÉE DE RUYSBROECK
FOREST - BRUXELLES

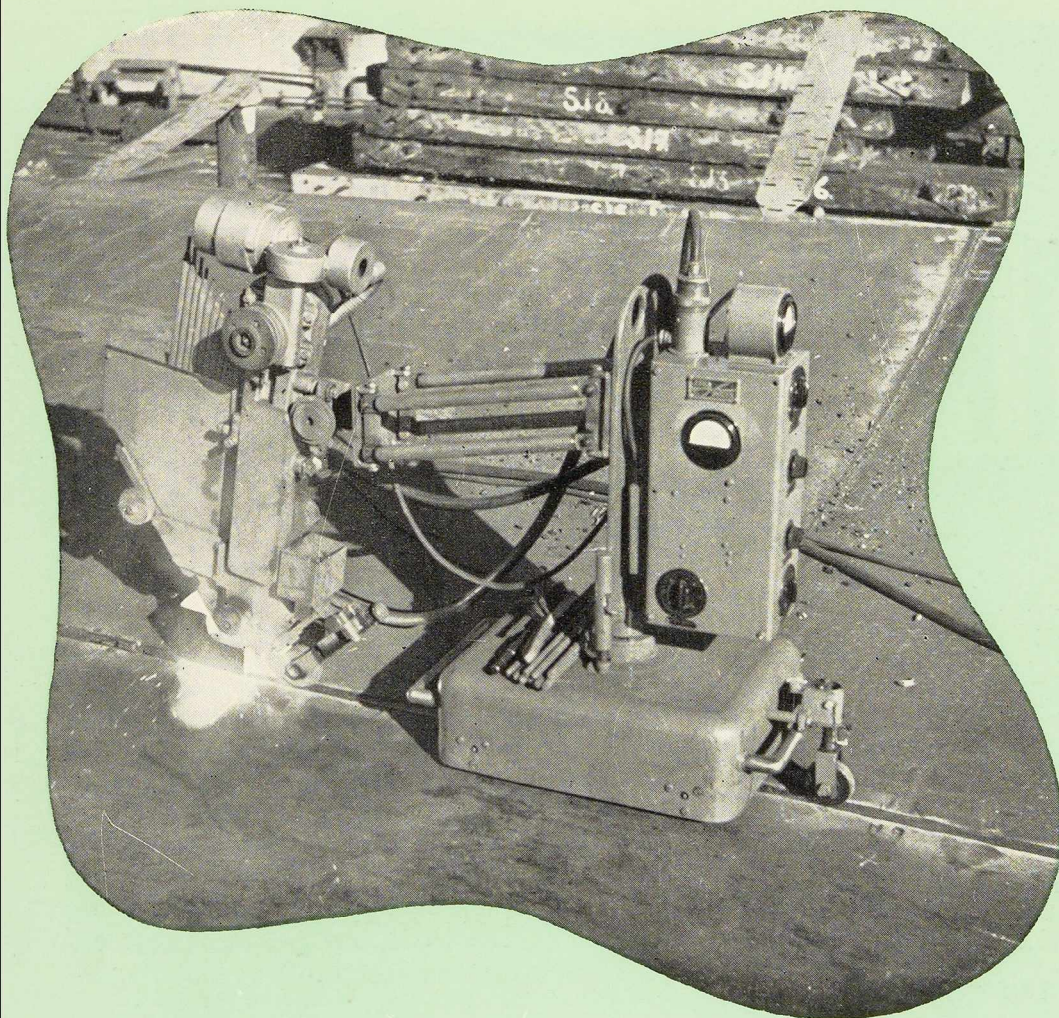
TÉL. : 43.45.65

44.09.02

43.99.34

ASEASVETS

ASEA
SVETS



A ssemblage parfait

S implicité

E conomie

A telier * chantier

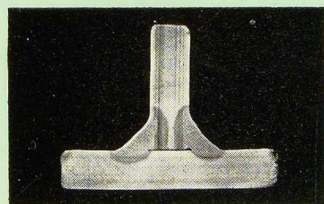
S ouplesse

V élocité

E xclusivité

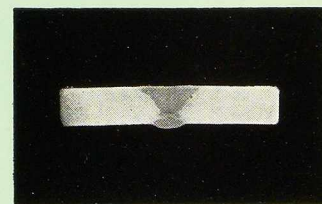
T ransport aisé

S écurité



Macrographie de soudures
exécutées ensemble par 2 mach.
S V A B Electrodes Z 12 P.

SOUDURE AUTOMATIQUE
MACHINE TYPE S V A B

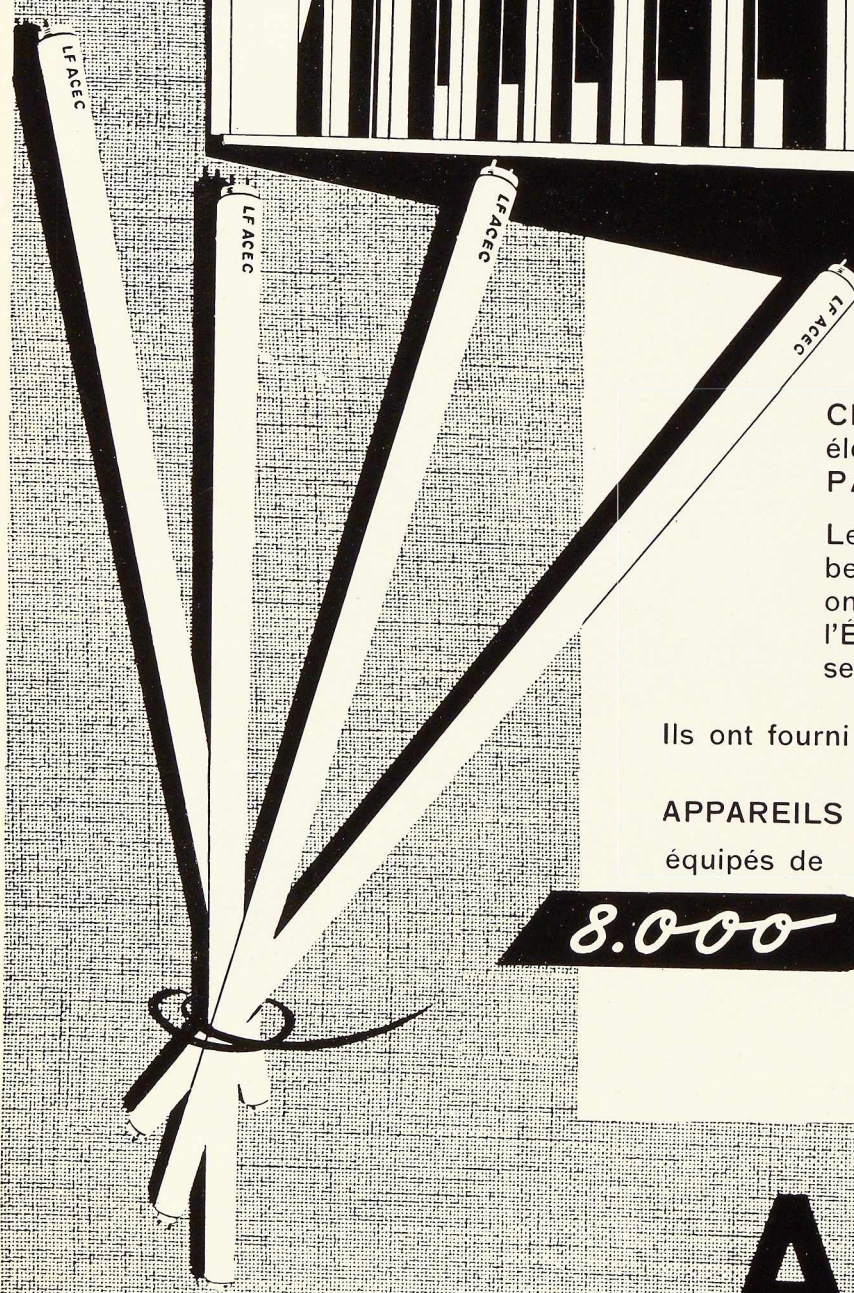
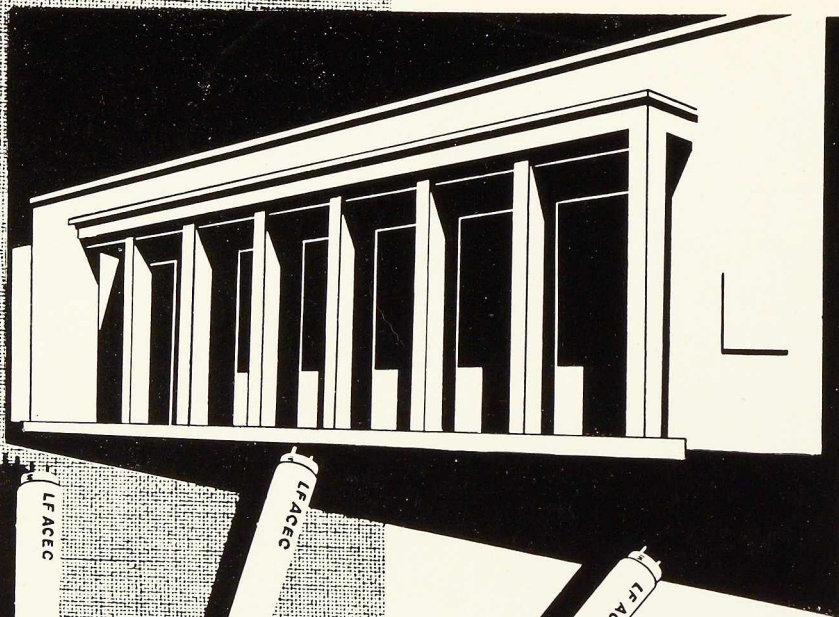


Macrographie d'une soudure
bout à bout exécutée par mach.
S V A B Electrodes Z 12 P.

La machine préférée
des Chantiers Navals Suédois

ASEA

Société Belge d'Electricité ASEA
30, Place Saintelette, 30 • Bruxelles
Tél. : 26.49.73 - 74 - 75 • Télégrammes : ASEA-Bruxelles



CHARLEROI, capitale de l'industrie électrique belge, est digne de son PALAIS DES EXPOSITIONS.

Les ACEC, les plus grandes usines belges de constructions électriques, ont collaboré à la réalisation de l'ÉCLAIRAGE de cet imposant ensemble architectural.

Ils ont fourni notamment :

4000
APPAREILS D'ÉCLAIRAGE FLUORESCENT
équipés de

8.000

LAMPES
LF

ACEC

L'OSSATURE MÉTALLIQUE

REVUE MENSUELLE DES APPLICATIONS DE L'ACIER

19^e ANNÉE - N° 10

OCTOBRE 1954

Willy Moeller,
Ingénieur
Duisburg

Les nouveaux bureaux d'études de la Société Demag à Duisburg (Allemagne)

Au cours de la dernière guerre, Demag a perdu une superficie d'environ 10 000 m² de ses bureaux d'études. Lors de la reprise de son activité, après les hostilités, elle fut obligée de répartir plusieurs de ses divisions techniques à l'extérieur. Comme à la longue cette situation devenait intenable et que d'autre part les commandes affluaient de plus en plus nombreuses, Demag décida de construire un nouveau bâtiment pour ses ingénieurs et dessinateurs, à proximité immédiate de ses ateliers. Afin de ne soustraire aux ateliers que le minimum d'emplacement et d'utiliser le plus économiquement le terrain disponible, on s'est décidé de construire un bâtiment à 11 étages. Comme le montre la figure 3, il domine de beaucoup les environs avec sa hauteur de 48 m. Sa base rectangulaire a 50 m de longueur et 17 m de largeur. Les longs côtés sont perpendiculaires à la rue principale très fréquentée. Pour le promeneur venant du centre de la ville de Duisburg, la façade à grande surface légèrement cintrée se présente avec un aspect très spectaculaire.

Le projet élaboré par les architectes posait des conditions très sévères à la construction. Par exemple, la section des piliers du rez-de-chaussée ne devait pas dépasser 400 × 400 mm. Les fenêtres devaient en outre monter jusqu'au plafond, sans linteaux, pour qu'il entre le plus de lumière possible dans les salles de dessin. Cette condition exigeait à son tour des montants et des traverses minces, ce qui, en somme, n'offrait guère de difficultés grâce à une ossature métallique qui permettait en outre un montage rapide et par tous

les temps. Pour réduire le plus possible le poids de la charpente, on utilisa, pour les murs, une maçonnerie de pierre ponce agglomérée, d'un faible poids spécifique avec revêtement en plaques de calcaire conchylien et pour les planchers un matériau léger du système Seibert-Stinnes.

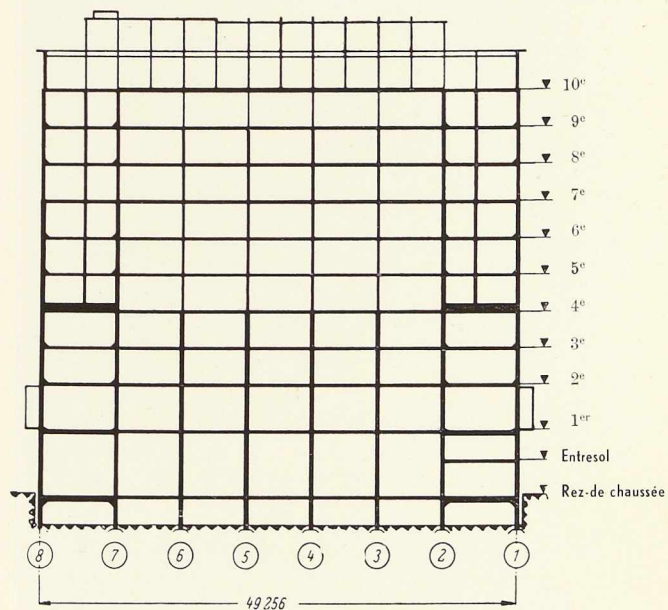
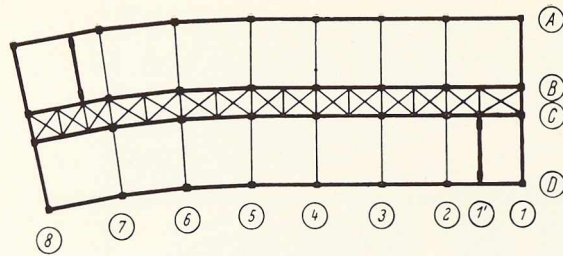


Fig. 1. Coupe longitudinale.



Comme le montre la figure 8, ces planchers ont une portée de 6,90 m entre appuis et sont constitués par des hourdis creux juxtaposés de 25 cm de largeur. Ces hourdis de fabrication industrielle ont été posés sans coffrage et leurs joints furent scellés après mise en place de fers ronds de 8 mm de diamètre.

Fig. 2. Ossature métallique sur rez-de-chaussée (voir aussi fig. 1).

La charge résultant du poids mort des planchers est :

Mosaïque en chêne de 1 cm	8 kg/m ²
Asphalte coulé de 1,5 cm	32 kg/m ²
Béton mousse « Betozel » de 1,5 cm	10 kg/m ²
Hourdis creux de 26 cm	280 kg/m ²
Enduit « Rabitz » de 3 cm	50 kg/m ²
Charge totale	380 kg/m ²

La surcharge prévue est de 500 kg/m² au dixième étage et de 350 kg/m² à tous les autres étages.

La charpente a été étudiée et construite par la division des constructions métalliques des ateliers Demag. Comme le montre la figure 5, sa structure statique est des plus simples.

Les charges verticales sont supportées par quatre rangées longitudinales de piliers articulés et par les traverses qui relient ceux-ci à chaque étage. Les traverses supportent les planchers en matériau léger qui forment, chacun pour soi, une dalle résistante à la flexion et au cisaillement et qui peut, par conséquent, recevoir les efforts du vent et les transmettre à quatre cadres longitudinaux et à deux cadres transversaux. Mais étant donné, que, de par leur système même, les planchers ne sont pas en état de supporter des efforts de traction, surtout si ceux-ci s'exercent transversalement aux joints, l'insertion de fers ronds sur les bords des planchers, directement à côté des traverses des murs, fut indispensable. L'entretoisement horizontal en treillis monté dans chaque plancher entre les rangées intérieures de montants a seulement servi à raidir la charpente pendant le montage.

Tandis que les cadres longitudinaux sont conçus comme cadres rigides de 10 étages avec montants intermédiaires articulés, les deux cadres transversaux, de même hauteur, sont en partie contreventés pour des raisons de rigidité. Ces derniers sont remarquables par leurs dimensions. Ils ont été principalement adoptés pour deux raisons. D'une part, il n'était pas possible de placer des contreventements transversaux dans les pignons pour des raisons de construction; il fallut, au contraire, les mettre à l'intérieur du bâtiment, à environ 6 m des pignons. Là encore, leur loge-



Fig. 3. Façade principale du nouveau bâtiment Demag, à Duisburg.

Fig. 4. Représentation schématique du montage par sections et mode de travail des engins élévateurs.

ment présenta des difficultés, parce que les seuls murs de refend, d'une grande robustesse, dans lesquels il était possible de monter les cadres, ne s'étendaient pas sur toute la largeur du bâtiment, mais n'avaient que 7 m de largeur. Ils ne permettaient qu'un écartement de 5,60 m d'axe en

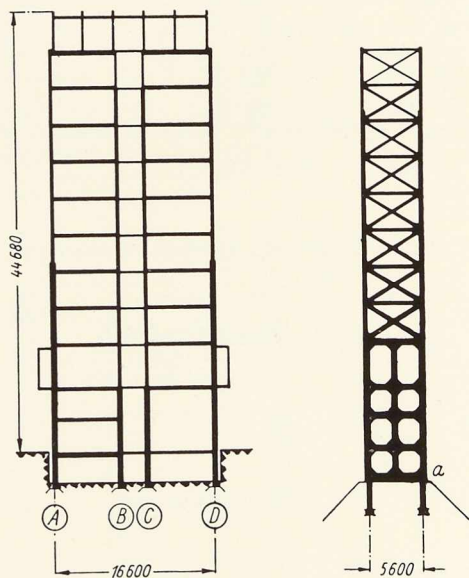
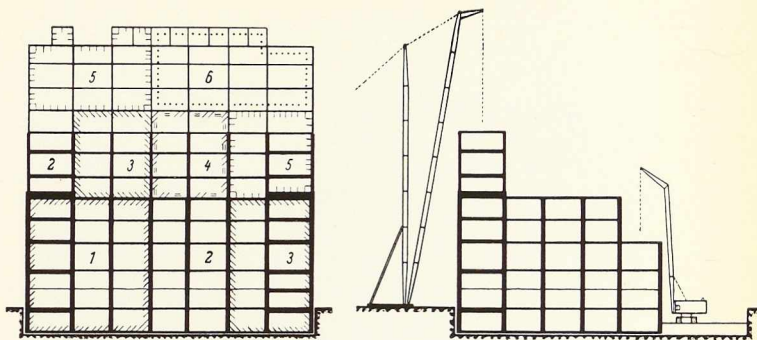


Fig. 5. Coupe transversale et contreventement.

axe des montants des cadres. Pour une hauteur de cadre de 48 m, le rapport de la hauteur à la base était par conséquent défavorable. D'autre part, la charge horizontale due à la pression du vent sur le long pan, que les cadres avaient à supporter, atteignait une valeur considérable. C'est ainsi, par exemple, que dans un montant du panneau inférieur du cadre rigide de trois étages, le moment est de 138 tm pour un effort normal de 750 t et un effort tranchant de 43 t.

Pour les raisons indiquées ci-dessus, les pressions sur les appuis de 1 030 t et les efforts de traction des ancrs de 663 t sont extraordinaire-

Fig. 6. Vue de l'ossature métallique en cours de montage.



ment grands pour ces cadres transversaux. Ces efforts de traction exigèrent un système d'ancrage spécial, qui a été réalisé comme le montrent les figures 9 et 10. Les ancrages sont constitués par deux fers marchands de 570×40 mm qui sont

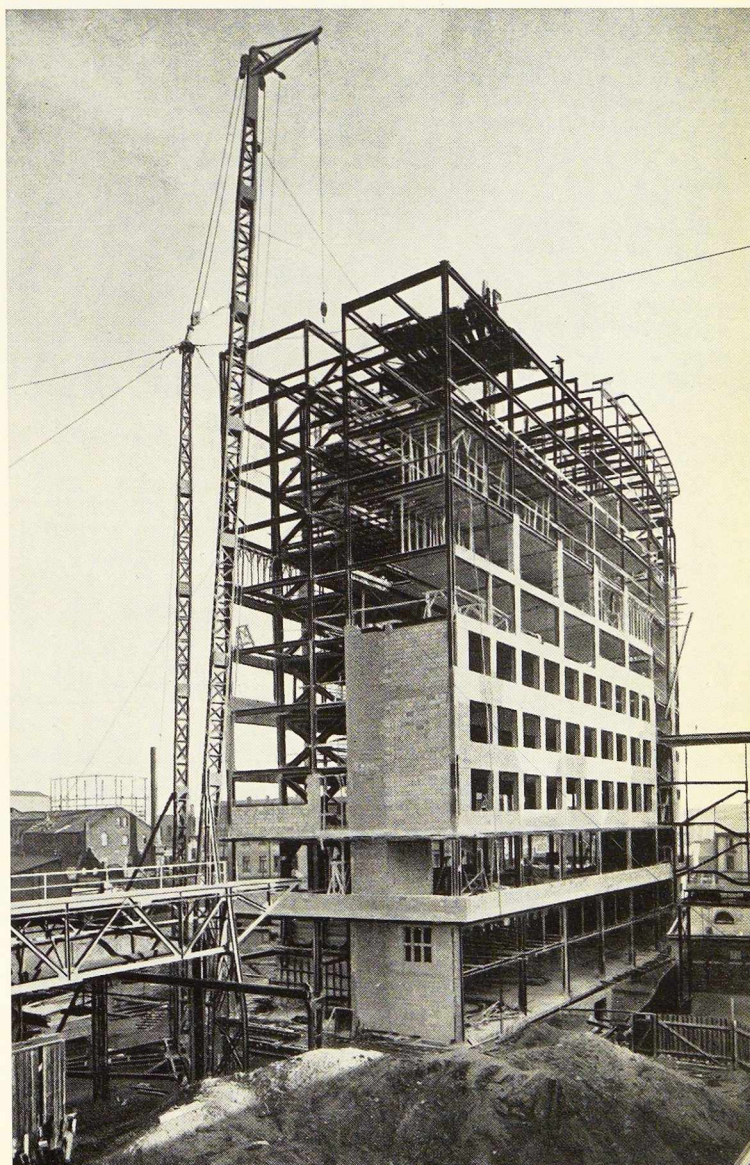




Fig. 7. Hall d'entrée.

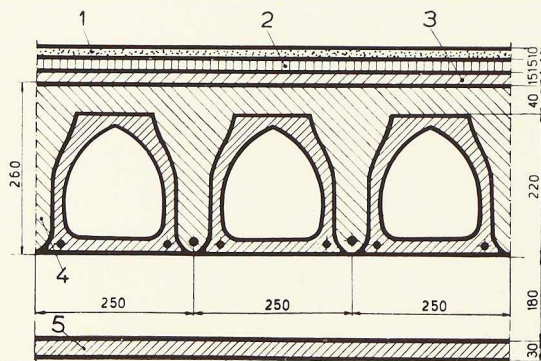


Fig. 8. Détail du hourdis creux.

1. Parquet.
2. Asphalte.
3. Béton mousse Betozel.
4. Béton léger.
5. Enduit « Rabitz ».

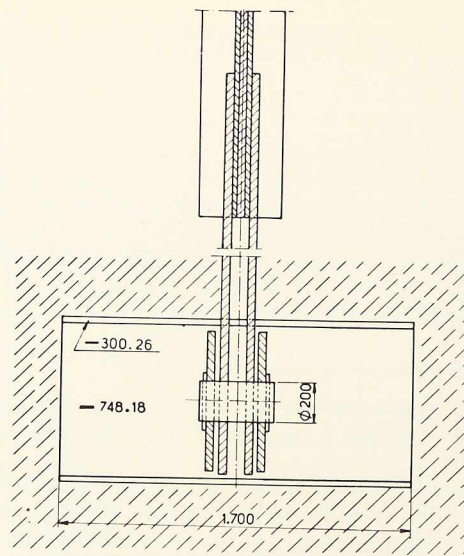


Fig. 9. Détail du système d'ancrage.

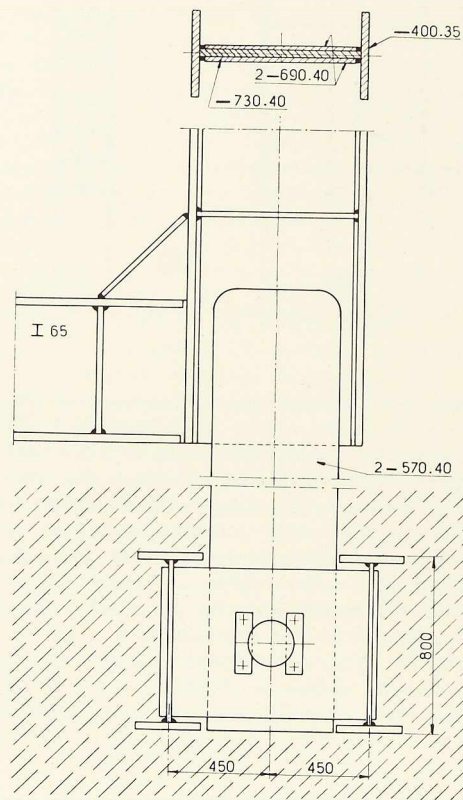


Fig. 10. Ancrage des béquilles des portiques.

articulés par des axes à haute résistance de 200 mm de diamètre aux barres d'ancrage de 800 mm de hauteur, constituées par un assemblage de fers marchands.

Au-dessus du dixième étage se trouve encore un étage sous la toiture abritant une grande salle de cinéma, les filtres de l'installation de conditionnement de l'air et les treuils des ascenseurs. Sa charpente est composée d'un certain nombre de fermes en forme de cadres à deux et trois articulations. Comme couverture, on a choisi des briques creuses dites couverture de Leipzig.

Les fenêtres n'étant pas ouvrantes depuis le deuxième jusqu'au neuvième étage, une installation spéciale pour le nettoyage des vitres a dû être prévue. L'appareil se déplace sur un chemin de roulement posé le long de la corniche autour de la toiture. Eu égard à la longueur de ce chemin de roulement, qui est de 140 m environ, et à

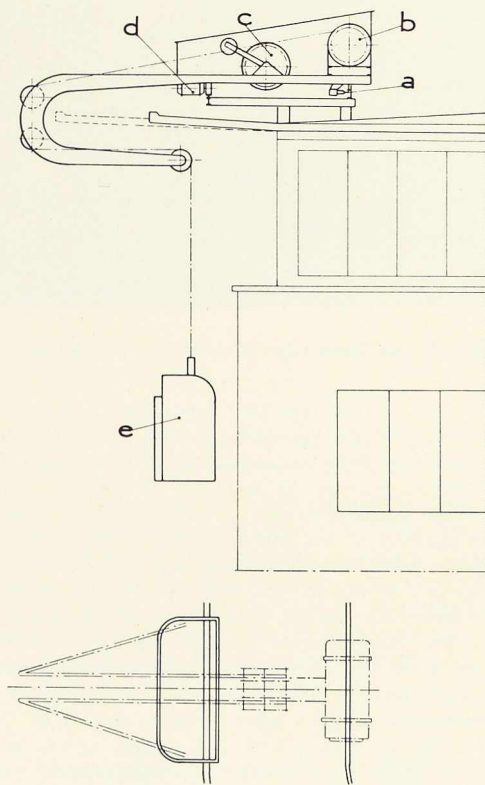


Fig. 11. Croquis schématique du chariot de nettoyage des vitres :

- a) Galets d'appui;
- b) Treuil électrique;
- c) Parachute;
- d) Mécanisme de translation électrique;
- e) Cage.



Fig. 12. Vue d'un bureau de dessin.

la hauteur du bâtiment, on ne pouvait songer à employer un appareil manœuvré à la main. La Société Demag-Zug a donc construit à cet effet un appareil à commande électrique représenté schématiquement à la figure 11.

Les mouvements de levage et de translation sont électriques. A la flèche de l'appareil est suspendue une cage spéciale de laquelle s'opère le nettoyage des fenêtres. Un parachute empêche la chute de la cage en cas de rupture du câble du palan électrique. La cage vient s'appuyer contre le mur devant chaque fenêtre au moyen de pattes mobiles.

La charpente métallique est en général constituée par des profilés normaux. Tous les montants articulés et toutes les traverses sont formés par



Fig. 13. Panorama industriel de Duisburg, vu à travers les fenêtres du bâtiment Demag.

des fers T qui ont été assemblés par boulons à pied d'œuvre. Seuls, les hauts contreventements sont en partie faits en fers marchands assemblés par soudure. Les assemblages soudés ont été en partie adoptés parce qu'ils pouvaient être réalisés plus économiquement que les assemblages rivés. Des électrodes acides à fusion rapide ont été employés pour les petites soudures et des électrodes basiques pour les grosses soudures. Toutes les soudures ont été faites à la main. Le poids total de la charpente métallique est de 1 240 t dont 1 040 t d'acier de construction St 37 et 200 t d'acier St 52. Un mètre cube d'espace construit pèse ainsi 29 kg. La construction soudée représente environ 28 % du poids total de la charpente.

La charpente a été construite en un temps relativement court. Les travaux d'atelier ont commencé au début du mois de mai dans la division Ponts & Charpentes de Demag. Mal-

gré l'exiguïté du chantier, le montage complet n'a duré que trois mois et demi et il fut terminé au commencement du mois de novembre. Grâce au choix judicieux des diverses sections de la construction, il fut en outre possible de placer les planchers et de maçonner les murs simultanément pendant le montage de l'ossature métallique. Le temps total de la construction a pu ainsi être encore considérablement réduit.

Une grue pivotante à moteur Diesel montée sur chenilles fut employée pour le montage de la charpente jusqu'à une hauteur de 20 m.

Le montage des pièces des étages situés plus haut fut effectué au moyen de deux sapines pivotantes de 55 m de hauteur. La figure 6 montre la marche simultanée du montage de l'ossature métallique, des travaux de construction, de la pose des planchers et du maçonnerie des murs.

W. M.



R. Chevalier,
Ingénieur
aux Établissements
J. Richard-Ducros

Réalisation des grandes portes métalliques des hangars de Marignane

Les façades des deux cellules à fermer présentent chacune, sur la face Sud du hangar, une ouverture libre de 99,50 m, sur une hauteur de 19 m, comptée depuis le sol jusqu'à la poutre de rive de l'auvent en béton armé. Elles sont séparées par un intervalle clos dit « intercellule » d'une largeur totale de 19,70 m. Les portes sont à roulement inférieur et guidage supérieur, disposées alternativement sur deux rails de roulement parallèles, et constituées de panneaux métalliques bardés de tôles ondulées galvanisées.

Les bases d'établissement de la note de calculs ont été les suivantes :

- Pression extérieure sur les portes : 100 kg/m²;
- Pression intérieure sur les portes : 72 kg/m²;
- Contraintes admissibles des aciers : 14 kg/mm² maximum;
- Règles du M. R. U. pour l'utilisation de l'acier.

Les aciers utilisés pour l'ossature des portes sont de nuance Ac 42, soit :

- Limite d'élasticité : 24 kg/mm²;
- Charge de rupture : 42 kg/mm²;
- Allongement de rupture : 25 %.

Le souci de légèreté et de rigidité de l'ensemble de la construction a conduit à adopter des assemblages d'atelier réalisés par soudure électrique, les soudures d'angle étant à cordon fermé au pourtour des surfaces en contact. Les assemblages de chantier devaient être réalisés soit par rivets, soit par boulons matés après blocage.

*
**

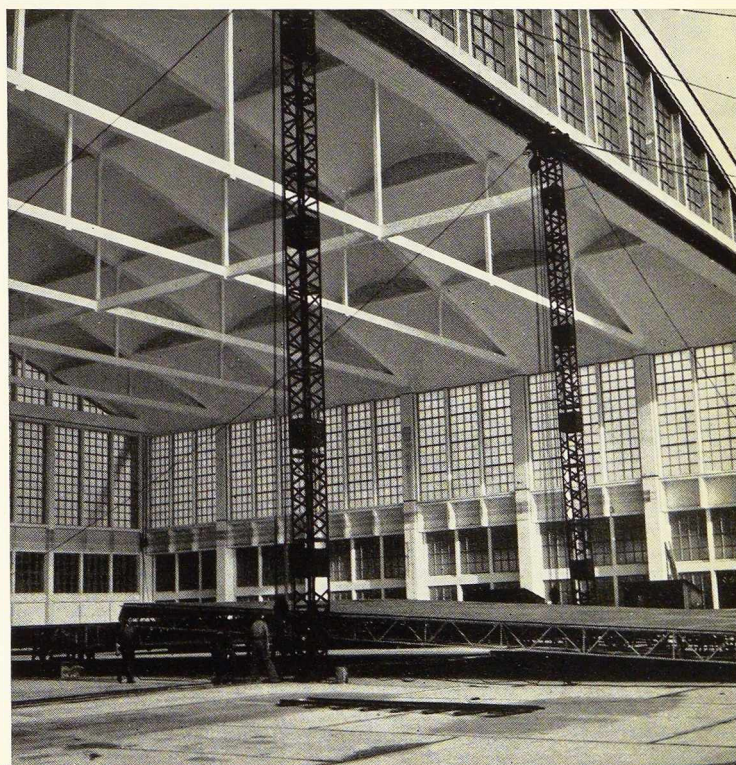
Chaque porte (largeur totale 12,60 m) comprend essentiellement deux montants (hauteur 18,8 m) en forme de poutre-caisson à treillis soudé

Fig. 1. Une des portes de hangar placée au sol avant levage.

de 60 cm hors membrures, chacune des quatre membrures étant formée d'une moitié de poutrelle Grey DIN 14.

Ces membrures sont reliées par des cornières de 40 et 35 soudées au droit des membrures des traverses, dont elles assurent la continuité, ainsi que dans l'intervalle entre traverses. Quant aux treillis en V, ce sont des cornières simples de 40 soudées sur l'âme de chaque membrure. Aux extrémités haute et basse, des goussets de 7 mm, soudés à l'intérieur, complètent la liaison du poteau-montant ainsi constitué; de plus, ils servent d'emboîtement au support du galet de guidage supérieur d'une part, et reçoivent les ferrures fixant les paliers des galets de roulement inférieur d'autre part.

Les montants sont entretoisés par des traverses horizontales à treillis soudé, les hors-membrures des montants et des traverses affleurant sur leurs



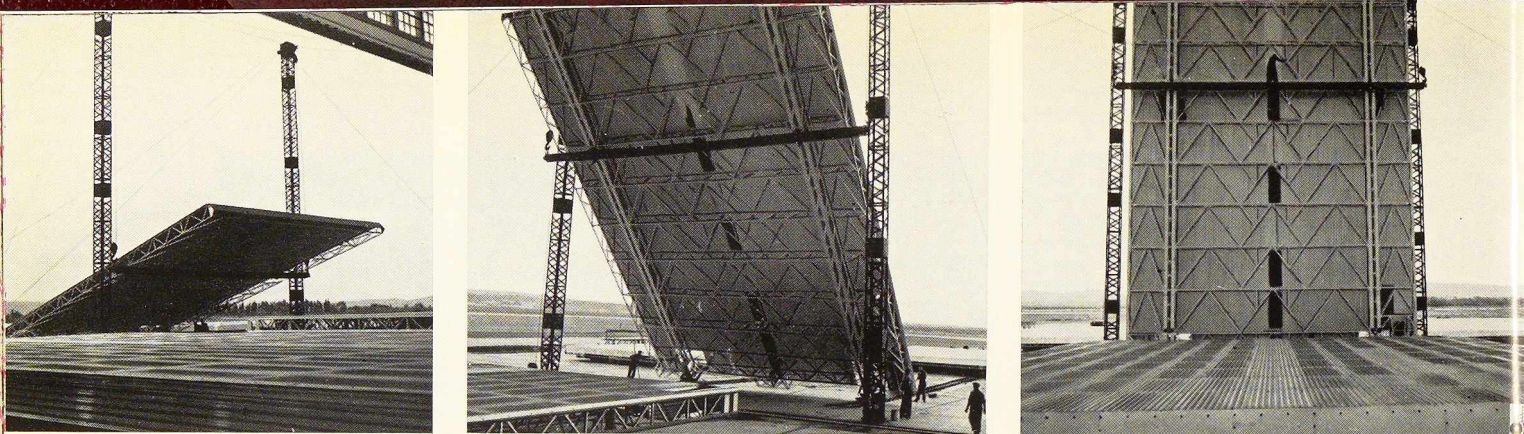


Fig. 2 à 4. Diverses opérations de mise en place d'une porte de hangar.

faces extérieures, sur lesquelles viennent se fixer les tôles ondulées galvanisées de bardage. Ces traverses dépassent en porte à faux de part et d'autre des montants, afin d'obtenir dans leurs membrures, sous poussée uniforme du vent, des sollicitations sensiblement égales au droit des montants et au milieu. Ceci conduit à un entre axes de montants de 9 m. L'entretoisement de la porte dans le plan horizontal est obtenu par le treillis des traverses. La traverse inférieure est double, en forme de poutre-caisson à treillis.

L'ossature d'une porte est complétée dans chaque face par une triangulation de contreventement, constituée par des cornières de 30 et 25, boulonnées sur chantier. Enfin les bordures verticales des portes sont entretoisées par des montants d'extrémités également en treillis soudé.

Les portes sont bardées extérieurement en tôles ondulées galvanisées de 6/10, fixées sur les membrures des traverses par crochets galvanisés, placés en files horizontales aux recouvrements ainsi que dans l'intervalle entre recouvrements. Le serrage des recouvrements verticaux est fait par deux boulons galvanisés dans l'intervalle entre traverses. Les portes extérieures sont également bardées sur champ. Tous les angles verticaux des portes terminant un bardage sont protégés par des couvre-joints en tôle pliée de 3 mm boulonnés par l'intermédiaire de tubes entretoises sur les cornières des montants d'extrémités. Le dessus des portes (extérieures comme intérieures) est abrité par une tôle galvanisée plane de 15/10°, en pente vers l'extérieur et à bord rabattu.

L'étanchéité des cellules fermées par les portes ainsi constituées est assurée par des bandes de caoutchouc maintenues par des plats pliés à grand rayon et boulonnés sur les angles des portes; ces bandes sont disposées de façon à former une obturation en chicanes.

Sur les extrémités de la traverse inférieure en

caisson, sont placés des tampons amortisseurs en chêne dur pour la manœuvre des portes. Enfin, chaque porte est munie à la base, en son milieu, d'un dispositif de blocage rapide par mordaches à auto-serrage en acier mi-dur, commandées par une tige verticale filetée, à volant de manœuvre.

La manœuvre des portes est faite par un tracteur léger poussant la porte devant lui, muni d'une barre de poussée réglable par coulissement qui prend appui sur les tampons amortisseurs. Cependant, cette barre est munie d'une encoche formant fourche pour permettre la manœuvre par traction et également pour assurer la retenue de la porte dans le cas d'un brusque coup de vent l'entraînant devant le tracteur.

Les guidages supérieurs des portes sont constitués sur toute la largeur des deux baies de 100 m et de l'intercellule par 3 Grey DIE 16 dont les âmes sont placées horizontalement. Tous les 300 mm environ, ces Greys sont renforcés par des goussets soudés aux ailes et à l'âme (fig. 6). Ces guidages sont supportés, au droit des traverses de l'auvent en béton armé, par des traverses porteuses constituées par deux fers U à âme verticale. Les traverses portent à leurs extrémités des ensembles à équerre et boulon de réglage qui butent sur le béton, permettant de rattraper ses inégalités et d'obtenir un guidage parfaitement rectiligne. Entre ces traverses porteuses sont disposées des traverses entretoises, de même forme mais plus courtes, destinées à solidariser les Greys de guidage.

Les chemins de roulement inférieurs sont constitués par deux rails du type 20 kg, reliés par traverses en fer U ancrées sur longrines en béton armé.

Deux portes par baie possèdent un portillon de service.

La fabrication de ces 16 portes dans les ateliers des Etablissements J. Richard-Ducros a posé une

série de problèmes, depuis l'approvisionnement particulier (poutrelles Grey de longueur 18 à 21 m) jusqu'à l'expédition (poteaux de 19 m, montants d'extrémités).

L'oxycoupage des poutrelles DIN 14 dans le sens de la longueur pour obtenir les membrures en T des montants a pu être effectué sans déformation appréciable, donc sans redressage. Le DIN étant posé à plat, âme horizontale, sur le banc d'oxycoupage des tôles, on utilise trois des becs : l'un, réglé en découpeur, avance longitudinalement; simultanément les deux autres, réglés pour la chauffe seule, sont placés de part et d'autre des ailes, de façon que leurs flammes donnent un chauffage de compensation (fig. 7).

*
**

Afin d'éviter, au cours de la manutention des membrures ainsi découpées, la formation de « genoux », on a été amené à construire un palonnier spécial de longueur suffisante muni de plusieurs attaches.

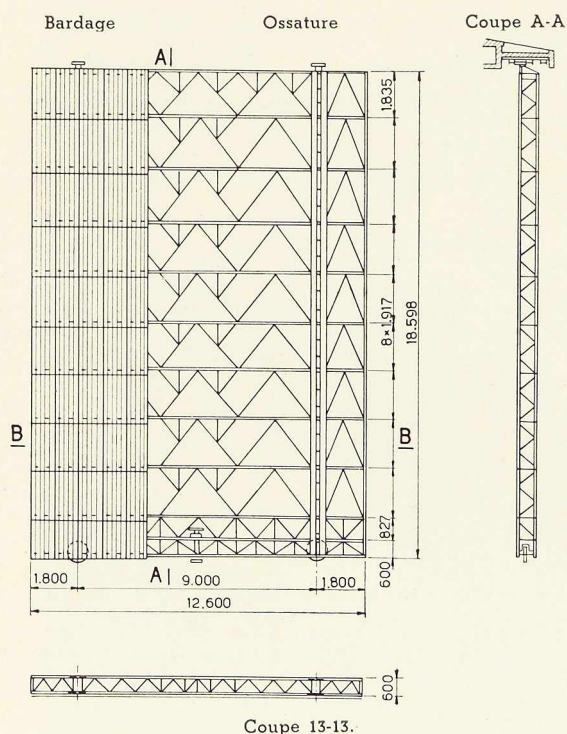


Fig. 5. Elevation extérieure et coupes d'une porte.

La fabrication des divers éléments en treillis soudés a nécessité des gabarits de positionnement, en raison notamment de l'extrême légèreté de ces éléments (confection des 1/2 montants principaux, assemblage des montants complets, traverses courantes, traverses inférieures, montants d'extrémités). Ces gabarits, constitués par des tôles munies d'équerres soudées servaient à la fois au positionnement exact des barres de treillis, afin d'obtenir des pièces identiques, et au bridage des éléments, afin d'éviter les déformations dues à la soudure. Ces déformations ont été réduites également par l'utilisation d'électrodes de petit diamètre, permettant l'emploi d'intensités plus faibles et chauffant moins le métal de base.

De même, lors de la fabrication des guidages supérieurs, des précautions ont été prises pour éviter les déformations. Pointage et soudure des voiles furent faits de façon absolument symétrique pour qu'ils donnent des retraits identiques des deux côtés des guidages. Seuls les guidages extérieurs dont les voiles étaient dissymétriques,

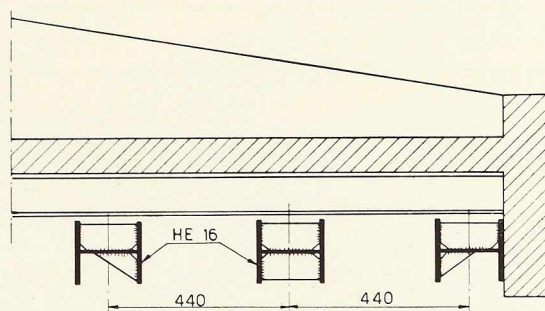


Fig. 6. Coupe des guidages supérieurs.

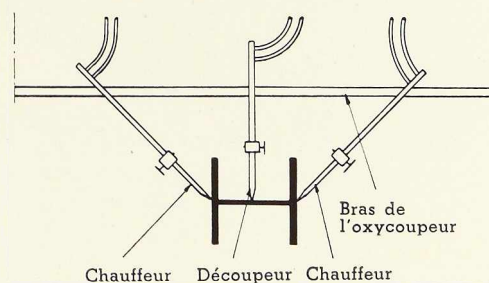


Fig. 7. Procédé de découpage utilisé pour les poutrelles HN 14.

par suite de l'encombrement du capot de protection, ont nécessité un certain dressage après soudure.

La fixation définitive des supports des galets de roulement a été faite également par soudure, malgré la précision imposée, en plaçant les cales dans les diverses parties pouvant se déformer.

Les travaux sur chantier s'exécutèrent dans l'ordre suivant :

1° Montage et réglage soigné des guidages supérieurs et rails inférieurs de roulement;

2° Assemblage, peinture, bardage des portes au sol;

3° Levage des portes à l'aide d'un dispositif fixe de montage constitué par deux mâts métalliques de 18 m dressés sous la corniche en béton.

Le montage des guidages supérieurs présentait quelques difficultés. Il s'agissait d'accrocher et régler soigneusement des éléments métalliques de 18 à 20 m de longueur, à 18 m du sol, sous la corniche en béton de la poutre-auvent.

Deux échafaudages spéciaux pouvant rouler sur les côtés de la poutre-auvent furent construits.

Ces échafaudages munis de traverses mobiles

sur palans, permettaient la reprise en charge de l'élément hissé préalablement sous la corniche en béton par des treuils fixés au-dessus de la poutre-auvent.

Il fallut tenir compte pour le réglage des guidages et rails de roulement des variations de dilatation de la poutre en béton, dues à la température.

Le levage des 16 portes s'exécuta sans incident en huit jours.

Un palonnier boulonné sur les deux montants principaux a permis de réaliser les manœuvres de levage sans faire subir la moindre déformation aux ossatures des portes.

Chaque porte en cours de levage était engagée par ses galets supérieurs dans le guidage, le bas de la porte était ramené par ripage progressif jusqu'au dessus du rail de roulement; une simple manœuvre aux crics dégageait les glissières et faisait reposer les galets inférieurs sur le rail (fig. 2 à 4).

Les travaux ont été exécutés par les Etablissements J. Richard-Ducros à Alès (Gard) avec la collaboration de la Direction des Travaux de la Chambre de Commerce de Marseille.

R. C.

Le nouveau bâtiment des grands magasins « A l'Innovation » à Charleroi



Architectes : A. Dautzenberg et J. M. Plumier.

Entrepreneur : S. A. Entreprises Ed. François & Fils.

Constructeur : S. A. Baume & Marpent.

Photo Malevez.

M. Frei,
Ingénieur en Chef
de la S. A. Wartmann & Cie

L'ossature métallique des Grands Magasins Jelmoli, à Zurich-Oerlikon (Suisse)

L'ossature métallique du nouveau bâtiment des Grands Magasins Jelmoli à Oerlikon présente un certain nombre de particularités constructives, principalement en rapport avec l'assemblage par soudure, qui méritent de retenir l'intérêt des constructeurs.

Cette ossature s'appuie sur des fondations établies au deuxième sous-sol; elle comporte actuel-

lement deux étages sur rez-de-chaussée, mais elle est dimensionnée pour supporter un rehaussement ultérieur de quatre étages supplémentaires. La base des poteaux est donc calculée pour porter neuf étages. Les exigences formulées par les règlements et les architectes imposaient des surcharges utiles de 500 kg/m^2 pour des portées entre poteaux de 9 à 10 m. La charge par poteau dépassait donc 900 t.



Fig. 1. Vue intérieure des nouveaux magasins Jelmoli à Zurich-Oerlikon.

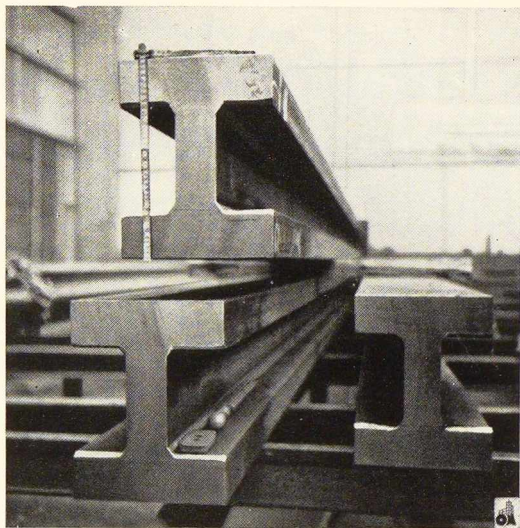


Fig. 2. Profils des poteaux dont certains portent une charge dépassant 900 t.

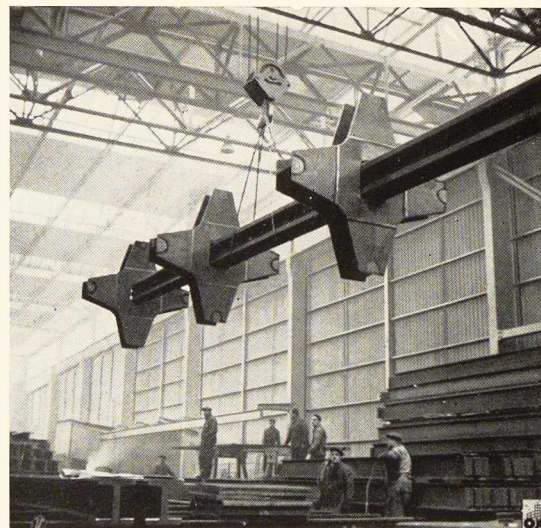


Fig. 4. Poteaux avec nœuds soudés en atelier, prêts à être expédiés à pied d'œuvre.

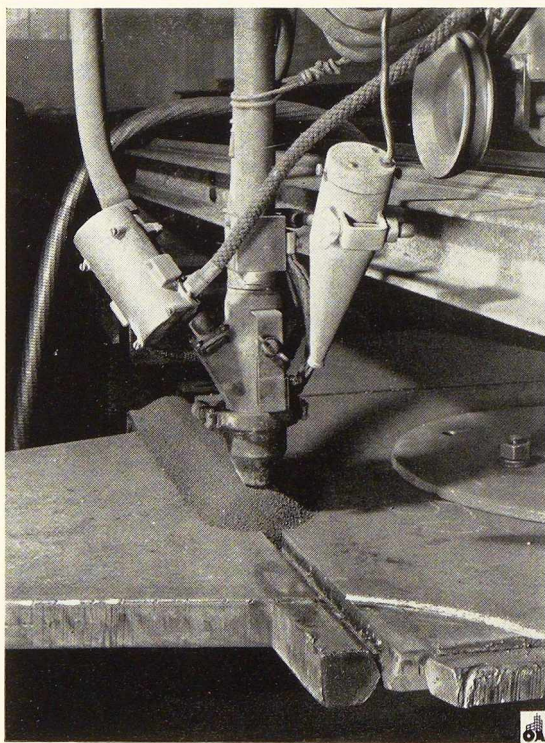


Fig. 3. Soudure en atelier des tôles de gousset.

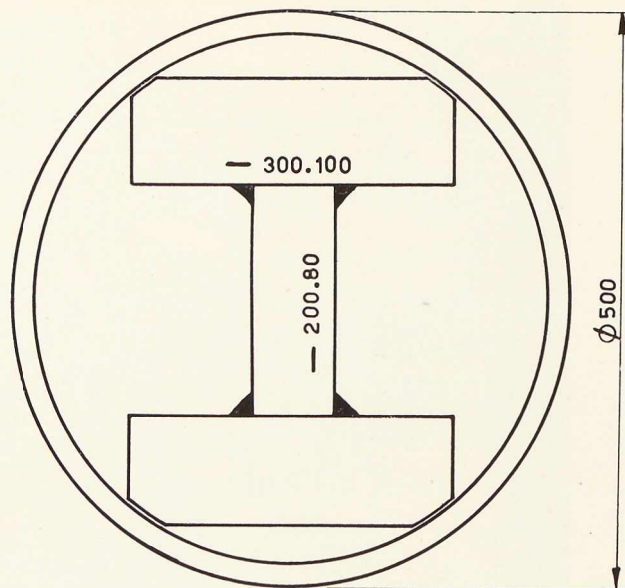


Fig. 5. Coupe transversale des poteaux.

D'autre part, on demandait des encombrements minima pour poutres et colonnes, ce qui limitait les études au matériau « acier », le seul permettant de porter de telles surcharges sans dépasser le gabarit de 50 cm de diamètre, y compris l'enrobage de protection contre l'incendie. Aucun



Photo H. Wolf-Bender Successeurs.

Fig. 6. Vue de la façade des nouveaux magasins Jelmoli à Zurich-Oerlikon, œuvre des architectes C. Rathgeb et Fils.

profil existant ne s'avéra satisfaisant. Même le renforcement des ailes par des plats était insuffisant. Le constructeur dut réaliser un profil spécial (fig. 5), composé de larges plats de 300×100 et 200×80 spécialement élaborés par les Usines Differdange et Boël. L'acier était du type A 37 HS.

D'autres larges plats, en acier forgé, furent livrés par les Acières Louis de Roll à Gerlafingen et furent assemblés par des soudures d'angles à deux passes pour former un profil en double T. Bien que ces cordons ne subissent qu'une très faible sollicitation statique, on accorda la plus grande attention à la qualité de l'électrode choisie vu l'épaisseur des produits mis en œuvre. Le choix se porta sur les électrodes Oerlikon, type Supercito et Citorex. La résistance des cordons d'angle fut vérifiée par un pliage transversal sur assemblage grandeur nature.

Un autre point délicat était constitué par les

nœuds poutres de plancher-poteaux. Pour éviter la formation de fissures dans le béton des planchers, comme ce peut être le cas pour des poutres articulées, il a fallu s'assurer de la continuité des poutres suivant les deux directions perpendiculaires entre elles. La suppression du bridage pendant la soudure, afin de permettre une certaine déformation et de réduire le danger de rupture fragile surtout pour des semelles d'une épaisseur atteignant 40 mm, rendait impossible l'assemblage poutres-poteau.

Les joints de montage des poutres ont, de ce fait, été réalisés à un m de l'axe du poteau.

Au droit du poteau, les poutres sont remplacées par des nœuds en étoile préfabriqués en tôle et larges plats qui enjambent les poteaux. Ce nœud est conçu de manière que les lignes de tensions contournent l'évidement central; la découpe autorise en outre une certaine déforma-

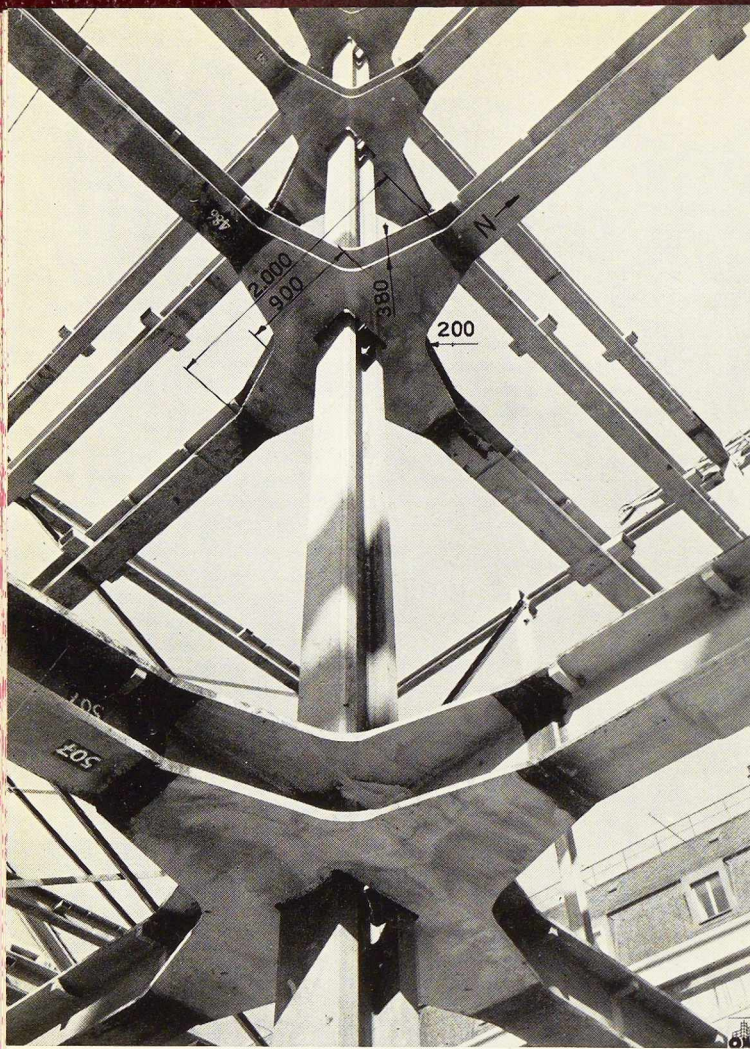


Fig. 7 (ci-contre). Détails des nœuds en étoile de l'ossature métallique.

de bout à bout, de faible longueur, assemblant la semelle inférieure des poutres aux poteaux a pour but de transmettre les faibles variations de moments par suite de charges non uniformément réparties.

La soudure des poteaux a été du type manuel; les soudures bout à bout des nœuds furent exécutées par la soudure automatique BBC (fig. 3). Comme ce type d'assemblage dut être exécuté en grand nombre on mit au point un gabarit de soudage, qui procurait un gain de temps en même temps qu'un produit à dimensions bien déterminées.

Ce mode de construction, tel qu'il ressort des figures ci-jointes, s'est avéré correct lors du montage. Les poteaux intérieurs ont été livrés en deux tronçons de deux et trois étages. Les joints de montage ont été exécutés sans difficultés et sans défauts avec des électrodes Supercito.

Le montage s'effectua avec un derrick, qui érigea un total de 570 t en moins de six semaines.

La conception architecturale a été confiée à C. Rathgeb et fils à Zurich. Le projet de la construction métallique a été établi par le bureau d'études Henauer et Lee. Les détails constructifs, et notamment les nœuds, résultent de la collaboration fructueuse entre ce bureau d'études et la firme Wartmann et C^{ie}, à Brugg. L'ossature métallique a été fournie par les firmes Conrad Zschokke à Döttingen et Wartmann et C^{ie} S. A.; cette dernière a en outre exécuté le montage de cette ossature.

bilité lors de la soudure. Pour la transmission des sollicitations d'appui, on a soudé les quatre âmes des poutres avec le poteau (fig. 7). La sou-

M. F.

Articles à paraître prochainement :

Le nouveau bâtiment du Laboratoire de Recherches de la Société «Imperial Chemical Industries» à Welwyn (Grande-Bretagne).

Le calcul des ossatures étagées à cellules multiples sous l'action du vent, par E. ROBERT et L. MUSETTE.

Les électrodes modernes à hautes performances, par R. J. MOUTON.

Le pont sur le Smoky Gulch en Californie.

Le télésiège de Dinant.



Architecte :
S. L. Malet

Un exemple de pavillon à ossature métallique à Saint-Dizier (France)

La ville de Saint-Dizier, en voie d'extension importante, bénéficie d'un plan d'urbanisme séduisant tendant à la création d'une cité nouvelle de 25 000 habitants.

Dans le cadre du projet d'urbanisme adopté, un lot de cent petits logements de trois pièces est à construire.

Ce programme a retenu l'attention d'un constructeur de Saint-Dizier, les Etablissements Melingue et C^{ie} qui ont proposé de réaliser des pavillons de un ou plusieurs logements à ossature métallique. M. Melingue n'a pas hésité à construire pour lui-même, à titre de démonstration un pavillon à étage prototype de 12,60 m \times 8,40 m comprenant un garage, une remise, trois pièces, cuisine et salle d'eau.

Alors qu'une construction classique du même genre demandait huit à dix mois, le délai de construction a été de trois mois, du 18 septembre au 22 décembre 1953 : le pavillon était d'ailleurs inauguré en présence de M. Pisani alors préfet du département de la Haute-Marne, et en présence de nombreux architectes et des notabilités de Saint-Dizier.

Cet exemple valait la peine d'être rapporté puisqu'il constitue un effort louable et une réussite certaine pour montrer la valeur de la construction en métal alliée à l'utilisation d'éléments préfabriqués et de matériaux appropriés à cette construction.

Description du pavillon

Le pavillon, couvert en tuiles, comporte un rez-de-chaussée et un premier étage qui ont été divisés de la façon suivante :

Au rez-de-chaussée : grand garage, atelier susceptible d'être subdivisé et aménagé en pièces habitables.

Fig. 1. Vue générale d'un pavillon à ossature métallique construit à Saint-Dizier (Haute-Marne).

Photo Delagarde.

Au premier étage : une très grande pièce commune, deux autres chambres, une salle de bain, une cuisine.

Superficie : environ 90 m².

L'ossature métallique comprend :

— Des poteaux en HN avec traverses en cornières pour tenir les remplissages verticaux.

— Des poutrelles de plancher espacées de 0,60 m.

— Une charpente de couverture constituée par : deux fermes, quatre arêtiers, pannes, chevrons et lattis métalliques, avec, sous les fermes, le quadrillage métallique nécessaire pour l'accrochage du plafond suspendu.

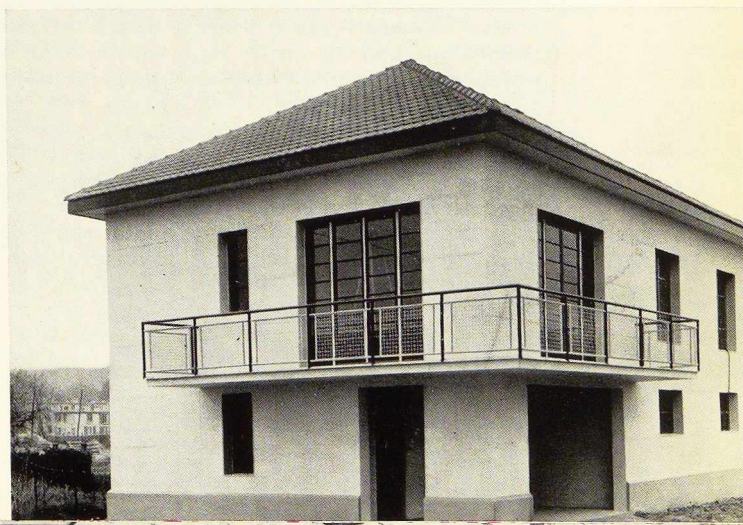
— Le plancher est constitué par : un hourdis céramique recouvert d'une chape béton et d'une couche (5 à 6 cm environ) de sable parfaitement asséché sur laquelle repose soit un plancher en bois synthétique soit un carrelage suivant la destination des pièces.

— Les parois sont constituées, en allant de l'extérieur vers l'intérieur par :

a) Des dalles en béton d'environ 1/2 m² avec parement en gravillon lavé, dans lesquelles sont noyés quatre goujons filetés, qui, au moment de la pose, sont boulonnés sur les traverses horizontales (cornières).

Le joint est assuré par un thermoplastique cellulaire;

b) Un vide laissé dans l'épaisseur de la cornière;



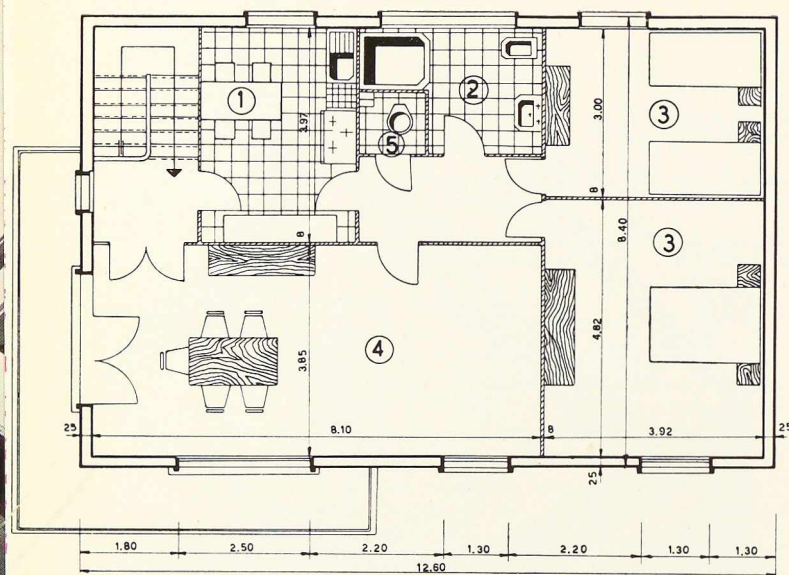
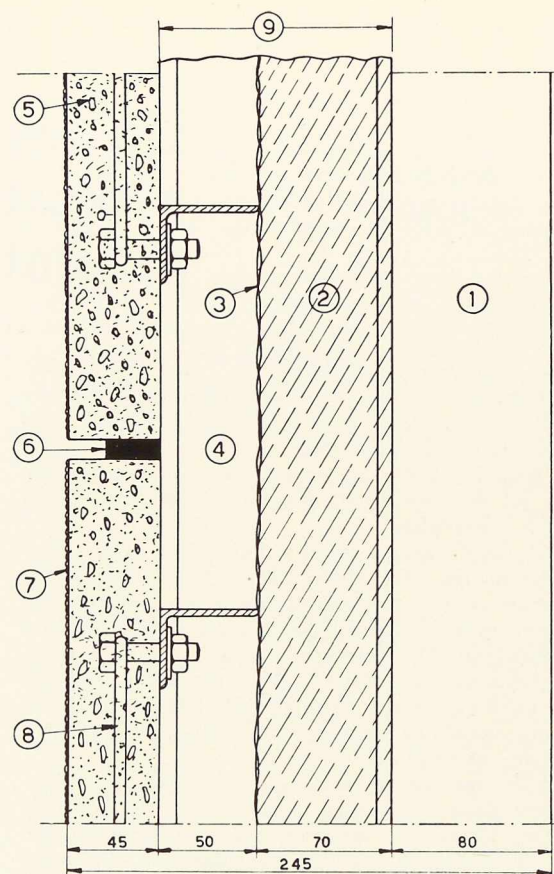


Fig. 2 (ci-dessus). Plan du rez-de-chaussée.

1. Cuisine. - 2. Salle de bain. - 3. Chambres. - 4. Living.
- 5. W.C.

Fig. 3 (ci-contre). Coupe d'un mur.

1. Plâtre expansé. - 2. Laine de verre. - 3. Grillage. -
4. lame d'air. - 5. Plaque en béton armé. - 6. Joint. -
7. - Parement en gravillon lavé. - 8. Armature. - 9. Poutrelle à larges ailes 120.



c) Un grillage et une garniture en produit à base de fibre de verre;

d) Des carreaux de plâtre expansé Samiex.

— Les revêtements intérieurs sont constitués par une peinture à la fibrite; à l'extérieur les dalles devaient initialement être laissées brutes, en fait au dernier moment le constructeur a jugé utile d'appliquer une couche de silixore.

— Le plafond, également constitué par des carreaux de plâtre Samiex, est attaché sous les entrails des fermes métalliques.

— Les cloisons, encore constituées par des carreaux de plâtre Samiex, peuvent être ainsi placées à l'intérieur des quatre murs suivant le désir du client sans sujétion propre au mode de construction.

— Les fenêtres sont montées dans un cadre en tôle dont les dimensions correspondent à un nombre entier de dalles en béton, pour être posées de la façon la plus facile.

— Au bas des versants un bandeau en tôle masque l'extrémité des chevrons et assure l'étanchéité.

— Ce pavillon est équipé :

D'un chauffage central charbon-eau chaude;

D'un siège W.C. à chasse;

Dans la cuisine : d'un évier faïence à deux compartiments;

D'un bloc eau comprenant : baignoire-sabot, bidet, lavabo.

En résumé, ce procédé de construction permet, outre la rapidité d'exécution, l'abaissement du prix de revient par la préfabrication, la facilité du montage et les avantages attachés à la production en série (utilisation voulue et exclusive de profilés et matériaux courants).

Le principe de l'ossature porteuse permet en outre la couverture immédiate supprimant tout arrêt de travail à l'intérieur.

Les poteaux réalisant un vide entre parois intérieures et extérieures autorisent la mise en place d'une lame d'air et d'un matelas isolant efficace excluant en outre tout passage d'humidité.

Enfin il reste possible de modifier au goût de l'utilisateur la disposition des ouvertures et des cloisons nullement tributaires de l'ossature en acier.

Robert Bouchayer,
Directeur Général Adjoint
de la Société Dauphinoise
d'Etudes et de Montages,
Grenoble

La protection contre la corrosion des conduites forcées (1)

Préambule

Les Américains ont chiffré les pertes annuelles par corrosion des canalisations de toutes sortes et on reconnaît aujourd'hui la nécessité de protéger efficacement les tuyauteries aériennes ou enterrées contre la corrosion. Quant aux conduites forcées, il est assez difficile de se faire une idée des pertes qu'elles subissent annuellement du fait de la corrosion. Elles sont, en effet, généralement enterrées dans des terrains « vierges », en pleine montagne, et certaines d'entre elles ont fonctionné pendant de très nombreuses années sans subir d'attaques appréciables, aussi bien de la part de l'extérieur que de la part de l'intérieur lorsque les eaux sont calcaires.

Dans le Massif Central, au contraire, on a assisté à des corrosions extrêmement rapides à l'intérieur des conduites forcées, si bien qu'il est difficile de donner une idée d'ensemble de la question.

Quoi qu'il en soit, les conduites installées de nos jours sont beaucoup moins épaisses du fait des progrès de la technique et un même pourcentage d'usure devient extrêmement dangereux, si bien que les constructeurs comme les exploitants sont convaincus de la nécessité de les protéger efficacement tant à l'intérieur qu'à l'extérieur.

Je n'ai pas l'intention de développer une théorie de la protection et d'exposer les avantages ou les inconvénients de tel ou tel mode de protection, mais, au contraire, de tirer une conclusion pratique des quelques observations que nous avons pu faire au cours de ces dernières années. Je décrirai donc les sollicitations auxquelles sont soumis les revêtements et auparavant, j'essaierai de définir les conditions de fabrication et de montage d'une conduite forcée, dans le but de poser le problème de l'application elle-même.

Les conduites forcées alimentent les centrales hydro-électriques en eau sous pression. Leurs diamètres varient entre 700 à 800 mm et 5 à 6,00 m et leur puissance de quelques milliers de chevaux à 200 000 CV. La hauteur de chute peut

dépasser 1 000 m ce qui nécessite pour leur installation des funiculaires ou des téléphériques qui amènent chaque élément (pesant jusqu'à 15 t) au lieu où il sera soudé à l'élément précédent. Une fois le montage terminé, ces installations de bardage sont généralement démontées et il devient alors extrêmement difficile de visiter l'intérieur ou l'extérieur de la conduite forcée.

L'objet qui nous intéresse étant ainsi défini, comment le problème de la protection se pose-t-il ?

Position du problème

Les travaux se poursuivent *en toutes saisons* et on ne peut pas prévoir à l'avance si l'achèvement du montage et, par conséquent, la période favorable à l'application de la peinture aura lieu à la bonne ou à la mauvaise saison.

Les *surfaces* à recouvrir sont *importantes*, de l'ordre de plusieurs milliers de m², et quelquefois plusieurs dizaines de milliers de m², à recouvrir de plusieurs couches, et la durée des travaux dépasse la plupart du temps les intervalles de beau temps sur lesquels il est raisonnable de compter entre les mois de mai et d'octobre.

Le *profil* des conduites forcées est souvent *escarpé*, desservi par un téléphérique et l'application devra se faire immédiatement en fin de travaux, sous peine de ne plus pouvoir bénéficier des installations de montage.

L'*entretien* sera extrêmement *malaisé* puisque, pour les raisons précédentes, il sera toujours très difficile d'amener au lieu d'emploi les applicateurs et les produits de protection.

Sitôt après le raccordement des conduites forcées, celles-ci sont mises en eau, ce qui signifie que non seulement l'intérieur est mouillé, mais aussi l'extérieur en raison de la *condensation*. La protection contre la corrosion d'une conduite forcée devra résister particulièrement à l'action de l'eau.

Il arrivera cependant que la conduite forcée soit vidangée et à ce moment les *écarts de température* seront considérables : 80° entre l'été et l'hiver, 30 ou 40° entre le jour et la nuit.

Ces observations doivent nous permettre de poser le problème et de déterminer une technique

(1) Extrait de la conférence présentée sous les auspices de l'A. I. A. C. à la Maison de la Chimie, le 25 mai 1954, sous la présidence du Professeur A. Mauduit.



d'application compatible avec la qualité que le maître de l'œuvre est en droit d'exiger d'une protection de conduite forcée.

Revêtements traditionnels

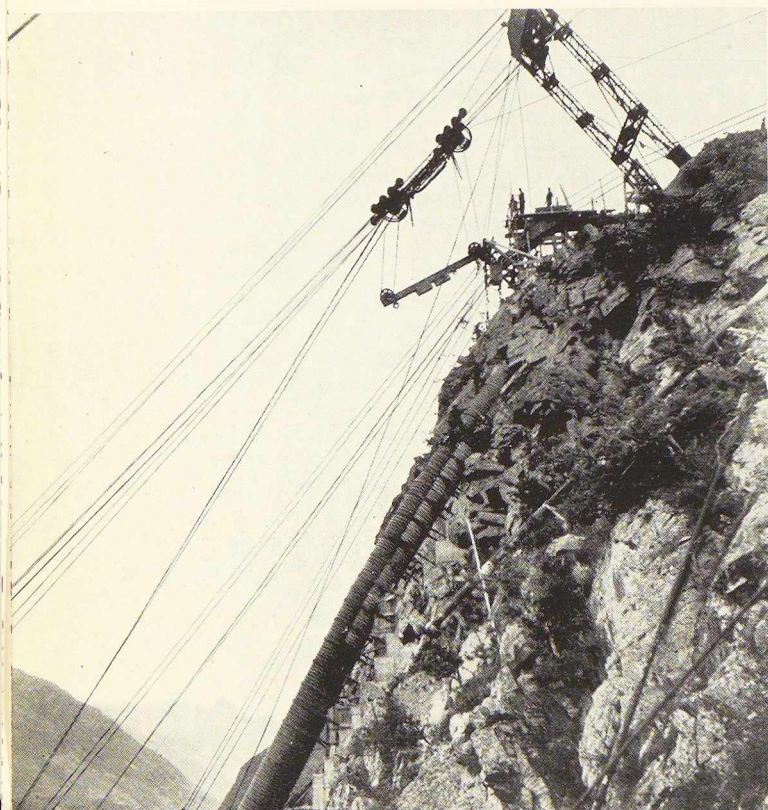
Avant de tirer les conclusions pratiques qui découlent logiquement de ces six observations, il est nécessaire de dire un mot des modes de protection traditionnels qui furent utilisés depuis soixante ou quatre-vingts ans.

Il est reconnu que les *conduites forcées aériennes* se rouillent par suite des influences suivantes (surfaces extérieures) :

- Déprédation de la peinture par des chutes de pierres, empreintes des souliers de montagne, etc.;
- Ecaillage de la pellicule de laminage;
- Mauvaise qualité d'application, ressuage des tuyaux au cours des travaux de peinture;
- Défauts d'étanchéité des joints rivés ou boulonnés.

Pour les *conduites en galerie*, la chute de gouttes d'eau depuis la voûte en des endroits bien particuliers est une sollicitation mécanique locale qui vient s'ajouter à l'action de l'humidité permanente.

Pour les *conduites enterrées*, les renseignements sont assez rares, on connaît une conduite d'épaisseur 3 mm qui a pu être maintenue en service une cinquantaine d'années tandis qu'une autre, d'épaisseur 6 mm, installée en 1923 était percée de part en part, une quinzaine d'années plus tard.



Certaines autres conduites forcées furent corrodées dans un temps encore plus rapide sous l'action préjudiciable de courants vagabonds.

Traditionnellement, la plupart des conduites forcées aériennes ont été revêtues de deux couches de minium et d'une ou deux couches de peintures à l'huile. Ces revêtements doivent être entretenus régulièrement en raison de l'humidité permanente qui finit par détremper la protection.

Certaines conduites aériennes et presque la totalité des conduites en galerie sont enduites de goudron et plus récemment de vernis bitumineux. Ces enduits bitumineux ont généralement donné satisfaction dans les galeries particulièrement humides et se sont révélés parfois de mauvaise qualité pour les conduites exposées à l'action directe des rayons solaires.

Quant aux tuyaux enterrés, ils étaient généralement enrubannés de jute et revêtus d'une couche épaisse de goudron. Les tuyaux noyés dans le béton étaient seulement passés au lait de ciment et bétonnés directement sans enduit.

A l'intérieur des conduites forcées, la rouille provient :

- De la composition de l'eau;
- De l'écaillage de la pellicule de laminage;
- De la diversité des qualités de tôles;
- D'enduits défectueux et généralement poreux;
- De l'érosion.

On assiste assez souvent à la formation d'incrustations de 2 à 10 mm d'épaisseur, et si les incrustations calcaires ont une action protectrice, elles peuvent produire une augmentation des pertes de charge très appréciable. En Suisse, on a mesuré sur une conduite forcée une augmentation de perte de charge de 3 à 4 % sur une haute chute, c'est-à-dire que celle-là a été doublée après quelques années d'exploitation.

Un assez grand nombre de conduites forcées ont été protégées à l'intérieur par une ou plusieurs couches de minium. Lorsque le minium se recouvre d'incrustations, la protection est définitive.

Dans d'autres cas, le minium a disparu totalement pour n'être jamais remplacé.

D'autres conduites forcées sont enduites intérieurement de bitume ou de goudron en couches plus ou moins épaisses à froid ou à chaud.

Enfin des solutions mixtes ont été utilisées : minium en sous-couches, bitumineux en couches de finition.

Ces protections étaient appliquées, partie en atelier, et partie sur place; entre 1940 et 1947, la plupart des applications étaient exécutées sur le chantier. En raison des difficultés d'approvision-

Fig. 1. Le profil des conduites forcées est souvent escarpé... A Cap-de-Long (Pyrénées), la conduite forcée \varnothing 1 600 mm, puissance de 200 000 CV est inclinée à plus de 45°, ce qui rend les travaux très difficiles et l'entretien presque impossible, une fois les installations démontées.

Photo Alix.

nement des produits de protection, les constructeurs laissent, en effet, le soin au maître de l'œuvre de s'entendre directement avec un fournisseur ou un applicateur.

Revêtements préconisés actuellement

La première observation réside dans l'incertitude de l'époque à laquelle les travaux seront achevés et cette incertitude pèse lourdement sur la possibilité d'exécuter un revêtement de qualité parfaite. Il est pratiquement impensable de laisser sur place une équipe de peintres pendant de nombreuses semaines pour profiter des quelques heures par jour ou des quelques jours par mois pendant lesquels une application sera possible dès que la mauvaise saison survient.

La deuxième observation, concernant l'importance des surfaces vient nous renforcer dans cette idée que même si les travaux de montage s'achèvent pendant la belle saison, une application de peinture sur le chantier va demander un certain temps et il faudrait, pour être sûr de la qualité, commander ces travaux en régie pour que l'équipe chargée de leur exécution, n'hésite pas à chômer dès que le temps est humide ou pendant les heures du jour où la rosée mouille la conduite forcée.

Devant ces difficultés que nous avons connues à nos dépens, et je songe notamment aux travaux de Passy où les équipes de peintres sont retournées sur place trois ou quatre fois, sans jamais réussir à terminer totalement leur ouvrage, nous avons décidé d'exécuter en usines, la majeure partie de la protection sinon sa totalité.

Tout d'abord, nous estimons que ce point de vue est surtout intéressant sur le plan de la qualité car le travail en usines est obligatoirement exécuté sur des surfaces sèches.

D'autre part, la coordination des travaux est plus facile et lorsque le montage est réputé terminé, rien ne s'oppose à la mise en eau de la conduite forcée.

Enfin, le maître de l'œuvre doit y trouver une source d'économie puisque la main-d'œuvre d'atelier se paie moins cher que la main-d'œuvre en déplacement.

Une application en usines s'accorde très bien avec les difficultés d'application sur place lorsque les profils sont aussi escarpés que celui de Pragnères, par exemple. Je dois dire cependant qu'à Pragnères, la plus grande partie de la protection

a été exécutée sur place pour deux raisons : tout d'abord parce que notre atelier de peinture n'avait pas à l'époque considérée la capacité suffisante pour appliquer trois couches de peinture sur quelque 40 000 m² de conduites forcées, et aussi parce que la totalité des transports de béton étant exécutée par le téléphérique, il était nécessaire de procéder à un nettoyage de la conduite qui recevait des gouttes de béton tombant de la benne du téléphérique. Enfin à Pragnères, vu l'importance de l'ouvrage, le téléphérique est installé à titre définitif, et il est, par conséquent, possible de travailler sur le profil.

Cependant, si nous avions à refaire la protection extérieure de la conduite forcée de Pragnères, nous l'exécuterions en totalité en ateliers et aurions demandé à Electricité de France, d'appliquer après montage, une couche supplémentaire que nous appellerions « couche témoin ». Après nettoyage des traces de béton, nous aurions, en effet, appliqué une couche de peinture d'une teinte différente de celle appliquée en ateliers et qui aurait été entretenue régulièrement pour laisser intacte la protection faite en usines. Cette technique a un avantage supplémentaire : le délai de montage d'une telle conduite forcée est suffisamment long pour que l'application d'une seule couche en ateliers ne soit pas payante; en effet, la plupart des tuyaux sont soumis aux intempéries d'été et d'hiver avant de recevoir leur protection définitive, et comme chacun sait, si l'efficacité d'une couche peut durer un an, l'efficacité de deux couches est bien supérieure, et est encore doublée par la présence de la troisième couche. Pour des travaux qui s'échelonnent sur de nombreux mois, il est donc logique ou bien d'exécuter une protection définitive en ateliers, ou bien d'exécuter celle-ci sur place.

La quatrième observation qui permet de conclure qu'une protection, quelle qu'elle soit, doit être extrêmement durable, nous confirme encore

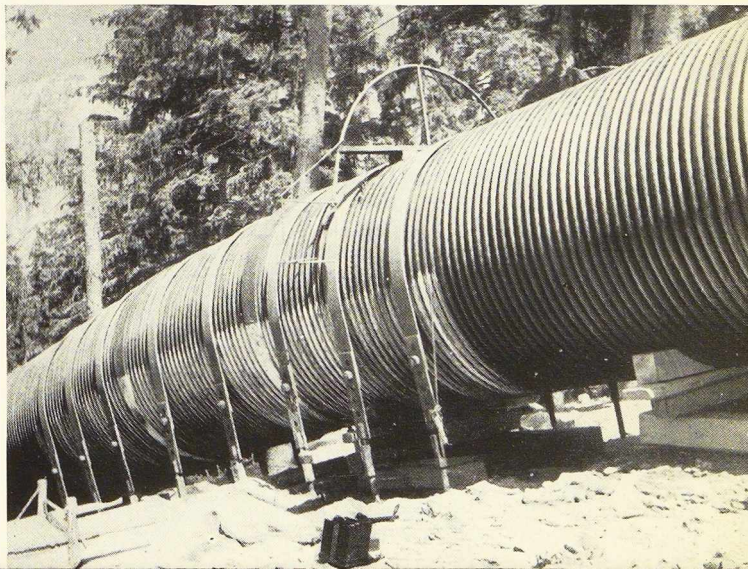


Fig. 2. Lorsque la conduite forcée se trouve exposée au Nord et traverse une forêt, comme c'est le cas à Malgovert (Alpes) Ø 2 000 mm, puissance de 200 000 CV, on peut admettre la teinte bitumineuse noire. Les parties ancrées dans le béton sont enduites au lait de chaux en usine, tandis que les parties aériennes sont enduites de 2 ou 3 couches en usine. L'intérieur de cette conduite forcée est émaillé à chaud dans les ateliers du constructeur. La photographie est prise en cours de montage, une source radioactive au premier plan, permet le contrôle gammagraphique de la soudure, qui vient d'être terminée.

Photo Bouchayer et Viallet.

dans notre thèse d'application en usines, car pour obtenir une protection durable, il est absolument indispensable d'opérer une parfaite préparation des surfaces. Celle-ci est obtenue par un sablage ou un grenailage suivi immédiatement d'une première application anti-rouille. Ce travail ne peut être exécuté en toute sécurité qu'en atelier. Pour cette raison, nous avons installé dans nos ateliers de Grenoble, une cabine de grenailage, dotée de tous les perfectionnements modernes qui nous permettent une préparation impeccable des surfaces aussi bien pour une application de peinture qu'un émaillage à chaud ou qu'une métallisation.

La cinquième observation nous a conduits à examiner quel était le revêtement résistant le mieux à l'humidité et au ruissellement d'eau.

Nous avons procédé à des essais de laboratoire pour étudier, d'une part, s'il était possible d'utiliser des produits applicables sur surfaces humides pour les applications de chantiers, et déterminer, d'autre part, quels étaient les produits les plus aptes à résister à la détrempe.

Nous avons étudié simultanément les procédés de protection suivants :

- Solution bitumineuse à trois couches;
- Email bitumineux à chaud;
- Sous-couche minium, finition peinture bitumineuse;
- Sous-couche glycérophthalique, finition glycérophthalique bitumineuse;
- Sous-couche minium, finition peinture à l'huile;
- Protection bitumineuse, finition aluminium.

Les six éprouvettes furent pesées avant d'être soumises :

a) A l'immersion et émergence à intervalles rapprochés dans un bain d'immersion de pH ajusté à 6 au moyen d'une trace d'acide phosphorique. Toutes les demi-heures, un mécanisme d'horlogerie émergeait ou immergeait les éprouvettes et les plaques étaient pesées une fois par jour.

b) Après vingt-huit jours d'essais, à un essai de vieillissement accéléré, pendant un mois, comprenant trois cycles par jour, chacun formé de :

- Une demi-heure, eau courante;
- Une demi-heure, froid à -15° ;
- Un quart d'heure, réchauffage température ambiante;
- Une demi-heure vapeur d'eau;
- Une demi-heure vapeur sulfureuse;
- Une heure à 60° sous rayons U. V.

c) Après quinze cycles, les éprouvettes ont été à nouveau soumises aux essais d'émergence et d'immersion alternés pendant plusieurs semaines.

Après cinquante cycles, les résultats suivants ont été observés :

1° *Revêtement aluminium.* — L'aluminium forme anode, les résultats sont excellents tant qu'il reste de l'aluminium; après vingt et un cycles, l'aluminium n'est plus adhérent et la perte de poids est considérable. Le vieillissement accéléré a, comme effet inattendu, de refixer l'aluminium qui résiste encore une vingtaine de cycles. Nous avons conclu de ces essais qu'une protection aluminium était excellente comme couche-témoin et que pour obtenir des résultats satisfaisants, il est nécessaire de l'appliquer sous une certaine épaisseur. Lorsque les conduites forcées peuvent être recouvertes d'aluminium, nous préconisons outre la protection d'atelier, l'application de deux ou trois couches sur place de peinture aluminium qui, par la suite, seront régulièrement entretenues. Nous avons utilisé cette technique sur les conduites d'Alfourer au Maroc où les tuyaux ont été recouverts en atelier de deux couches de solution bitumineuse noire plus une couche contenant une certaine proportion d'aluminium. Au fur et à mesure du montage des tuyaux sur place, nos équipes procédaient à l'application d'une nouvelle couche d'aluminium ce qui avait comme avantage, de réduire considérablement l'échauffement de la tôle. Enfin, le montage terminé, les trois conduites forcées furent recouvertes d'une dernière couche de finition qui leur a donné un aspect absolument impeccable.

2° *Les protections à l'huile,* soit minium et peinture à l'huile anti-rouille, soit minium et peinture à l'huile bitumineuse, se sont avérées être les plus mauvaises : les variations de poids étaient assez considérables et on a pu observer sur l'éprouvette mixte (minium + bitumineux)

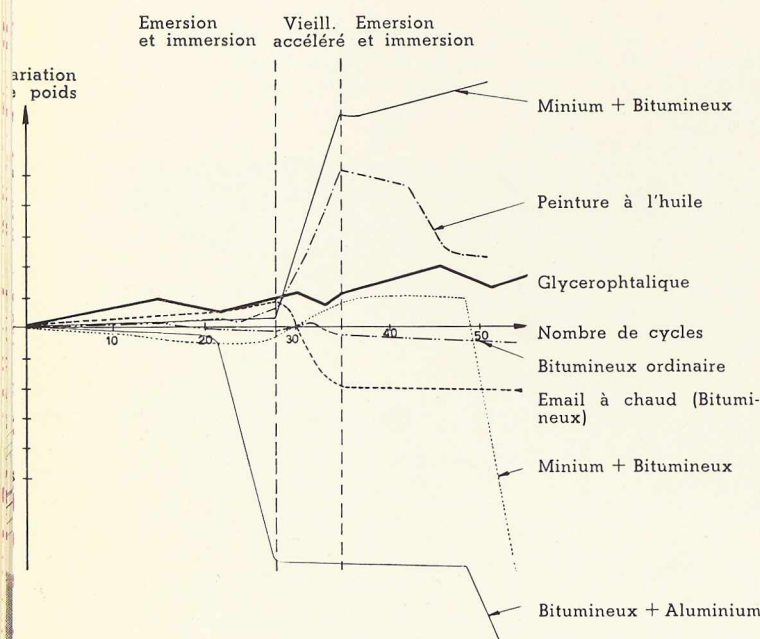


Fig. 3. Essai de détrempe de revêtement. Ces essais montrent la bonne tenue des bitumineux, en couches minces ou appliquées à chaud (Email). Les couches de finition (Aluminium) doivent être considérées comme « couches témoins d'usure ».



Fig. 4. Lorsque les conduites forcées se trouvent dans des sites classés, elles doivent recevoir une protection d'une teinte agréée par la Commission des Sites. Ci-dessus un essai de différentes teintes sur le Siphon de Passy, diamètre 3 m, portée 70 m (record du monde). Après terminaison des travaux, la passerelle de service est démontée.

Photo Baranger.

d'importants faïencages, bien que les temps de séchage du minium aient été observés.

Ceci ne veut pas dire que ces protections ne soient pas bonnes car effectivement elles ont résisté de façon satisfaisante à ces essais pourtant assez sévères, mais les résultats sont moins bons que ceux observés sur les éprouvettes revêtues d'enduits glycérophthaliques ou d'enduits du type bitumineux.

3° Ces deux modes de revêtement ont donné des résultats absolument parfaits, aussi bien pendant les essais de détrempe que pendant les essais de vieillissement accéléré.

Nous en avons tiré comme conclusion, qu'il fallait utiliser ces produits de préférence à tout autre, d'autant plus qu'ils possèdent une qualité extrêmement appréciable, celle de sécher rapidement. Les *solutions bitumineuses* sèchent en trois jours et les *enduits glycérophthaliques* en quelques heures. Il ne nous serait du reste pas possible de procéder, en ateliers, à l'application d'une protection à base de minium car nos ateliers expédiant 400 à 500 t de tuyaux par mois, une protection par minium nécessiterait un stockage permanent pouvant atteindre 500 à 1 000 t de fournitures.

4° Quant aux *enduits bitumineux épais*, appli-

qués à chaud, ils ont naturellement donné d'excellents résultats à la détrempe mais n'ont pas subi avec succès l'épreuve de vieillissement accéléré, l'influence des rayons ultra-violet étant à ce moment-là, prépondérante.

La conclusion générale de ces essais est la suivante :

Etant entendu que dans tous les cas, nous recommandons le décapage au jet de grenailles de la surface à protéger, nous préconisons :

A. *Pour l'intérieur des conduites forcées*, l'application d'un émail à chaud. Celui-ci possède l'avantage de se lisser sous l'influence du courant d'eau, d'améliorer la perte de charge, de résister particulièrement bien aux incrustations, de résister également à l'abrasion car chaque molécule de bitume épouse la forme de moindre résistance, et enfin, du fait de sa forte épaisseur, de donner d'excellentes garanties de longévité. Nous avons procédé à des applications d'émails en ateliers assez nombreuses et pouvons désormais affirmer que, non seulement, ceci permet une meilleure qualité d'application, mais aussi que ce revêtement résiste parfaitement au transport. Il ne nous reste donc à exécuter sur place que les raccordements au droit des soudures.

Bien que nous ayons le personnel qualifié pour procéder à ces applications en usines, nous nous adressons de préférence à des maisons spécialisées pour qu'elles puissent donner leur garantie solidairement avec la nôtre. Au moment de la réception de l'ouvrage, la visite de la protection est, par conséquent, effectuée simultanément par le maître de l'œuvre, le fournisseur et l'ap-
plicateur d'émail et le constructeur.

Nous avons expérimenté l'application d'émails à chaud au pistolet. Nous n'avons pas retenu en définitive cette technique car elle présente trois défauts :

a) La projection au pistolet ne peut s'effectuer sans formation de petites bulles qui viennent masquer le travail et qui sont la cause de manques et même de porosité;

b) La vaporisation à la sortie du pistolet fait varier la composition du produit appliqué sur la tôle et l'homogénéité de la protection est moins grande que dans le procédé classique d'application à la brosse;

c) L'utilisation du pistolet nécessite l'emploi d'émail à base de produits du pétrole. Cet emploi est aujourd'hui sujet à critique.

Cette technique a cependant été utilisée pour la protection intérieure de la conduite forcée du Pouget où nous avons observé les défauts précédents et où nous avons dû compléter la protection de base par une protection galvanique. Nous avons installé un certain nombre d'anodes réactives en magnésium, à l'intérieur de la conduite forcée, pour éliminer tout danger de piqûres là où les porosités sont apparues dans le revêtement. L'observation de cette protection est en cours et il est encore trop tôt pour en tirer des conclusions valables pour d'autres installations.

Lorsque ces conclusions seront connues, elles auront une très grande valeur car les eaux turbinées, au Pouget sont particulièrement corrosives. Au bout de quelques mois d'exploitation, une visite de conduite nous a montré des corrosions extrêmement importantes en certains points qui n'avaient pas été revêtus d'émail. L'année suivante, après mise en place du magnésium, la corrosion semblait pratiquement stoppée.

B. En ce qui concerne l'extérieur, nous préconisons l'emploi d'émail bitumineux à chaud lorsqu'il s'agit de conduites enterrées ou de conduites en galerie. Pour les conduites enterrées, nous procédons toujours à l'application de l'émail en ateliers : nous appliquons une première couche d'émail d'une épaisseur d'un mm environ puis nous enroulons des bandes de tissu de verre à larges mailles (5×5 mm) sur toute la surface avant d'appliquer à nouveau une couche d'émail à chaud, d'épaisseur de un mm. La largeur des mailles permet une liaison parfaite de cette seconde couche avec la première, si bien que le tissu de verre est noyé dans une épaisseur homogène de bitume. La résistance mécanique du bitume est considérablement augmentée et celui-ci peut recevoir le choc de coups de marteau ou des chutes de pierre ou de terre au moment du remblaiement.

Lorsqu'il s'agit de conduites autofrettées, il n'est pas possible d'incorporer dans l'émail le tissu de verre, aussi l'opération d'émaillage est-elle exécutée sur place. En raison des difficultés d'une application à chaud sur place, on emploie maintenant couramment des produits applicables à froid sous fortes épaisseurs.

C. Pour l'extérieur des conduites aériennes, nous distinguons trois cas :

a) Lorsque la conduite doit subir de fortes



Fig. 5. La conduite forcée d'Aussois, puissance de 130 000 CV, est exposée au Sud. Elle a reçu deux couches de peinture aluminium qui devront être entretenues régulièrement pour conserver aux couches de fond leur entière efficacité. La teinte aluminium permet également de réduire l'échauffement de la conduite vide et d'utiliser, à l'intérieur, des revêtements susceptibles de se ramollir et de fluer au-dessus de 50°.

Photo Baranger.

variations de température, nous préconisons toujours l'application d'une teinte claire en dernière couche. L'aluminium n'est pas toujours admis par les commissions de sites, aussi est-on obligé d'utiliser des peintures à l'huile. Dans ce cas, nous conseillons une protection antirouille en ateliers, à base de minium de fer ou de chromate de zinc, suivie d'une application de peinture à l'huile de teinte foncée. Nous la compléterons sur place par l'application d'une couche de teinte plus claire qui constituera la couche « témoin » d'usure;

b) Lorsque la couleur aluminium peut être admise, nous préconisons l'application de solution noire bitumineuse en ateliers, et de solution bitumineuse aluminium en ateliers et sur place, comme indiqué plus haut;

c) Lorsque les conduites forcées n'ont pas à subir de variations de température considérables, c'est le cas par exemple des conduites forcées de Malgovert qui sont exposées au nord et traversent une forêt qui les protège des rayons du soleil, nous conseillons l'emploi de solutions bitumineuses de qualité renforcée.

Dans tous les cas, nous attachons une très grande importance à la marque du produit. Nous ne doutons pas que la très grande majorité des fournisseurs de peinture livrent des produits de première qualité, mais nous estimons qu'une usine de faible capacité n'a pas nécessairement des organismes de recherches ou de contrôle. Nous cherchons à utiliser des produits de grande consommation, livrés régulièrement par des usines puissantes, possédant des laboratoires bien équipés et des services nous garantissant la régularité de livraisons.

D'autre part, ces fournisseurs n'hésitent pas à nous remplacer des quantités importantes de matières si un doute apparaît sur la qualité des livraisons précédentes ou si leurs laboratoires ont permis de nouvelles améliorations de qualité entre le moment de la commande et l'utilisation du produit. Les références que nous leur apportons sont, en effet, de premier ordre et les fabricants de peinture font l'impossible pour que celles-ci soient à leur honneur.

Garanties

La technique pratique de protection des conduites forcées que je viens d'exposer a été établie à partir de l'observation des faits, et offre, par conséquent, une certaine garantie. Ce n'est cepen-

dant pas sous ce sens que ce terme est généralement compris, et le maître de l'œuvre nous demande couramment de garantir par contrat la durée d'une protection contre la corrosion.

Je dois dire immédiatement que cette conception est extrêmement gênante. En effet, certains constructeurs ou applicateurs n'hésitent pas pour enlever un marché à donner des garanties de longue durée, quitte à prendre une assurance contre le risque de déprédation de l'ouvrage.

Dans l'état actuel des choses, nous préférons refuser une commande que de donner de telles garanties car si nous sommes techniciens, nous ne sommes pas assureurs et nous ne désirons pas mêler des arguments commerciaux à une théorie basée uniquement sur la technique.

Pour améliorer la durée d'une protection, il est à notre sens nécessaire d'appliquer le plus grand nombre de couches possible. Lorsqu'il s'agit d'un revêtement bitumineux épais, la durée du revêtement est couramment de vingt, trente ans et davantage, nos références le prouvent abondam-

Fig. 6. Le collecteur de la conduite forcée de Passy (Alpes), puissance de 130 000 CV, est en partie bétonné et en partie remblayé. Les culottes de bifurcation se trouvent dans des chambres visitables. C'est pourquoi on peut distinguer trois enduits différents sur cette photographie :

- Au premier plan, les tuyaux enterrés ont reçu une couche d'impression bitumineuse noire, ils seront émaillés à chaud avant remblaiement;
- Le coude à l'amont et la branche contiguë au mur de l'usine sont enduits au lait de chaux, ce qui facilitera l'adhérence du béton;
- Les sphères, culottes de bifurcation, sont revêtues de minium, comme la conduite forcée elle-même.

Photo Bouchayer et Viallet.



ment (encore faut-il naturellement que l'application et la qualité des produits soient parfaites).

En ce qui concerne les revêtements minces, la durée de leur efficacité dépend de leur entretien. Sauf erreur, la Tour Eiffel est entretenue très régulièrement et l'application de minium qui a été faite à l'origine est encore intacte.

A notre avis, c'est rendre un mauvais service à l'exploitant que de lui donner une garantie de dix années, par exemple, car ceci signifie que pendant dix ans aucun travail d'entretien ne sera exécuté sur l'ouvrage. Après dix ans, il est probable que la totalité de la protection sera à refaire, et ceci coûtera beaucoup plus cher que si un entretien minime avait été exécuté à partir de la quatrième ou cinquième année d'exploitation.

Notre garantie est donc totale pendant un an, c'est-à-dire pendant un intervalle suffisant pour que la conduite forcée subisse les sollicitations atmosphériques d'un été et d'un hiver. S'il y a défaut de matières ou défaut d'application, ceux-ci ne peuvent manquer d'apparaître au bout d'un an; lors de la réception définitive de l'ouvrage, le maître de l'œuvre peut reconnaître sans risquer de se tromper, si la protection a été faite suivant toutes les règles de l'art, et lui donnera satisfaction ou si, au contraire, elle est sujette à caution.

Après ce délai de garantie d'un an, nous demandons par conséquent, à nos clients de prendre en charge l'entretien de la conduite forcée et notre garantie totale et inconditionnelle cesse.

Nous conservons évidemment la garantie décennale du constructeur ou de l'entrepreneur. En fait, ceci veut dire que notre garantie existe pendant un an de façon inconditionnelle, pendant dix ans contre tout vice caché — ce qui est exactement dans la ligne de nos collègues — mais que nous ne garantissons pas l'usure normale ou le cas fortuit. Toute autre formule semble illusoire.

Métallisation

Jusqu'à présent, si nous avons procédé à des métallisations de charpente métallique en usines, nous n'avons jamais utilisé ce procédé pour la protection des conduites forcées. Ceci ne veut pas dire que la métallisation ne soit pas un procédé valable, mais nous avons eu jusqu'ici trop à faire pour lutter contre les conceptions anciennes qui se résument surtout à des considérations de prix pour pouvoir faire admettre à nos clients que la dépense d'une métallisation peut être payante. Le prix de la protection d'une conduite forcée est toujours une faible fraction de son prix total

mais encore paraît-il toujours trop important. Ce n'est guère que pour les installations de très grande puissance, comme celles de Malgovert, de Pragnères ou du Pouget que le maître de l'œuvre est décidé de consacrer à la protection des sommes importantes. Pour les conduites forcées de plus faible tonnage, la protection est toujours traitée en « parent pauvre » et le maître de l'œuvre ne considérant que le prix total de l'installation, le constructeur est tenté de réduire au minimum la dépense de peinture pour ne pas risquer de perdre la commande.

Il ne peut être question, dans ces conditions, d'envisager l'emploi de protections coûteuses, certes, mais qui peuvent s'amortir rapidement. L'industrie des plastiques offre aujourd'hui de nouvelles possibilités à l'anticorrosion. En ce qui nous concerne, nous étudions en laboratoire certains produits ou certaines toiles imperméables.

Conclusion

La protection des conduites forcées est donc principalement assurée par des produits bitumineux, et ceci en raison de leur parfaite résistance à l'action de l'eau. Je pense que l'idéal serait après décapage, d'imprégner la surface avec un produit anticorrosif à séchage rapide, puis d'appliquer les produits bitumineux imperméables. Nous poursuivons les essais. Jusqu'à présent, ils ne sont pas pleinement satisfaisants et nous en restons donc à la protection homogène : trois couches bitumineuses.

Nous n'employons les peintures antirouille que lorsque des considérations d'esthétique interdisent l'usage du noir ou de l'aluminium.

Enfin, nous sommes persuadés qu'il vaut mieux appliquer les couches de protection en usine. Voici les deux conclusions principales de cet exposé. Pour terminer, je souhaite que l'Association des Ingénieurs en anticorrosion parvienne, par une propagande ingénieuse, à convaincre les financiers de laisser la décision aux techniciens, en ce qui concerne la protection des ouvrages tels que les conduites forcées. En effet, ces ouvrages ne doivent pas plus périr par la rouille qu'ils ne périssent par la fatigue. Et s'ils sont calculés avec un large coefficient de sécurité au point de vue résistance à la fatigue, il faut admettre ce même coefficient de sécurité au point de vue résistance à la corrosion. La sécurité s'acquiert par la qualité, et la qualité paie. Je souhaiterais donc que pour protéger ces objets de prix que sont les conduites forcées, on ne recherche pas *avant tout* l'économie, car celle-ci se manifeste, à échéance.

R. B.

M. Alexandre,
Chargée de Calculs
et
P. Laval,
Chargé d'Etudes
à la Société Cockerill

La construction coulée et la construction soudée se complètent dans les locomotives diesel-électriques Cockerill-Baldwin pour l'Otraco

La Société Cockerill vient de terminer la fabrication de 8 locomotives qui lui ont été commandées par l'Otraco pour la ligne Matadi-Léopoldville (fig. 1).

Construites sous la licence des firmes américaines Baldwin et Westinghouse, dont la réputation est bien établie dans le monde ferroviaire, ces locomotives CC, diesel-électriques, présentent les caractéristiques principales suivantes :

Nombre d'essieux (tous moteurs)	6 (en 2 bogies)
Poids total en service	97 t
Longueur totale hors traverses	16 255 mm
Puissance effective continue du moteur	1 800 ch
Vitesse maxima (limitée par les conditions d'exploitation du réseau)	80 km/h

Le moteur diesel, du type Baldwin, construit aux Ateliers Cockerill (fig. 2) est à quatre temps et suralimé; de 324 mm d'alésage et 394 mm

de course, il développe sa puissance maxima à la vitesse de 625 tr/min. Son extrême robustesse et son régime de rotation modéré lui assurent une grande longévité et une remarquable insensibilité aux surcharges et à la qualité du combustible.

La transmission électrique, du type Westinghouse, est de conception simple et sûre; le matériel en a été fourni par les Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi.

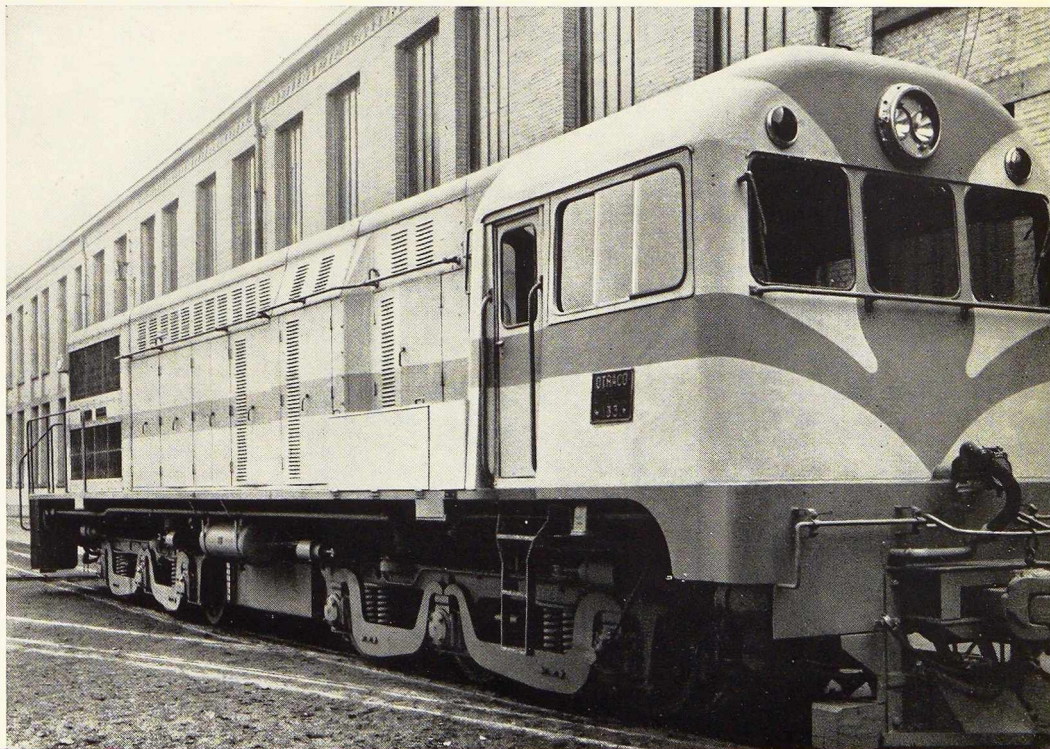
Nous insisterons plus spécialement, dans ce qui suit, sur 3 points susceptibles d'intéresser particulièrement les lecteurs de *L'Ossature Métallique*, à savoir la construction du châssis de bogie, du châssis principal et des soubassement et bâti du moteur diesel.

1. Châssis de bogie

La figure 3 rend compte de la conception générale de ce châssis, essentiellement constitué de deux longerons fortement entretoisés.

Les charges verticales provenant du châssis

Fig. 1. Locomotive Diesel électrique commandée par l'O.T.R.A.C.O. pour la ligne Matadi-Léopoldville.



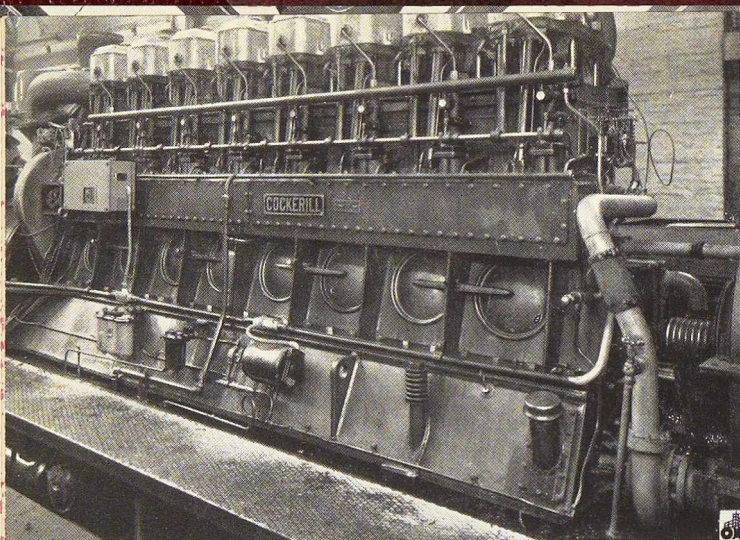


Fig. 2. Moteur Diesel du type Baldwin construit aux Ateliers J. Cockerill.

La question du mode de construction, soudée ou coulée, se posait. On sait que de nombreux constructeurs ont actuellement adopté l'exécution soudée des châssis de bogie, non en vue d'un gain de poids ou de prix, mais en raison de la difficulté d'obtenir des pièces moulées de santé satisfaisante. La confiance qu'elle savait pouvoir accorder à sa fonderie pour l'exécution parfaite de telles pièces coulées a laissé à la Société Cockerill toute liberté de choix. Ce choix s'est porté sur la construction coulée pour les raisons suivantes :

principal sont appliquées au châssis de bogie, d'une part, au droit des éléments transversaux 1 et 2, par l'intermédiaire du pivot de bogie, d'une traverse danseuse, des ressorts à lames et des biellettes de suspension de celle-ci, et, d'autre part, au droit de l'élément transversal 3, par l'intermédiaire de lisoirs à ressorts. Le châssis renvoie ces charges aux essieux par l'intermédiaire des ressorts de suspension (ressorts à boudins), des jougs et des boîtes d'essieu. La figure 4 montre l'ensemble du bogie entièrement monté, et aide à la compréhension de ce qui précède.

Les charges horizontales résultant des efforts de traction sont appliquées aux éléments transversaux 1 et 2 par l'intermédiaire du pivot de bogie et de la traverse danseuse dont ces éléments constituent les guides. Le châssis renvoie ces charges horizontales au droit des guides des boîtes d'essieu.

En outre, le châssis doit supporter les efforts transversaux résultant de l'inscription en courbe et du mouvement de lacet, ainsi que les efforts de freinage et les réactions des moteurs de traction. Il résulte de ces différentes charges des sollicitations très complexes de flexion et de torsion dans les éléments principaux du châssis. La forme la plus rationnelle pour la résistance à de telles sollicitations est celle du caisson; c'est donc elle qui a constamment été utilisée.

a) Les sollicitations imposées au châssis présentent, dans une large mesure, un caractère de fatigue (efforts de freinage, de lacet et d'inscription en courbe, réactions verticales résultant du sautage des roues, etc.). Or, l'exécution de soudures soumises à de fortes sollicitations de fatigue impose des précautions spéciales et des formes complexes, qui, dans le cas présent, eussent lourdement grevé le prix de revient. La construction moulée laissait, plus aisément, la liberté voulue pour le meilleur tracé en vue de la résistance optima, avec le poids minimum.

b) Le nombre de pièces à exécuter fut jugé suffisant pour que les frais de modelage soient raisonnablement amortis.

Nous trouvons donc ici l'application d'un principe important et général. Il ne doit pas exister de règle rigide quant au choix de la construction coulée ou soudée. Chaque application est un cas d'espèce. Quand les conditions constructives imposent des formes tourmentées et fouillées, notamment en ce qui concerne la résistance dynamique, l'exécution moulée est souvent la plus avantageuse, si le nombre de pièces est suffisant.

La réalisation de cette pièce, de 5 057 mm de long, 1 900 mm de large, pesant seulement 2 600 kg et presque entièrement constituée de poutres en caisson, d'épaisseurs de 15 à 30 mm, posait à la Fonderie Cockerill des problèmes difficiles qu'elle a su maîtriser avec plein succès.

L'acier utilisé possédait 50-60 kg/mm² de résistance à la rupture et 30 kg/mm² minimum de limite élastique.

Avant d'aborder la fabrication en série, on exécuta un prototype qui fut soumis à une série d'essais afin de s'assurer de sa qualité.

Tout d'abord, des gammagraphies révélèrent un matériau remarquablement sain.

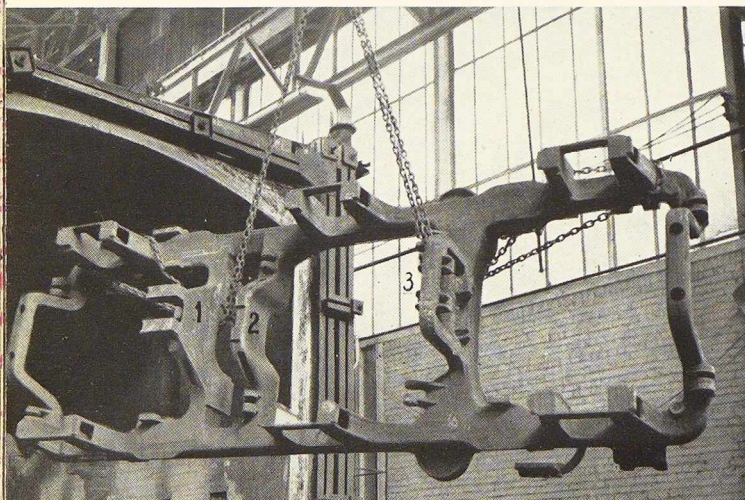


Fig. 3. Conception générale d'un châssis de bogie constitué essentiellement de deux longérons fortement entretoisés.

Fig. 4. Ensemble d'un bogie entièrement monté.

En second lieu, des essais de sollicitation statique, avec tensométrie par strain-gages, furent exécutés au Laboratoire du Génie Civil de l'Université de Liège, en vue d'évaluer les tensions que l'on peut prévoir en service. Les charges furent appliquées au moyen de vérins pour réaliser au mieux les conditions de sollicitation résultant des charges verticales et des efforts de traction.

Les conclusions des mesures furent les suivantes :

a) Les précautions qui avaient été prises pour réduire le plus possible les surtensions locales (larges congés de raccordement des différents éléments, localisation des trous de dessablage dans les régions comprimées ou peu sollicitées, surépaisseur autour de ces trous) ont été efficaces. Les strain-gages, pourtant placés dans les régions critiques, n'ont pas indiqué de tension locale supérieure à la valeur de sécurité de 10 kg/mm^2 , sauf en un point où la tension atteinte, de 14 kg/mm^2 , étant de compression, est sans danger, même en sollicitation ondulée.

b) Les taux mesurés sont en accord suffisant avec ceux qu'annonçait le calcul de résistance. En particulier, les mesures ont confirmé ce résultat de la théorie, que, vu la raideur relative des longerons et des traverses, celles-ci peuvent, avec une approximation satisfaisante, être considérées comme des poutres appuyées et non encastrées aux longerons.

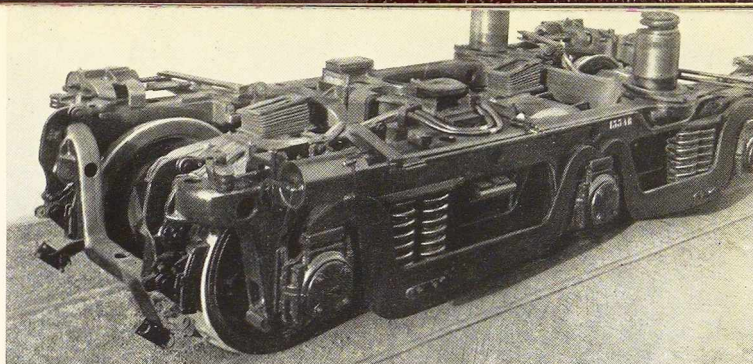
En troisième lieu, furent effectués des essais dynamiques. Aux quatre points d'appui des ressorts de suspension hélicoïdaux sur le châssis, furent appliquées, outre des charges verticales constantes de $10\ 500 \text{ kg}$ correspondant à la charge statique en service, des charges alternées de $\pm 3\ 000 \text{ kg}$ par appui, correspondant à un sautage de roue $\pm 20 \text{ mm}$, la charge alternée étant exercée, tantôt aux quatre points d'appui simultanément, tantôt en deux appuis opposés. Au total, $1\ 500\ 000$ alternances furent appliquées au châssis, dont le comportement s'est avéré parfait, et qui n'a montré, après essai, aucune trace de fissuration.

On trouvera, dans le Bulletin du C. E. R. E. S., tome VI, 1953, un compte rendu complet des essais dont nous venons de donner un aperçu.

2. Châssis principal

Ce châssis constitue un vaste tablier d'environ 16 m de long et 3 m de large (fig. 5). Il est

Fig. 5. Châssis principal constituant un tablier d'environ $16 \times 3 \text{ m}$. Sur la photo, on peut voir le dispositif d'essai au tamponnement (cadre constitué de deux traverses et de tirants, vérin, pompe hydraulique). Les contraintes obtenues par **strain-gages** concordent parfaitement avec les valeurs calculées. Des essais de flexion sous charges verticales ont été également effectués.



évident que, pour une telle construction, la réalisation soudée s'imposait.

Pareil châssis doit être conçu de façon à résister aux sollicitations suivantes :

a) Charges verticales locales, telles que groupe moteur-génératrice, réservoirs, radiateurs, pompes, ventilateurs, compresseurs et accessoires divers, charges qui doivent être reportées au droit des appuis sur le châssis de bogie;

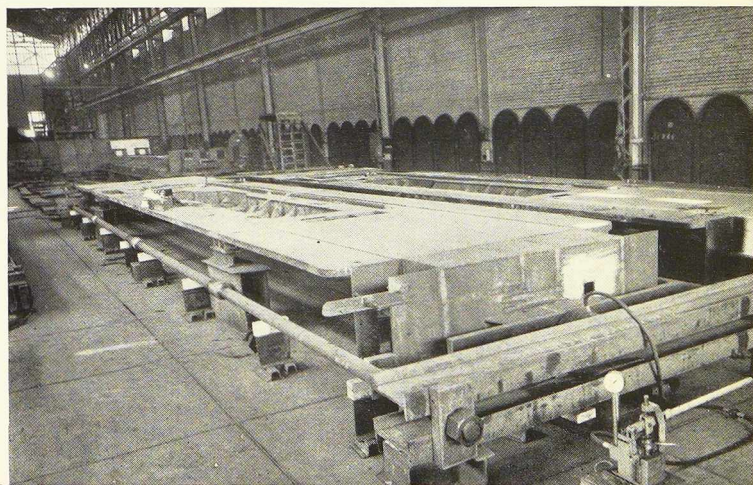
b) Charges horizontales résultant des efforts de traction, qui s'exercent entre le crochet de traction, d'une part, et les pivots de bogie, d'autre part;

c) Charges horizontales appliquées au droit des butoirs, en cas de tamponnement; ces charges, étant appliquées à un niveau inférieur à celui de l'axe neutre du châssis, soumettent celui-ci à un couple de flexion considérable.

Il faut encore souligner que, devant assurer l'isolation complète de l'intérieur de la locomotive par rapport à l'atmosphère ambiante, ce châssis doit nécessairement comporter au moins un platelage continu.

Les sollicitations citées ci-dessus ont, soit un caractère presque essentiellement statique, soit le caractère d'un choc exceptionnel non répété. Les chocs provenant du roulement ne parviennent au châssis que fortement amortis par les deux étages de suspension (ressorts hélicoïdaux entre essieux et châssis de bogie, ressorts à lames entre châssis de bogie et châssis principal), et la flexibilité latérale est assurée par la traverse danseuse. Il n'y a donc pas forte sollicitation de fatigue.

Dans ces conditions, le calcul peut se faire par les méthodes des constructions statiques; les sur-



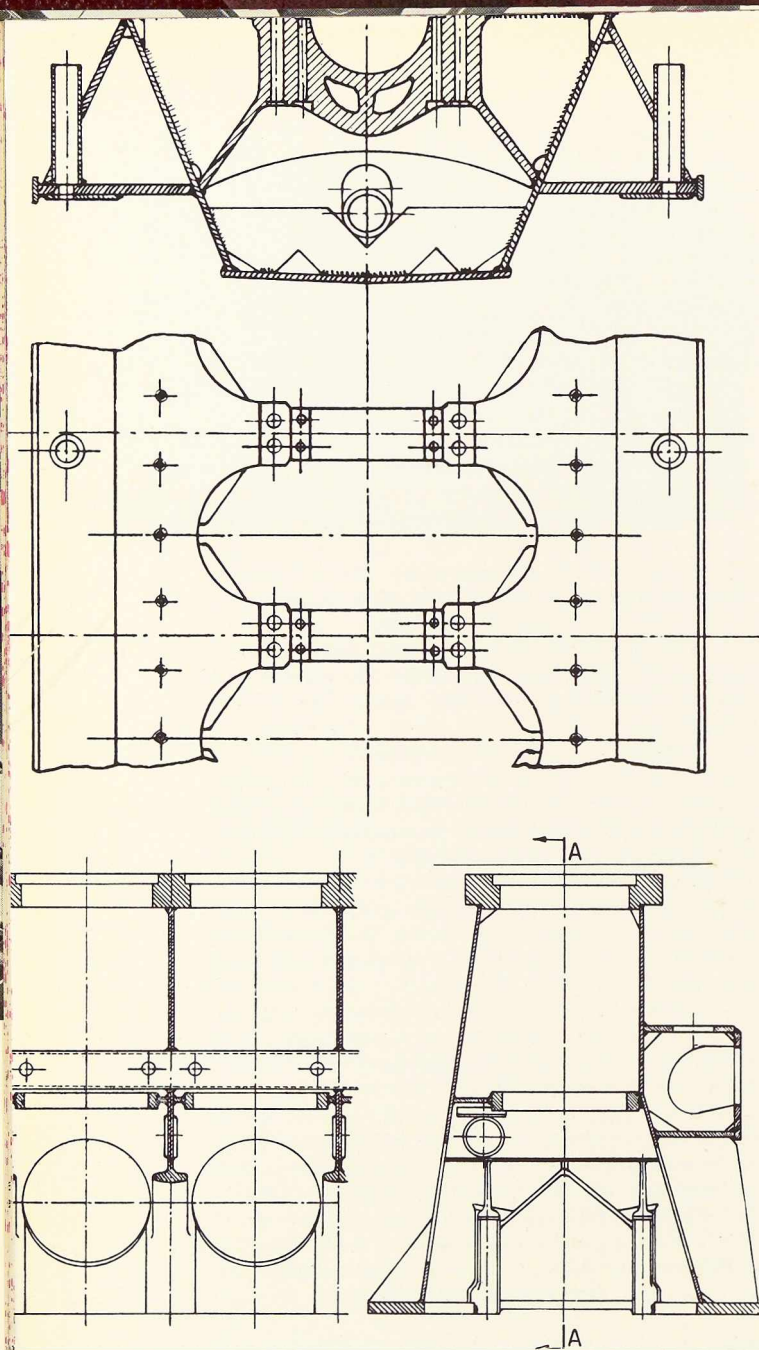


Fig. 6 et 7. Bâti et soubassement de moteur Diesel réalisés en construction mixte, c'est-à-dire, assemblage par soudure d'éléments coulés et d'éléments laminés.

tensions locales résultant de changements de section et d'accidents de forme n'ont qu'un effet secondaire, à condition d'être maintenues à des valeurs modérées; en particulier, les cordons de

soudure peuvent, en de nombreux endroits, être des cordons d'angle, exécutés sans chanfreinage des bords.

Des considérations de poids liées à la limitation des charges par essieu imposent souvent, pour l'exécution de ces châssis, l'emploi de tôles relativement minces, disposées de façon à utiliser au mieux leur capacité de résistance. Certaines précautions s'imposent alors dans la conception et le calcul :

a) Veiller à déceler les sollicitations secondaires de torsion, et, là où elles se produisent, utiliser la forme en caisson, qui seule possède de bonnes propriétés de résistance à ce genre de sollicitation;

b) Raidir considérablement au droit des charges concentrées, en vue d'éviter le défoncement local des tôles, et d'intéresser immédiatement l'ensemble des sections à la sollicitation;

c) Calculer les tôles au flambage local et au voilement, spécialement dans les conditions de tamponnement;

d) S'assurer de ce qu'aucune tôle ou élément ne possède une fréquence propre en accord avec les fréquences excitatrices provenant du roulement ou des machines liées au châssis, et vérifier qu'il n'y a pas de résonance gênante.

L'exécution en atelier de ce châssis fut très étudiée et ne donna lieu à aucune difficulté particulière; le montage fut exécuté en une seule fois pour tout l'ensemble sur un gabarit approprié, l'étude ayant montré qu'il n'y avait pas intérêt, dans le cas envisagé, à développer la préfabrication d'éléments séparés.

Une contre-flèche fut donnée au châssis en vue de compenser sa flèche en service sous les charges verticales.

L'acier utilisé était l'acier A 42 SC; les électrodes employées furent des Stabilend.

3. Bâti et soubassement du moteur Diesel

Pour la réalisation de ces pièces, c'est une construction mixte qui fut adoptée, c'est-à-dire l'assemblage par soudures d'éléments coulés et d'éléments laminés.

Pareil principe de construction est fréquemment de grand intérêt en fabrication mécanique; là où des considérations de résistance ou autres imposent des formes assez fouillées, là aussi où l'usage exclusif des laminés conduirait à des soudures d'exécution délicate et résistant de façon critique aux sollicitations imposées; l'emploi de nœuds ou éléments partiels coulés, assemblés par soudure aux autres éléments de forme simple laminés, sera souvent la solution la plus simple, la plus économique et la plus sûre.

Les figures 6 et 7 montrent comment ce principe fut appliqué dans le cas présentement envisagé.

Si nous dégageons ce soubassement et ce bâti de tout ce qui est accessoire et secondaire, pour ne retenir que l'essentiel, nous constatons que leur structure fondamentale, très simple en son principe, comporte :

— Pour le soubassement : des traverses coulées, portant les paliers du vilebrequin, traverses assemblées par soudures à deux éléments longitudinaux de forme simple, triangulaire, constitués de tôles soudées;

— Pour le bâti : des éléments transversaux, au droit de chaque traverse du soubassement, entre les cylindres, constitués d'éléments inférieurs d'acier coulé et d'éléments supérieurs en tôles; ces dernières viennent se souder sur une tôle supérieure horizontale épaisse, s'étendant à toute la longueur du moteur, dans laquelle viennent se loger les fourreaux de cylindre et s'implanter les goujons de culasse.

Les traverses du soubassement et du bâti sont directement liées l'une à l'autre par quatre forts tirants encadrant les cages de palier.

Dans ces conditions, on remarquera que les efforts résultant de la pression motrice des gaz évoluant sont appliqués, d'une part, aux traverses de bâti, par l'intermédiaire de la culasse et de la tôle épaisse supérieure; d'autre part, aux traverses de soubassement, par l'intermédiaire du piston, de la bielle, du vilebrequin et des paliers.

Dans son cheminement à travers la structure fixe, l'effort considéré sollicite seulement, à la traction répétée, deux soudures de force, à savoir celle qui assemble à la tôle épaisse supérieure les

tôles constituant le dessus des traverses de bâti, et celle qui assemble ces dernières tôles aux éléments coulés constituant le dessous de ces traverses. Ces soudures requièrent évidemment des précautions spéciales; elles sont exécutées sur bords chanfreinés, avec des électrodes Ductilend 55; les matières correspondantes, laminées ou coulées, sont étudiées en vue d'une haute soudabilité. Les autres soudures, sollicitées seulement, soit par les efforts d'inertie des masses alternatives, soit par des efforts secondaires ou le cheminement indirect des efforts principaux, sont beaucoup moins critiques et peuvent être traitées en conséquence.

Bâti et soubassement subissent un recuit de détente très soigné; spécialement pour réduire au minimum les déformations en cours d'usinage de ces pièces.

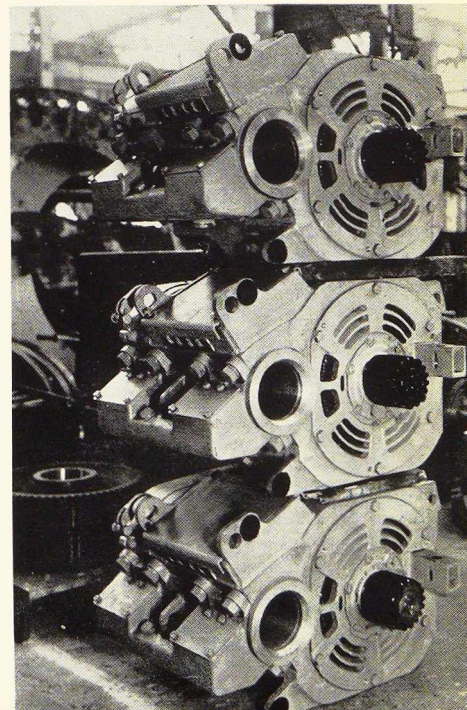
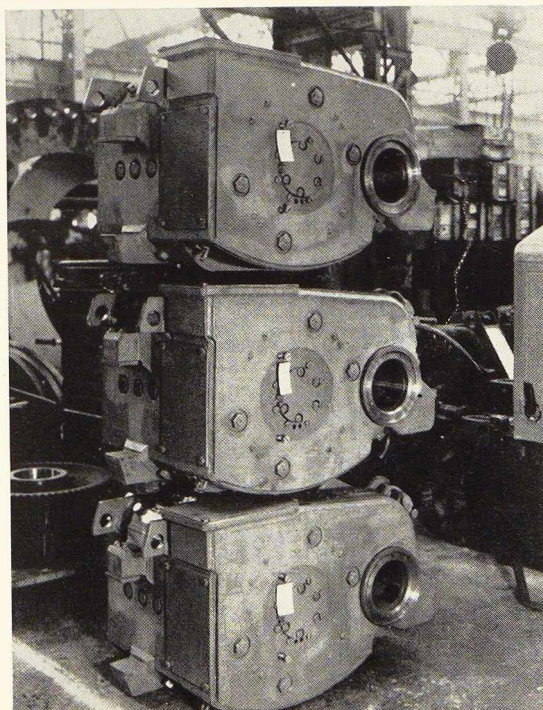
Ainsi, cette conception, essentiellement classique, a pour effet de soustraire le maximum de soudures aux sollicitations de fatigue directes; elle limite l'emploi des laminés aux grands éléments de forme simple, et celui de l'acier coulé à des pièces de petites dimensions de modelage aisé et économique, pouvant être exécutées en série. Elle constitue donc une solution rationnelle du problème.

4. Machines électriques

Signalons pour terminer que les A. C. E. C. ont également fait un large usage de la construction soudée ou mixte pour la fabrication des carcasses des moteurs de traction et des génératrices (fig. 8 et 9).

M. A. & P. L.

Fig. 8 et 9. Détail des carcasses de moteur de traction et des génératrices réalisées par les A. C. E. C.



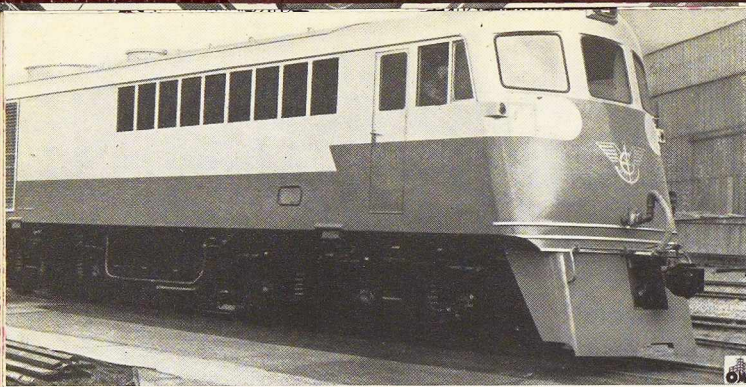


Fig. 1.

Photo « Photodocuments ».

Locomotives Diesel électriques pour le Congo belge

L'Office d'Exploitation des Transports Coloniaux (Otraco) a commandé récemment à la Société Baume & Merpent une série de huit locomotives de ligne (fig. 1).

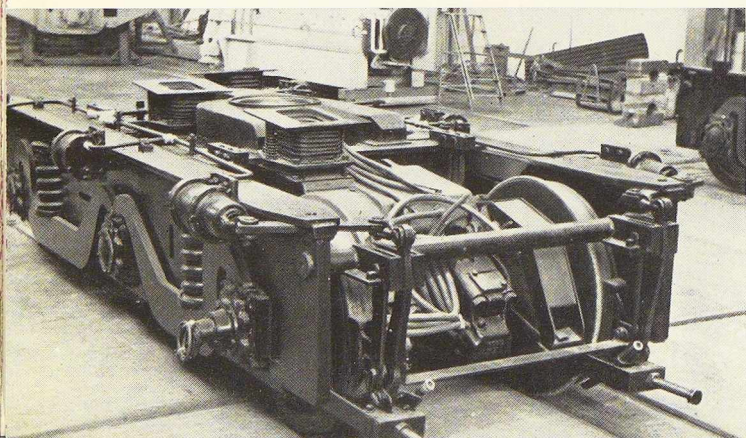
Ces locomotives, qui ont été construites par la S. A. Baume & Merpent en collaboration avec la Société d'Electricité et de Mécanique et la General Electric Co, sont destinées à assurer la remorque de trains de voyageurs et de trains de marchandises sur la ligne Matadi-Léopoldville qu'exploite la Société Otraco.

Les caractéristiques générales de ce matériel sont les suivantes :

Poids en ordre de marche	91 t
Voie	1 067 m
Nombre de bogies	2
Nombre d'essieux par bogie	3
Contenance du réservoir au gazoil	2 500 l
Effort maximum au démarrage	27 000 kg
Vitesse maximum en service	80 km/h
Effort de traction continu	12 000 kg
Attelage central automatique.	

La motorisation de la locomotive a été assurée en collaboration par la S. E. M. et la General Electric Co. Elle comporte :

- 1° Un Diesel Alco développant une puissance de 1 500 CV à la vitesse de 1 000 tours/minute;
- 2° Une génératrice électrique à courant con-



tinu accouplée au Diesel et alimentant six moteurs de traction placés dans les bogies;

3° Un ensemble complexe d'appareils spéciaux et d'instruments de mesure, de contrôle et de signalisation destinés à assurer la marche de la locomotive dans les meilleures conditions.

La locomotive est équipée d'un frein combiné permettant :

- a) Le freinage de la locomotive à l'air comprimé;
- b) Le freinage du train par le vide.

La caisse, tout en acier, est du type autoportant, c'est-à-dire que tous ses éléments participent à la résistance aux efforts verticaux et latéraux que subit la locomotive.

Elle comporte à l'avant une cabine avec de larges baies donnant au conducteur une vue bien dégagée de la voie.

Deux portes latérales donnent accès à la cabine; à l'arrière de celle-ci se trouve le compartiment de la machinerie dans lequel sont rassemblés tous les organes de la motorisation. Une paroi munie d'une porte sépare la cabine de la chambre des machines. L'air qui circule dans celle-ci ainsi que l'air aspiré par le Diesel sont débarrassés de toutes poussières grâce aux nombreux filtres placés dans les longs pans et visibles sur la photo.

Le châssis de la caisse est essentiellement constitué par deux grosses poutrelles et un plancher en tôle épaisse. Il repose sur les bogies au moyen de deux caissons transversaux. Les longs pans et la cabine sont formés par des cornières et des tôles. Tous ces éléments sont assemblés par soudure.

Chacun des bogies comporte trois essieux identiques en acier forgé sur lesquels sont calées des roues de 914 mm de diamètre au roulement. La caisse repose sur les essieux par l'intermédiaire des châssis de bogies qui sont essentiellement constitués par deux longerons en grosse tôle reliés transversalement par une épaisse traverse de pivot en acier moulé et par deux traverses extrêmes constituées par des ronds en acier.

Entre les essieux et le châssis de bogie se trouvent d'une part, la suspension constituée par des ressorts en hélice, et d'autre part, des balanciers équilibreurs qui s'appuient sur les boîtes à rouleaux des fusées d'essieu.

Ces locomotives peuvent éventuellement être accouplées pour fonctionner en unité simple ou double.

Fig. 2. Bogie à trois essieux motorisés.



Photo World-Wide.

Dr. D. B. Steinman,
Ingénieur-Conseil,
New-York

Le problème aérodynamique des ponts suspendus et sa solution

Première partie (1)

Cet article expose un problème qui s'est posé aux ingénieurs avec toute son acuité en 1940. Il a exigé la mise en commun des ressources de la science et de l'esprit d'invention pour donner une solution réclamée de toute urgence.

Le 1^{er} juillet 1940 le pont de Puget-Sound sur les gorges de Tacoma était achevé et ouvert au trafic. D'un coût de \$6 400 000, il se classait troisième parmi les plus grandes portées du monde avec sa travée principale de 2 800 pieds (853 m). Le 7 novembre de la même année, les oscillations du pont, au cours d'un coup de vent modéré, provoquaient la chute de la travée principale qui s'abîma dans l'eau, 208 pieds (63 m) plus bas (1, 2) (fig. 1 et 2).

Le phénomène n'était pas nouveau : un siècle plus tôt, l'action du vent avait détruit plusieurs ponts, notamment le « Brighton Chain Pier » en Angleterre en 1836, le « Wheeling Bridge » sur l'Ohio en 1854, le pont entre Lewiston et Quenston sur le Niagara en 1864 et le pont Niagara-Clifton aux chutes du Niagara, en 1889 (4). John A. Roebling (1806-1869) avait déjà signalé l'importance d'un raidissement des ponts suspendus et en tenait compte dans ses calculs, mais la génération suivante d'ingénieurs crut à la vertu de la souplesse sans songer à ses dangers. Ce renversement des tendances atteignit son apogée au pont de Tacoma, au malheureux destin (1, 2).

En fait, une vingtaine de ponts construits depuis 1930, ont subi des oscillations aérodynamiques dangereuses, et quelques-uns d'entre eux ont exigé l'application de mesures correctives pour obtenir la sécurité.

La décade 1930-1940 a témoigné de progrès très rapides dans la construction des ponts, en ce qui concerne l'augmentation des portées, la hardiesse des proportions, l'ampleur croissante des projets. Les cinq plus grandes portées du monde ont toutes été achevées au cours de cette décade et la portée record a été plus que doublée, passant de 1850 à 4 200 pieds (610 à 1 380 m).

Nous rendant compte qu'une solution scientifique complète de ce problème était requise, nous nous sommes attelés à cette tâche dès 1938 (1, 2). Dans ce but nous avons étudié les trois domaines de connaissances spécialisées en les complétant par de nouvelles recherches (12, 13) : la théorie des déformations des ponts suspendus, la science aérodynamique et l'analyse mathématique des vibrations.

Instabilité aérodynamique

Le 29 juillet 1944 se produisit un autre désastre. Un pont en treillis à deux travées continues, sur le Mississipi à Chester (Illinois) (fig. 3) fut soufflé à bas de ses piles par le vent.

L'accident du pont de Tacoma est un exemple de l'effet aérodynamique du vent tandis que l'accident du pont de Chester illustre l'effet aérostatique.

Depuis le désastre du pont sur la Tay en 1879 (en Ecosse), les ponts ont été projetés en tenant compte de la pression horizontale du vent. Mais les cahiers des charges et les manuels ne font pas mention de l'effet du vent ascendant connu déjà par les ingénieurs aéronautiques (3, 9).

Le pont de Tacoma offrait une sécurité convenable pour toutes les charges et toutes les forces pour lesquelles il avait été projeté : le poids mort, les charges roulantes, les effets de température et l'effet statique du vent. Il n'était pas étudié, cependant, pour les effets aérodynamiques du vent (1, 2).

Nous entendons par *instabilité aérodynamique l'effet produit par le vent sur une construction flexible donnant une résultante variable synchronisée dans le temps avec les mouvements harmoniques de la construction et dans la même direction que ceux-ci, ce qui provoque une augmentation progressive de ces mouvements jusqu'à une amplitude dangereuse ou destructive* (4).

Au matin de l'accident du pont de Tacoma, le vent de 35 à 42 miles par heure (56 à 67 km/h) produisait une pression horizontale d'un peu plus de cinq livres par pied carré (25 kg/m²) de surface verticale. Le pont avait été calculé pour une pression de vent de cinquante livres par pied carré (244 kg/m²) et présentait la sécurité voulue pour cette pression. Il fut cependant détruit par les effets dynamiques cumulés de la composante verticale correspondant à une pression horizontale de vent de cinq livres seulement par pied carré (1, 2).

La travée du pont de Tacoma a donc été détruite par la flexibilité extrême et la vulnérabilité de sa section transversale sur l'effet de forces dues au vent, produisant un accroissement cumulé des oscillations. Cette combinaison constitue l'*instabilité aérodynamique* (4).

(1) La deuxième partie de cette étude paraîtra au prochain numéro.

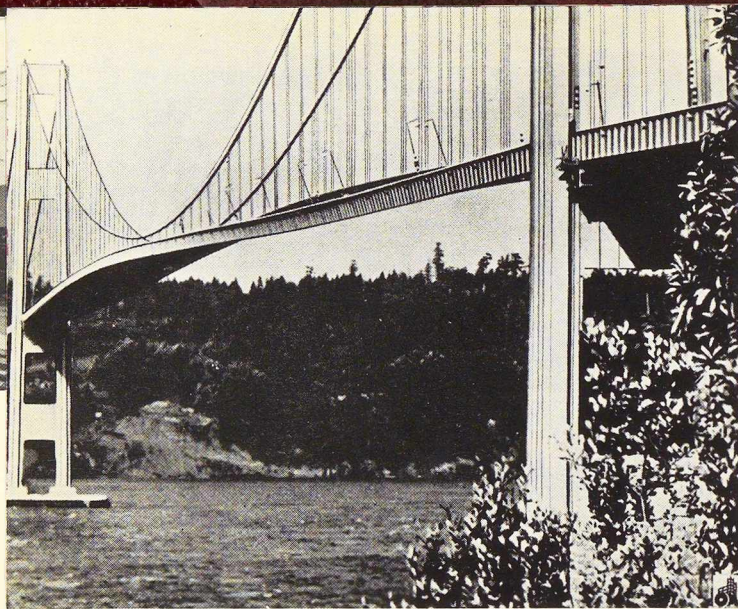


Fig. 1. Oscillations aérodynamiques catastrophiques du pont des Gorges de Tacoma, 7 novembre 1940. Amplitude maximum de l'oscillation complète : 28 pieds (8,55 m).

Phénomènes en rapport avec l'instabilité

Les problèmes de la stabilité aérodynamique ou hydrodynamique comportent l'étude de phénomènes d'instabilité tels que : le « chant » des fils téléphoniques; le « mouvement de galop » des câbles électriques de transport de force; les vibrations transversales des périscoopes de sous-marins, de câbles de remorquage et d'autres parties immergées de l'équipement d'un navire; les vibrations latérales de très hauts conduits de fumée; les oscillations verticales créées par le vent sur les conduites suspendues; le battement des ailes d'avions et des plans directeurs; les oscillations que le vent induit sur les travées flexibles d'un pont. Tous ces phénomènes sont en relation, en ce sens qu'ils impliquent tous des vibrations amorcées ou amplifiées par un apport d'énergie puisée au mouvement relatif du milieu fluide environnant.

Le problème d'instabilité résultant des oscillations

des ponts a probablement été le plus compliqué. Sa solution raisonnée a contribué à la solution de quelques-uns des problèmes d'instabilité connexes.

Ces problèmes de vibrations se classent en deux catégories de phénomènes d'instabilité : les oscillations entretenues et les auto-vibrations (10, 11).

a) Les oscillations entretenues

Dans une *oscillation entretenue* la force périodique de la fréquence propre du corps vibrant et l'amplification dépendent d'une résonance *accidentelle* ou d'un état proche de la résonance.

Les vibrations hydrodynamiques de corps cylindriques (vibrations connexes à l'émission des tourbillons) appartiennent à cette catégorie.

Oscillations hydrodynamiques d'un cylindre

Quand un cylindre se déplace à vitesse uniforme au travers d'un fluide, ou lorsqu'un courant permanent de fluide rencontre un cylindre fixe immergé, des tourbillons sont émis périodiquement à partir du cylindre, formant la piste des tourbillons de Karman. Une force latérale, non équilibrée, agit sur le cylindre chaque fois qu'un tourbillon se détache. Si le cylindre est libre de vibrer latéralement, les forces périodiques latérales peuvent le mettre en oscillations forcées avec une fréquence égale à celle des tourbillons. Si la fréquence des tourbillons est en rapport critique avec la fréquence naturelle N du cylindre, les vibrations de ce dernier peuvent atteindre une grande amplitude (10).

La fréquence f des tourbillons ne dépend que du diamètre d du cylindre et de la vitesse relative V du courant fluide par la relation simple :

$$f = S \times \frac{V}{d} \quad (1)$$

dans laquelle S est un coefficient sans dimension, déterminé pour la première fois par Strouhal en 1878. Pour des nombres de Reynolds compris entre 500 et 200 000, le nombre S de Strouhal peut être supposé pratiquement constant et pris égal à 0,20. Le rapport abstrait $f \frac{d}{V}$ ou son inverse $\frac{V}{fd}$ ou une expression similaire dans d'autres cas est le paramètre de base pour la mise en équation de tout phénomène de vibration en fonction de la vitesse du courant fluide. En cas d'auto-vibrations, comme dans les ponts, le paramètre correspondant est $\frac{Nb}{V}$ ou $\frac{V}{Nb}$ si N désigne la fréquence propre de vibration de la construction et b la largeur de la section transversale.

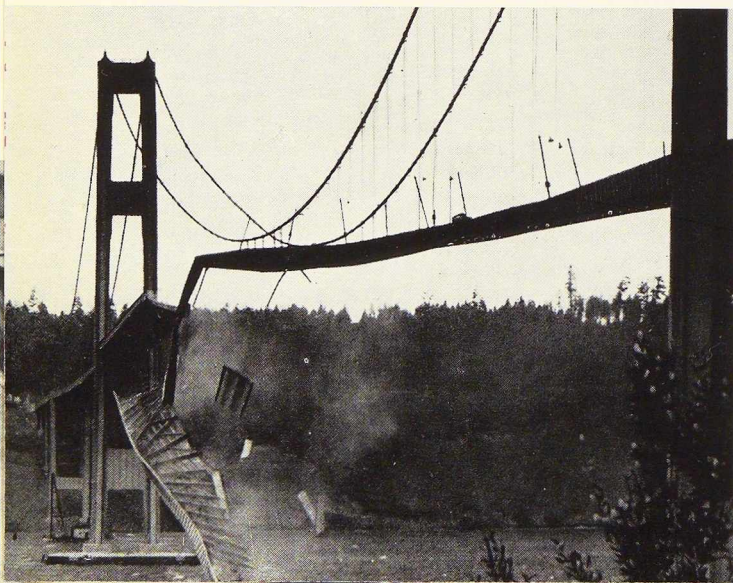
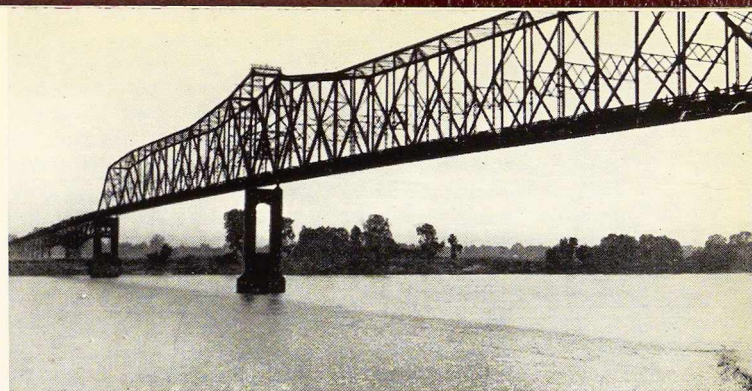


Fig. 2. Destruction aérodynamique du pont sur les Gorges de Tacoma, 7 novembre 1940.

Fig. 3. Pont continu en treillis sur le Mississippi à Chester (Illinois), détruit par le vent, le 29 juillet 1944.



La densité de circulation des tourbillons sur la piste est donnée par :

$$\Gamma = 1,71 V d \quad (2)$$

La densité de circulation autour du cylindre est, à chaque instant, la somme algébrique des densités de tous les tourbillons émis. Lorsque la vitesse V atteint sa valeur permanente, la densité de circulation autour du cylindre n'est pas $\pm \Gamma$ mais $\pm \frac{1}{2} \Gamma$. La force périodique résultante L agissant sur le cylindre est (10):

$$L \approx 1,71 \times \left(\frac{1}{2} V^2\right) d. \quad (3)$$

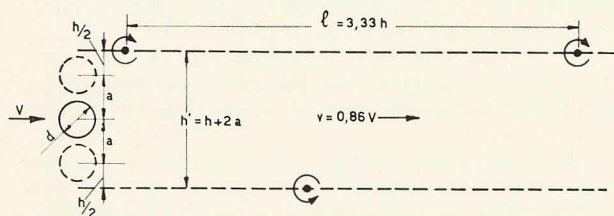


Fig. 4. Piste de tourbillons émis par un cylindre oscillant.

Cette force transversale L est à peu près deux fois plus grande que la poussée horizontale directe D . Comme les tourbillons sont émis et s'éloignent alternativement des deux branches du sillage, L est une force périodique de fréquence f appliquée au cylindre. Cette force L , qui agit vers le bas quand le tourbillon est émis au sommet de la section circulaire et vers le haut quand le tourbillon quitte la base de la section, est capable d'amorcer des oscillations à partir d'un état de repos ou de les amplifier jusqu'à un état permanent d'oscillation.

Il importe de corriger une erreur commune de conception. Les oscillations du cylindre (ou de toute autre section) ne sont pas causées ou produites par les tourbillons. Ceux-ci émis ne sont que des points, des marques ou des empreintes d'où nous pouvons déduire, formuler et chiffrer l'importance de la circulation autour du cylindre et les forces résultantes agissant sur ce dernier (10, 13).

Les résultats d'essais récents révèlent des modifications significatives des phénomènes lorsque le cylindre immergé est réellement en vibration. Si le cylindre oscille transversalement il émet un tourbillon à la fin ou près de la fin de ses plus grandes elongations (fig. 4). En conséquence, la largeur normale h de la voie des tourbillons est augmentée de l'amplitude totale ($2a$), soit dans le rapport :

$$q = \frac{h + 2a}{h}. \quad (4)$$

L'étude géométrique de la voie des tourbillons exige que la longueur d'onde entre deux tourbillons soit augmentée dans le même rapport. Donc la poussée D , la densité de circulation Γ et la force latérale L seront toutes augmentées dans le même rapport q . Le nombre S de Strouhal et la fréquence f des tourbillons seront réduits dans le rapport inverse (10).

En remplaçant L et f par leurs valeurs variables en fonction des valeurs L_0 et f_0 correspondant à une amplitude nulle, l'équation établie pour les amplitudes d'oscillation devient :

$$a = \pm \frac{q \times \frac{L_0}{K}}{1 - \left(\frac{1}{q} \times \frac{f_0}{N}\right)^2} \quad (5)$$

où K est la constante élastique (la force de réaction produite par un déplacement unitaire). L'équation (5) est donnée ici sous une forme simplifiée, avec omission du terme d'amortissements. Dans l'équation (5) q est une fonction de l'amplitude inconnue a . Pour faciliter les calculs numériques ou graphiques, l'équation (5) a été remplacée par un couple d'équations simultanées. La solution graphique appliquée à un exemple typique, donne les résultats pointés à la figure 5. Dans cette figure BF et DD sont les états permanents stables et EE l'état permanent instable. Le problème de la détermination de l'état stable ou instable et des amplitudes d'oscillation d'un cylindre (tel un périscope) vibrant dans un courant fluide de vitesse relative variable V s'était, antérieurement, refusé à toute solution mathématique. La figure 5 note et explique les résultats des essais antérieurs des laboratoires hydrauliques. Elle explique aussi l'anomalie suivante, maintes fois observée : à certaines vitesses (dans la région d'instabilité) un périscope peut osciller violemment (point F de la figure 5) ou, en d'autres circonstances, à la même vitesse, rester sans vibrer (point D de la figure 5) (10).

J'ai été sollicité en 1951 pour stabiliser un pont-conduite de 700 pieds (213 m) de portée sur la rivière Coosa en Alabama : sous des vents de faible vitesse, des oscillations verticales dangereuses menaçaient de détruire par fatigue la conduite suspendue à des câbles,

malgré divers dispositifs d'amortissement et de freinage (11). Je préconisai l'installation d'un léger système de haubans diagonaux en câbles, formant treillis entre chaque câble-porteur et la conduite suspendue (fig. 6). Cette solution économique a été pleinement couronnée de succès supprimant pratiquement les oscillations aérodynamiques. L'amplitude est descendue des valeurs de trois pieds observées précédemment au maximum actuel d'une fraction de pouce.

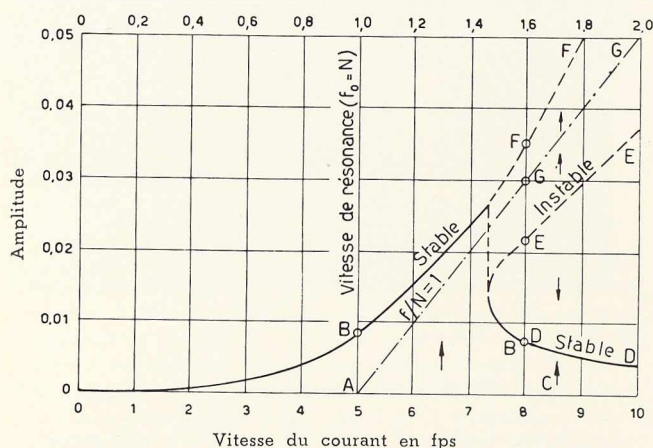


Fig. 5. Diagramme donnant les amplitudes des oscillations d'un cylindre, d'après la théorie des tourbillons (solution donnée par l'auteur au problème du périscope).

J'ai étudié diverses méthodes tendant à modifier les sections exposées des cylindres de manière à disloquer la circulation aérodynamique (Γ) sur la piste des tourbillons de Karman et à écarter ainsi la cause de l'instabilité dynamique du pont, diverses formes d'écrans et d'ailerons ont été essayées sur modèles en mes bureaux et au tunnel de la soufflerie de l'Institut Polytechnique de Virginie. Les devis estimatifs ont montré que l'installation de dispositifs de ce genre aurait coûté deux ou trois fois plus cher que le système adopté de simples haubans en câbles (11).

L'instabilité aérodynamique d'un cylindre doit être distinguée de l'instabilité aérodynamique d'une section transversale usuelle de ponts. Ce sont deux phénomènes

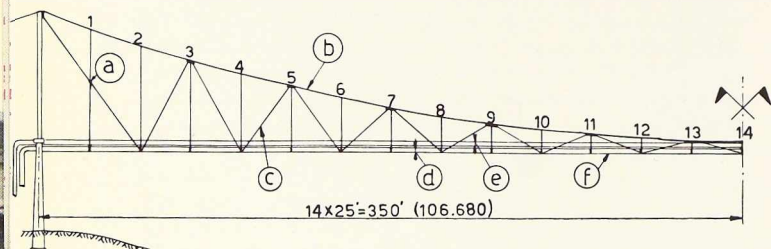


Fig. 6. Pont-conduite stabilisé par des haubans diagonaux en câbles (rivière Coosa, en Alabama, 1951). a. Collier. - b. Câble principal. - c. Diagonales. - d. Conduite de réserve. - e. Conduite de gaz. - f. Tirant d'air au-dessus des plus hautes eaux 30 ft (9,15 m).

distincts quoique les manifestations et les conséquences catastrophiques puissent être similaires : on doit appliquer les critères différents aux essais et l'analyse mathématique est complètement différente. Le problème de l'instabilité des ponts suspendus est plus difficile et la solution mathématique beaucoup plus compliquée.

On a parfois tenté d'expliquer les oscillations aérodynamiques des ponts suspendus par des « émissions » ou des « chocs » de tourbillons mais des recherches ou des spéculations de ce genre n'ont apporté aucune contribution utile à la solution scientifique et pratique du problème (12).

b) Autovibrations

Dans une autovibration, la force périodique qui amplifie et maintient l'oscillation est créée et contrôlée par cette oscillation elle-même. Dans ce cas, la force périodique excitatrice est *automatiquement* en résonance avec la fréquence propre (ou forcée) des oscillations. En de tels cas de résonance le décalage de phase ou la direction de la force excitatrice provoque la *stabilité* ou l'*instabilité* aérodynamique.

Le mouvement de galop des câbles givrés de transport de force, le battement des plans d'avions et les oscillations des ponts flexibles appartiennent à cette classe (5, 10).

Nous considérons d'abord l'autovibration de profils ou de sections de largeur relativement faible. Le type de ce problème est le « mouvement de galop » des câbles givrés de transport de force.

Certains profils ou sections exposés à un vent permanent (ou à un autre courant fluide permanent) créent des oscillations rapidement croissantes qui, chose singulière, sont transversales au vent. De tels profils ou sections sont dits *instables*. Citons comme exemples (fig. 7) un demi-rond avec la face plane au vent, une section simple té avec la table au vent, une plaque verticale plane, une section creuse en H ou en U etc. (5, 10).

Lorsqu'un vent R_1 incliné vers le haut (fig. 7) frappe la face verticale plane d'un tel profil, le point de vitesse nulle sur la plaque se trouve au-dessus de la mi-hauteur. Ce point marque la division du courant d'air de sorte que la plus grande partie du courant doit passer le long du coin inférieur de la section. Cette accumulation des lignes de courant donne lieu à un accroissement de vitesse et, par conséquent (d'après le théorème de Bernoulli) à une réduction de pression. Nous nous trouvons ainsi devant ce paradoxe : un vent R_1 incliné vers le haut (fig. 7) produit une force résultante R_2 inclinée vers le bas. Ce paradoxe se retrouve toujours avec les sections aérodynamiquement *instables* (10).

Dans le cas de ces profils élémentaires, un mouvement du profil vers le bas associé à un courant horizontal de fluide, produit un angle relatif d'incidence vers le haut (RR_1 , fig. 7). Celui-ci, à son tour, produit une pression résultante vers le bas (R_2 , fig. 7). Par conséquent, un profil *instable* subit, de la part du vent, une action résultante vers le bas quand il se déplace vers le bas et une action résultante vers le haut quand

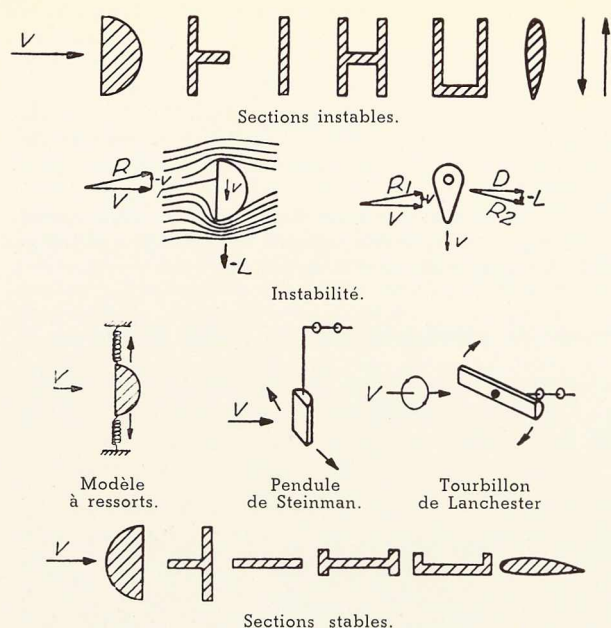


Fig. 7. Sections aérodynamiquement stables ou instables. Explication, classement et démonstrations élémentaires.

il se déplace vers le haut. L'oscillation est donc amplifiée. La force amplificatrice du vent ainsi créée est régie par l'oscillation de sorte qu'elle est automatiquement synchrone avec cette oscillation, agissant toujours dans la même direction qu'elle et toujours en parfaite concordance de phase avec la vitesse de l'oscillation (5, 10).

Le givre sur les lignes de transport de force tend à former une section allongée dans le sens vertical, qui appartient à la catégorie instable ($R_1 R_2$, fig. 7). Ceci explique les violentes oscillations, le « mouvement de galop » que subissent de tels câbles par grand vent, avec des amplitudes de grande destructivité. Des mouvements verticaux de 20 m (6 m) ont été observés. Divers dispositifs d'amortissement ont été imaginés pour réduire ou prévenir de telles oscillations. Leur grande amplitude montre que ces autovibrations et les oscillations de sections cylindriques résultant du jeu des tourbillons sont deux phénomènes tout à fait différents; l'amplitude des dernières est approximativement limitée à 1,5 diamètre.

En autovibration (fig. 7) la fréquence est la fréquence propre du système oscillant et est indépendante de la vitesse du vent. Un accroissement de la vitesse du vent augmente l'amplitude qui peut devenir catastrophique aux grandes vitesses (10).

Il est important de noter que les autovibrations sont toujours *perpendiculaires* à la direction du courant fluide. Des oscillations dans le sens du courant sont amorties par lui.

On présente une démonstration effective en montant le modèle de profil entre de légers ressorts (fig. 7). Lorsque le vent permanent d'un ventilateur est appli-

qué de face, la plus petite vibration, ou même un tremblement imperceptible, est rapidement accru (en progression géométrique) jusqu'à une violente oscillation d'amplitude maximum.

Le « pendule de Steinman » (fig. 7) donne une autre démonstration frappante. Le modèle du profil est monté verticalement sur une tige rigide de pendule suspendue à un axe parallèle au vent. Les oscillations amorcées à partir de l'état de repos sont bientôt transformées en des balancements du pendule, de grandeur étonnante.

Une démonstration encore plus instructive est fournie par le « Tourbillon de Lanchester » (fig. 7) : si le modèle d'un profil *instable* est monté au centre de l'appareil à la manière d'une hélice folle et exposé de front au courant d'air d'un ventilateur électrique, il prend rapidement un mouvement *accélééré* de rotation dans une direction opposée à la rotation du ventilateur.

La propriété caractéristique des sections *instables* est le *renversement* de la direction de la résultante. Un courant fluide incliné vers le haut contre la section immobile produira une action résultante *vers le bas*. Tout profil ayant cette caractéristique hydrodynamique est instable (5, 10).

D'autre part, certains autres profils montés de même sur ressorts ou sur pendule permettant les oscillations transversales, ne subiront pas d'oscillations croissantes si on les expose à un vent permanent ou à un autre courant fluide permanent. Toute oscillation forcée initiale sera amortie aérodynamiquement. De tels profils sont aérodynamiquement *stables*. La figure 7 donne en exemples un demi-rond avec la face convexe au vent, un simple T avec âme au vent, une plaque plane horizontale, une section peu profonde en H ou en V ou toute section en feuillet taillé suivant les lignes de courant. Chacune de ces sections, montée en roue folle et exposée de front au courant d'air d'un ventilateur électrique tournera uniformément dans la *même* direction que la rotation du ventilateur. Si le vent ne tourne pas, la section stable montée en roue folle ne démarrera pas d'elle-même et toute rotation donnée artificiellement sera ramenée au repos par le vent. La propriété caractéristique d'un profil stable est qu'un courant fluide incliné vers le haut contre le profil au repos produira une action résultante *vers le haut* (5, 10).

Essais en tunnel de soufflerie

Les essais en tunnel de soufflerie constituent une méthode scientifique pour la détermination des caractéristiques aérodynamiques d'un profil, pour son classement et l'appréciation de sa tenue en profil stable ou instable. Au cours d'un essai *statique* en tunnel, le modèle du profil est tenu immobile, sous divers angles successifs d'incidence. Les réactions aérodynamiques sont la portance, la traînée et le moment de la portance. En pointant les valeurs des coefficients abstraits C_D , C_L et C_M en fonction des angles d'incidence (α) on obtient respectivement les diagrammes des traînées et portances statiques et du moment statique (ou de torsion) (fig. 8) (10).

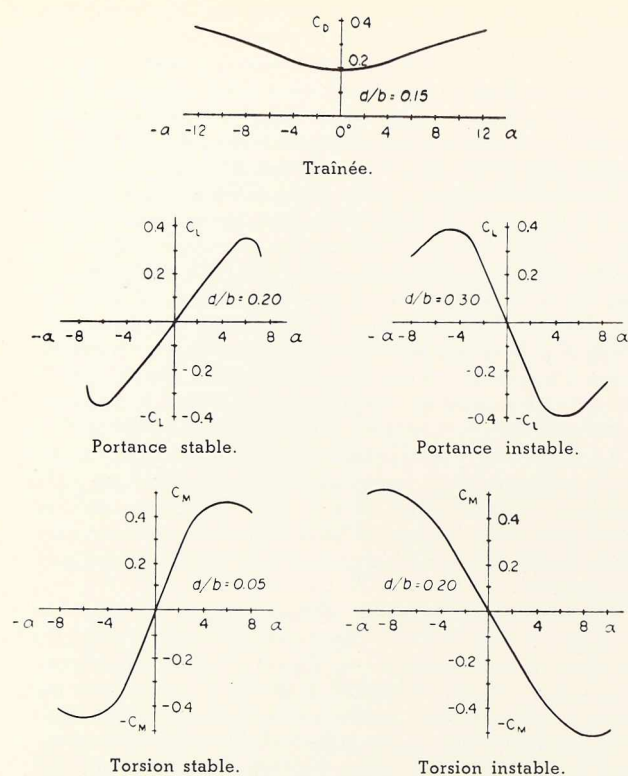


Fig. 8. Diagrammes de la traînée, de la portance et du moment pour des profils en H. Classement en sections stables ou instables.

Les ordonnées C_D , C_L et C_M des diagrammes sont définies par les trois équations fondamentales de l'aérodynamique (12)

$$D = C_D \left(\frac{1}{2} \rho V^2 b \right) \quad (6 a)$$

$$L = C_L \left(\frac{1}{2} \rho V^2 b \right) \quad (6 b)$$

$$M = C_M \left(\frac{1}{2} \rho V^2 b^2 \right) \quad (6 c)$$

Les inclinaisons des courbes de la portance et du moment (après correction tenant compte de la traînée) ont une signification spéciale : elles sont définies par (12, 13)

$$S_1 = \frac{\partial C_L}{\partial \alpha} \quad (7 a)$$

$$S_2 = \frac{\partial C_M}{\partial \alpha} \quad (7 b)$$

L'inclinaison de la courbe de la portance statique détermine le caractère de stabilité ou d'instabilité du profil dans le sens *vertical*. Un diagramme de portance avec une région centrale d'inclinaisons positives carac-

terise un profil aérodynamiquement *stable*. La stabilité verticale du profil sera d'autant plus grande que l'inclinaison de la tangente à la courbe est plus grande. Un diagramme de portance statique avec une région centrale d'inclinaisons négatives caractérise un profil aérodynamiquement *instable*. L'instabilité verticale est d'autant plus grande que l'inclinaison *négative* est plus grande (10, 12).

Des relations semblables concernant le diagramme du moment statique déterminent la stabilité ou l'instabilité angulaire de profils larges (13).

Instabilité aérodynamique de profils étroits

L'augmentation relative de l'amplitude a par période, où l'incrément logarithmique par période est défini par δ

$$\delta = \frac{\Delta a}{a} = \frac{\Delta W}{2W} \quad (8)$$

expression dans laquelle W est l'énergie totale du système oscillant. L'incrément logarithmique ou le degré d'amplification δ mesure le degré d'instabilité. L'incrément logarithmique δ appliqué à une amplitude initiale quelconque est comparable à un taux d'intérêts composés, cumulés à chaque oscillation (12).

Pour les oscillations purement *verticales* d'une section étroite (ou) d'une section large dans un vent de très grande vitesse (V) l'incrément logarithmique ou degré d'amplification est donné par :

$$\delta_1 = -\frac{1}{4} \times \frac{\rho b^2}{m} \times S_1 \times \frac{V}{Nb} \quad (9)$$

expression dans laquelle N est la fréquence des oscillations, b la largeur de la section, m la masse par pied linéaire de longueur, et ρ la densité de l'air (masse par unité de volume). Tous les facteurs de l'équation (9) sont sans dimensions (12).

Le facteur $\frac{b^2}{m}$ est le coefficient « densité-masse ». En y introduisant les valeurs standard de ρ et de g ce facteur se ramène à :

$$0,0766 \times \frac{b^2}{W}$$

si on adopte comme unité le pied et la livre (12).

Le facteur $\frac{V}{Nb}$ est la « vitesse réduite » ou le « coefficient de vitesse ». C'est le paramètre déterminant de toutes les études aérodynamiques (5, 12).

Le signe « moins » de l'équation 9 correspond à l'identification des profils instables. Si l'inclinaison S_1 est négative, l'incrément logarithmique δ_1 est positif, ce qui révèle une *amplification*.

Instabilité aérodynamique des profils larges

Ce problème est celui de l'instabilité aérodynamique des ponts flexibles, des tours flexibles et d'autres constructions (5, 10).



Le problème se divise en deux parties :

1. *Le problème de mécanique des solides* : pour déterminer à priori le mode normal et la fréquence propre des oscillations potentielles, ainsi que l'amplification que peut produire l'introduction d'une quantité donnée d'énergie.

La partie « *mécanique des solides* » du problème est relativement facile. Les équations fondamentales connues de l'analyse des ponts suspendus et de la mécanique des vibrations répondent à toutes les questions qui se posent et les équations finales, destinées aux applications pratiques s'expriment en formules très simples. Une simple intégration donne les formules qui répondent à toutes les questions relatives aux modes d'oscillations et aux fréquences, et ce d'une manière plus précise et plus rapide que les essais sur modèles à grande échelle les mieux préparées et les plus spectaculaires.

2. *Le problème de mécanique des fluides*: pour déterminer la valeur nette de l'énergie qu'un courant fluide permanent donné transfère à une surface oscillante donnée qui le limite, et pour déterminer les formes des profils limités qui réduisent le transfert d'énergie au minimum ou l'annulent.

La partie « *mécanique des fluides* » ou « *aérodynamique* » (10) du problème implique non seulement des applications nouvelles et de grande portée de principes connus, mais aussi l'extension du champ des recherches à l'étude et à l'établissement de nouvelles relations et de nouveaux principes.

Le problème correspondait à une situation critique et devait être résolu. J'ai mis au point une solution générale qui permet l'établissement et le contrôle des projets. Cette solution donne les coefficients de rigidité, les modes et les périodes des oscillations propres, les rapports entre vitesse et quantités d'énergie, les vitesses critiques du vent, les degrés d'amplification, les amplitudes limites, les critères des projets et des cahiers des charges, les méthodes permettant de prévoir, de contrôler, de freiner et de prévenir l'instabilité aérodynamique (12, 13).

Effets de différence de phase

Par rapport aux profils élémentaires étudiés précédemment, les profils larges introduisent dans le problème un nouveau facteur, qui est le temps requis par le courant fluide ou par une perturbation quelconque de ce courant, pour traverser la largeur du profil. Ceci introduit un nouveau facteur, de *différence de phase*. Une perturbation de courant, amorcée à l'arête conductrice prend un certain temps pour traverser la largeur et se trouve en présence d'une différence de phase qui croît progressivement durant la traversée du profil oscillant. Des stades différents du cycle d'oscillation sont rencontrés aux divers points de la largeur comportant des différences de vitesse et même des différences dans le sens du mouvement (10, 12).

Le problème ne pouvait pas être résolu sans ce prin-

cipe de base fondamental. L'expression élémentaire de l'énergie par cycle est :

$$\Delta W = \pi \times P \times a \times \cos \varphi \quad (10)$$

expression dans laquelle a est l'amplitude, P la force excitatrice synchrone et φ la différence de phase entre la force excitatrice et la vitesse du déplacement. Le facteur $\cos \varphi$ provient de la multiplication de deux vecteurs décalés de φ en direction ou en phase (correspondant au « facteur de puissance » qu'on applique au produit des volts par les ampères dans les courants alternatifs) (10, 12, 13).

Si dans les profils larges le courant fluide horizontal est animé d'une *grande vitesse*, les différences de phase à la traversée du profil deviennent relativement négligeables, de sorte qu'on obtient les mêmes équations directrices que pour les profils élémentaires de faible largeur. Une section *instable* (S_1 négatif) subira un effort résultant vers le bas si elle se déplace vers le bas et un effort résultant vers le haut si elle se déplace vers le haut. La force amplificatrice sera en phase avec la vitesse de déplacement d'où une valeur maxima de la quantité d'énergie ($\varphi = 0$ dans l'équ. 10). La région des grandes vitesses, pour laquelle la différence de phase devient négligeable, n'a pas de limite supérieure et s'appelle de ce chef la *région dangereuse* dans cette même zone des grandes vitesses (φ négligeable) un profil stable (S_1 positif) subira une résultante vers le haut s'il se déplace vers le bas et une résultante vers le bas s'il se déplace vers le haut. La quantité d'énergie sera négative (P négatif ou $\varphi = \pi$ dans l'équ. 10) de sorte que toute oscillation sera amortie (10, 12).

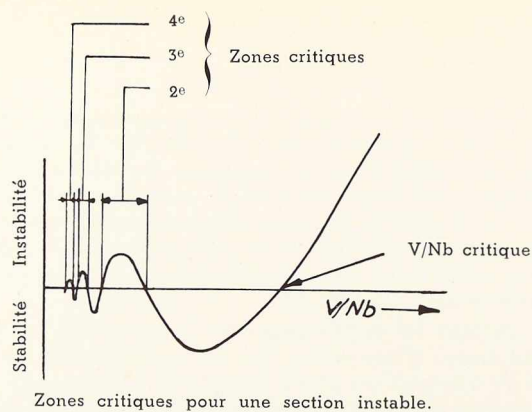
Il existe donc une différence d'importance primordiale entre les profils stables et instables, notamment, *un profil spécifiquement instable* (S négatif) *présente une zone critique supérieure illimitée*.

Toutefois les deux types de profils, présentent des zones critiques inférieures, avec une instabilité potentielle minima (fig. 9). Comme φ varie sur la largeur du profil, de zéro à l'arête conductrice (ou à proximité) où naît la perturbation aérodynamique, jusqu'à un maximum sur l'arête conduite, la quantité totale d'énergie sur le profil s'obtient en intégrant l'expression de l'équ. (10) sur la largeur totale. Si les termes positifs de ΔW (représentant une absorption d'énergie) l'emportent dans la sommation, le profil sera *instable*. Si les termes négatifs de ΔW (représentant de l'énergie dissipée) l'emportent, le profil sera *stable* (5, 10, 12).

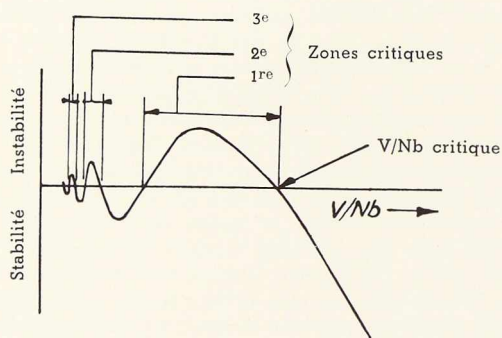
Par conséquent, la stabilité ou l'instabilité d'un profil ne dépend pas seulement de sa forme et de ses proportions, mais elle est aussi fonction de la vitesse V du vent. La différence totale de phase d'un bout à l'autre de la section, c'est-à-dire la fraction ou le multiple de la période, requis pour traverser la largeur du profil, est :

$$\frac{\varphi}{2\pi} = \frac{Nb}{V} \quad (11)$$

où V est la vitesse horizontale du courant fluide, N la fréquence des oscillations et le b la largeur du profil (voyez le nombre de Strouhal S_0).



Zones critiques pour une section instable.



Zones critiques pour une section stable.

Fig. 9. Zones critiques pour des sections stables ou instables. Zone dangereuse des sections instables et zones inférieures d'oscillations potentielles de faible importance.

Réciproquement, $\frac{V}{Nb}$ est la fraction ou le multiple de la largeur traversée au cours d'une période. C'est un coefficient abstrait, d'un usage commode, appelé en général « vitesse réduite ». Je le désigne par « coefficient de vitesse ». Toutes les vitesses critiques et l'étendue des zones critiques de vitesse s'exprime en fonction de $\left(\frac{V}{Nb}\right)$. Une valeur critique de $\left(\frac{V}{Nb}\right)$ marque la limite inférieure de la région catastrophique (fig. 9) (10, 12).

Une valeur infinie de V ou une valeur nulle de N correspondent au même cas limite de la différence de phase nulle. Ceci explique pourquoi la stabilité ou l'instabilité sous grande vitesse V de fluide correspond directement à la stabilité ou à l'instabilité révélée en tunnel de soufflerie sur un modèle fixe (N nul) (12).

Les relations et conclusions précédentes, que j'ai déduites et prévues par voie analytique ont été confirmées expérimentalement par d'autres chercheurs (19).

Stabilité et instabilité angulaires

Si nous passons des profils élémentaires de faible largeur aux profils larges, tels que les profils en H ayant les proportions d'une véritable section transversale de pont, nous devons considérer l'instabilité potentielle à la torsion aussi bien que l'instabilité dans le sens vertical. Le classement précédent est simplement étendu à ce cas, comme le montre la figure 10. Un vent incliné vers le haut, représenté par R , peut produire une portance résultante représentée par L_1 , L_2 ou L_3 , correspondant aux trois cas suivants d'instabilité : L_1 (cas idéal) stable verticalement et à la torsion; L_2 (le cas le plus fréquent) stable verticalement et instable à la torsion et L_3 (le cas le moins fréquent) instable verticalement et à la torsion (5,10). Les proportions de la section (définies par le rapport de la hauteur d à la largeur b pour une section H à éléments pleins ou par les caractéristiques de la section équivalente pour des éléments à treillis ouvert) déterminent le classement au point de vue stabilité

$$L_1 \text{ pour } \frac{d}{b} < 0,08 \quad L_2 \text{ pour } 0,08 \leq \frac{d}{b} \leq 0,24$$

$$\text{et } L_3 \text{ pour } \frac{d}{b} > 0,24. \quad (12)$$

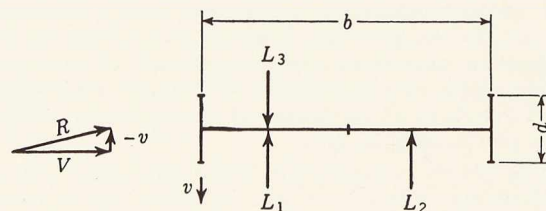


Fig. 10. Instabilité aérodynamique des sections larges. Résultantes des portances pour trois types de stabilité aérodynamique.

Le diagramme des essais statiques au tunnel (fig. 8) conduit au même classement : L_1 inclinaisons positives des courbes des portances et des moments; L_2 inclinaison positive de la courbe des portances et négative de la courbe des moments; L_3 inclinaisons négatives des deux courbes des portances et des moments. Ce classement détermine la stabilité ou l'instabilité spécifique du profil pour les oscillations verticales ou angulaires.

Les principes précédents ne nécessitent aucune modification ni aucun amendement pour l'étude des oscillations verticales. Ils servent à un classement et à une analyse préliminaires pour l'étude des oscillations angulaires de torsion mais doivent être complétés et modifiés par application des principes déduits ci-dessous de la conception de modèles courbes de profils (10, 13).

Emploi de modèles fixes inclinés

Par application d'un principe de relativité, le mouvement du profil (considéré comme une surface limite immergée) peut être remplacé par une inclinaison relative des lignes de courant du fluide ou par une

inclinaison relative de sens inverse de la surface limite. Dans les deux cas, la surface limite peut être supposée (et essayée) immobile (10, 13).

Si le profil subit une translation *verticale* à la vitesse V dirigée vers le bas, la représentation graphique (fig. 11) comporte simplement la composition de lignes de courant horizontales du fluide, espacées de $\frac{1}{V}$ avec des lignes de courant relatives verticales (vers le haut) espacées de $\frac{1}{v}$. Par cette composition graphique, les lignes de courant du fluide sont simplement inclinées vers le haut sous un angle positif d'incidence $\left(\frac{v}{V}\right)$. Au lieu d'incliner les lignes horizontales de courant du fluide vers le haut on peut, suivant un procédé équivalent, incliner le profil vers le bas du même angle $\left(\frac{v}{V}\right)$; ce qu'on obtient également (fig. 11) par la composition graphique des mêmes lignes de courant en changeant le sens des lignes verticales.

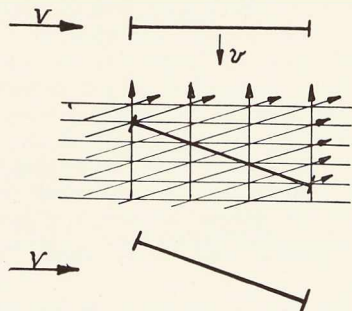


Fig. 11. Inclinaison du champ des lignes de courant en cas de mouvement vertical du profil. Modèle incliné pour les essais statiques au tunnel de soufflerie.

En conséquence :

Première analogie

L'inclinaison du modèle fixé dans un tunnel de soufflerie remplace les effets d'une vitesse verticale du profil.

Si le même raisonnement est appliqué à une vitesse *angulaire* de rotation du profil, la représentation graphique (fig. 12) comporte la composition des lignes horizontales de courant espacées de $\frac{1}{V}$ avec une série de lignes de courant circulaires concentriques à espacement variable $\frac{1}{2} \frac{b}{cv}$, expression dans laquelle v est la vitesse, vers le bas, de l'arête conductrice et c la distance de chaque filet liquide au centre. La composition graphique donne une série de lignes de courant circulaires concentriques, convexes vers le haut. La vitesse angulaire de rotation de la section est donc remplacée par un champ de lignes de courant courbes, telles qu'elles se produiraient dans un tunnel voûté, le modèle immergé du profil étant conservé fixe et inchangé. Un procédé équivalent à la courbure des lignes de courant consiste à donner au modèle

immergé du profil une courbure égale mais de sens opposé. Cette courbure est également donnée (fig. 12) par la composition graphique des mêmes lignes de courant en changeant la direction des lignes correspondant à la rotation. La courbe équivalente donnée au modèle immergé du profil est symétrique par rapport au centre de rotation, avec tangente horizontale en ce centre et tangentes inclinées à $\left(\frac{v}{V}\right)$ à chaque extrémité; le rayon de courbure est $\frac{1}{2} b \times \frac{V}{v}$.

En conséquence :

Deuxième analogie

La courbure du modèle fixe dans un tunnel de soufflerie remplace les effets d'une vitesse angulaire de rotation du profil. Avec le modèle courbe, comme dans la solution plus familière du modèle incliné, l'angle d'incidence ajouté à l'arête conductrice reste $\left(\frac{v}{V}\right)$.

Pour l'application de cette condition en tunnel, le modèle de profil doit être incurvé suivant la ligne circulaire (ou parabolique) définie ci-dessus avec tangente horizontale au centre de rotation et courbure variable en fonction des valeurs adoptées pour l'inclinaison à l'arête conductrice (l'angle d'incidence doit y correspondre à la vitesse angulaire de rotation). Cette incurvation s'appelle la « cambrure dynamique ». Une simple dérivation indique qu'elle est une parabole (15).

Les premiers essais en tunnel de soufflerie sur des modèles de sections de ponts ont été faits pour moi en 1947 à l'Institut Polytechnique de Virginie par F. J. Maher (19).

En l'absence de tels essais sur modèles incurvés, mes analyses des effets d'une vitesse angulaire avaient d'abord été basées sur les diagrammes statiques de moments obtenus sur des modèles droits, simplement inclinés au lieu d'être incurvés. Au point de vue qualitatif, les résultats et les conclusions sont les mêmes en substance, attendu que la perturbation principale du courant fluide incident résulte de l'angle effectif d'incidence sur l'arête conductrice. Au point de vue quantitatif, la correction des données du modèle droit par celles du modèle courbe se fait dans le sens d'une réduction de la stabilité angulaire ou d'une augmentation de l'instabilité angulaire.

Il y a lieu de noter que le modèle droit, incliné, a une double signification. Il représente l'effet d'une position inclinée α et aussi l'effet, identique, d'une vitesse verticale v . En conséquence, ces deux effets sont interchangeables dans les formules aérodynamiques, la relation d'équivalence étant simplement $\alpha = \frac{v}{V}$. Les effets peuvent être composés, en $\left(\alpha - \frac{v}{V}\right)$ avec, pour tous deux, les mêmes facteurs et les mêmes coefficients.

Le modèle incurvé représente l'effet de la vitesse angulaire de rotation α . La rotation d'équivalence est :

$$\beta = -\frac{v}{V} = -\frac{b \cdot \alpha}{2V}$$

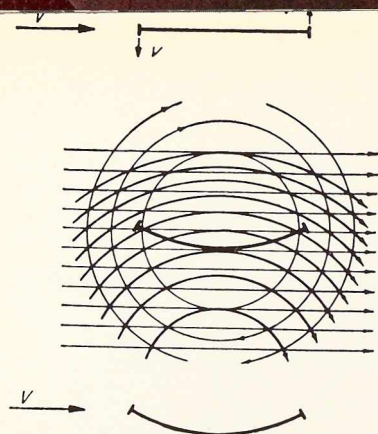


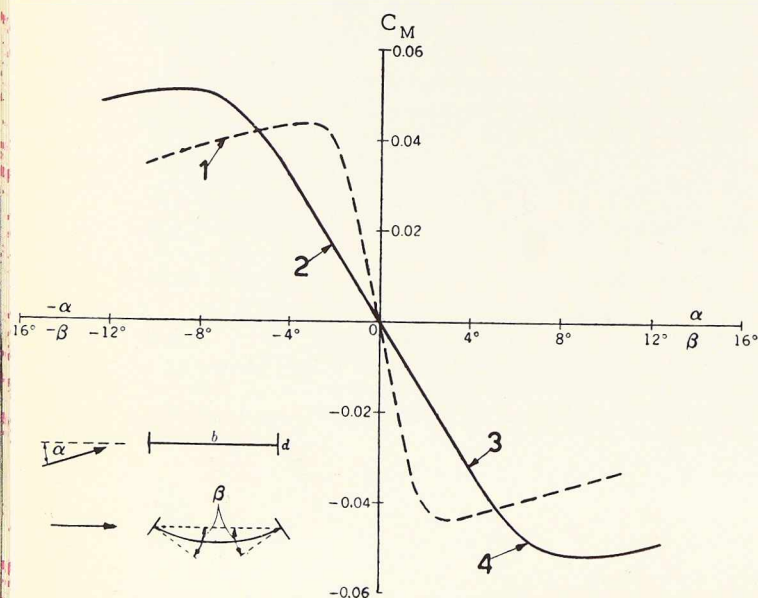
Fig. 12. Courbure du champ des lignes de courant en cas de mouvement angulaire du profil. Modèle incurvé pour les essais statiques au tunnel de soufflerie.

La figure 13 montre les diagrammes de portance statique déduits respectivement de modèles droits ou de modèles incurvés, pour une section en H de coefficient $\frac{d}{b} = 0,20$ (correspondant approximativement à la première section du pont de Tacoma) (13).

La figure 14 montre les diagrammes de moment statique déduits des mêmes modèles, droits ou incurvés (13).

Variations des pressions sur la section

Les courbes de répartition des pressions sur la largeur du profil peuvent s'obtenir expérimentalement par des lectures manométriques sur le modèle fixe dans le tunnel. De tels diagrammes, pointés au cours d'essais faits à ma demande en 1947 par le Dr Hunter Rouse en un tunnel miniature de l'Institut de Recherches hydrauliques de Iowa, sont montrés par les figures 15 et 16 (10). L'intégration ou la sommation algébrique des pressions sur la largeur totale b donne la portance ascendante positive ou négative L , ce qui permet de vérifier les valeurs données par les ordonnées



Conditions de bonne tenue aérodynamique des ponts

Mes études se résument en quelques formules très simples qui permettent de tracer à priori les courbes du degré d'instabilité pour toute section transversale donnée de pont sous toute vitesse de vent (14).

Pour l'instabilité verticale

$$\delta_1 = 0,002 B \cdot A \frac{V}{Nb} \quad (12)$$

où B est le facteur (constant) de largeur de la section, soit $B = \frac{b^2}{10}$, auquel on peut donner une valeur moyenne, normale de 0,25 (les unités adoptées étant le pied et la livre); $\frac{V}{Nb}$ est la vitesse relative du vent, c'est-à-dire la vitesse mesurée avec la largeur b comme unité de longueur et la durée $\frac{1}{N}$ d'une oscillation complète comme unité de temps; et A est le facteur aérodynamique (variable) que donne également une formule très simple :

$$A = - \int_0^1 p \cdot \cos \varphi dx \quad (13)$$

Fig. 14. Diagrammes des moments statiques d'après les modèles droits ou courbes d'une section en H ($d/b = 0,20$).

1. Courbe de torsion S_1 . - 2. Courbe de torsion S_2 . - 3. Modèle droit. - 4. Modèles incurvés.

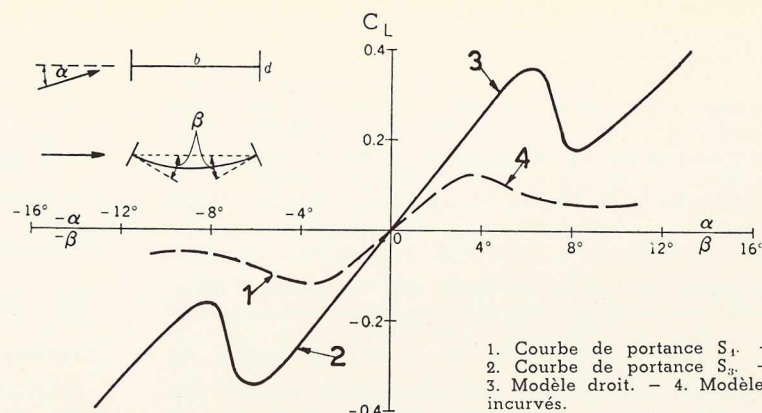


Fig. 13. Diagrammes de portance statique d'après les modèles droits ou courbes d'une section en H ($d/b = 0,20$).

l'intégration s'étendant à toute la largeur du profil dans cette expression p est l'ordonnée variable des diagrammes de répartition des pressions des figures 15 et 16 par unité d'angle d'incidence. Le facteur φ est le terme correcteur des différences de phase, comme expliqué ci-dessus. La différence de phase φ augmente en loi rectiligne de zéro à l'arête au vent jusqu'à un maximum $\varphi_1 = \frac{Nb}{V}$ à l'arête sous le vent du profil, de sorte que : $\varphi = X \times \varphi_1$. Ce facteur correcteur des différences de phase a une importance capitale. Il explique les variations, autrement inexplicables, des réactions aérodynamiques sous diverses vitesses de vent (12, 14).

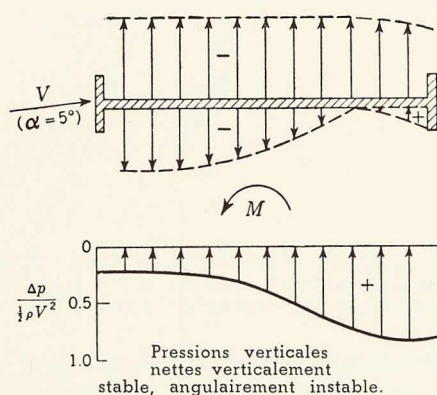


Fig. 15. Répartition des pressions aérodynamiques sur une section en H ($d/b = 0,16$) (section verticalement stable et instable angulairement).

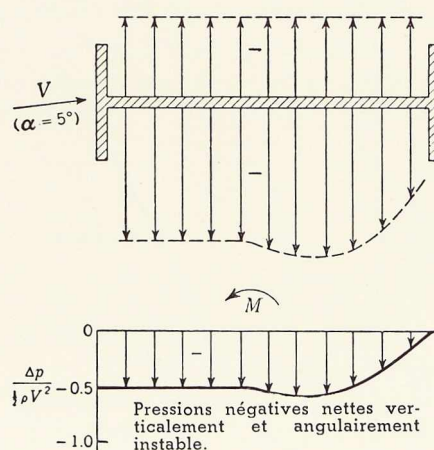


Fig. 16. Répartition des pressions aérodynamiques sur une section en H ($d/b = 0,33$) (section verticalement et angulairement instable).

On a tracé à la figure 17 les diagrammes d'instabilité verticale établis pour trois profils différents en H : un profil *stable* ($\frac{d}{b} = 0,16$) un profil *indifférent* ($\frac{d}{b} = 0,24$) et un profil *instable* ($\frac{d}{b} = 0,33$). Ces courbes ont été déduites directement des courbes correspondantes de la répartition des pressions (fig. 15 et 16) par la formule simple d'intégration de l'équation 13.

Les abscisses sont les vitesses relatives ($\frac{V}{Nb}$) et les ordonnées les coefficients d'instabilités aérodynamique ($\frac{\Delta V}{Nb}$) terme variable de l'équation 12 (14).

Un profil est dit, verticalement ou angulairement, *stable*, *indifférent* ou *instable* d'après sa réaction aérodynamique aux grandes vitesses de vent, dans la zone « dangereuse » des grandes vitesses. Le même profil présente d'habitude des zones alternantes, *moins importantes*, de stabilité et d'instabilité aux faibles vitesses de vent, comme le montrent les graphiques de la figure 17 (12, 13, 14).

Pour le coefficient de section 0,16 le diagramme montre la *stabilité* verticale est assurée dans la zone des grandes vitesses, à partir d'une vitesse critique $\frac{V}{Nb}$ de 2,7. Au-dessus de cette valeur, toute augmentation de la vitesse V du vent rend le pont plus stable, amortissant rapidement toute oscillation initiale. Au-dessous de ce coefficient de vitesse, existe une zone d'instabilité limitée, précédée de zones alternées de moindre importance aux faibles vitesses. La présence de ces zones moins importantes d'instabilité explique les oscillations du pont de Tacoma aux faibles vitesses de vent.

Pour le coefficient de section 0,33 le diagramme montre une zone dangereuse d'instabilité verticale commençant à une valeur critique de $\frac{V}{Nb}$ de 1,40 seulement avec des zones alternées de moindre importance aux vitesses plus faibles.

Pour l'instabilité *angulaire* (avant les corrections apportées par les essais sur modèles courbes) l'incrément logarithmique est donné par (14).

$$\delta_2 = 0,02 \frac{b^2}{2 r^2} \cdot B \cdot \frac{AV}{Nb} \quad (14)$$

Un seul facteur est ajouté à l'équation (12), c'est $\frac{b^2}{2 r^2}$ d'une valeur moyenne, normale, de 4,0 où r est le rayon de giration polaire de la masse du profil. La formule en A devient :

$$\Lambda = - \int_0^1 p \left(\frac{1}{2} - x \right) \cos \varphi dx \quad (15)$$

avec le nouveau facteur $\left(\frac{1}{2} - x \right)$ représentant le bras de levier de chaque ordonnée par rapport au centre.

La figure 18 montre les graphiques de réaction *angulaire* établis d'après l'équation 15 pour trois profils différents (14).

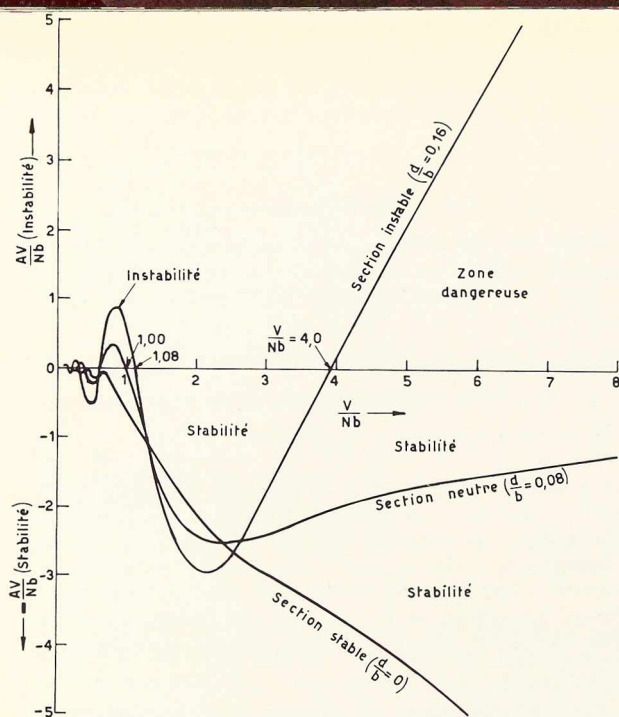


Fig. 17. Diagramme d'instabilité angulaire pour trois sections en H (section stable : $d/b = 0$, indifférente : $d/b = 0,08$, instable : $d/b = 0,16$).

Pour le coefficient de section $\frac{d}{b} = 0$ (plaque mince) le diagramme montre que la *stabilité angulaire* est assurée à toutes les vitesses du vent. (Cette section est également stable *verticalement* à toute vitesse de vent.) La seule instabilité possible résulte d'une *combinaison* d'oscillations verticales et angulaires (13).

Pour un coefficient de section 0,16 le graphique de la figure 18 montre une zone dangereuse rapidement ascendante (telle que celle qui détruisit le pont de Tacoma) à partir d'une valeur critique de $\left(\frac{V}{Nb}\right)$ égale à 4,0 avec des zones alternées de stabilité et de moindre instabilité aux vitesses plus faibles.

Pour le coefficient de profil *indifférent* 0,08 le diagramme montre que la *stabilité* est assurée à toutes les vitesses supérieures à la faible valeur critique 1,0 de $\frac{V}{Nb}$ avec de faibles sauts aux vitesses plus faibles, représentant une instabilité négligeable, facilement annihilée par l'amortissement interne normal de la construction. Dans ce cas, la région asymptotique du profil indifférent est sous l'axe des abscisses et signifie stabilité, tandis que, à la figure 17 elle était au-dessus de l'axe et signifiait instabilité (limitée).

Il est possible d'obtenir, avec une exactitude suffisante, une réponse à toutes les questions pratiques sans devoir recourir aux courbes de la répartition des pressions. En utilisant les diagrammes simples de la poussée statique et du moment, du profil, on calcule et on trace par une autre méthode les courbes des réactions aérodynamiques (15).

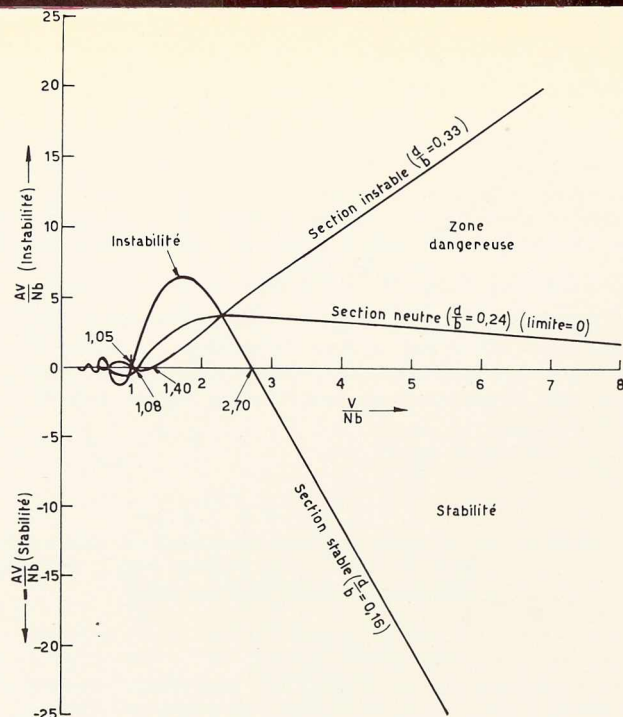


Fig. 18. Diagramme d'instabilité verticale pour trois sections en H (section stable : $d/b = 0,16$, indifférente : $d/b = 0,24$, ou instable : $d/b = 0,33$).

Des séries intéressantes de tels diagrammes ont été établies sur ma demande par le professeur F. J. Maher, par des essais au tunnel de la soufflerie de l'Institut Polytechnique de Virginie. Ils s'appliquent à des profils en H, à des profils de platelage et à d'autres sections diverses. Les figures 19 et 20 réunissent des diagrammes typiques de poussée verticale et de moment pour diverses sections en H. Les inclinaisons des tangentes à ces courbes donnent, pour chaque angle d'incidence, le critère et la mesure de la stabilité aérodynamique (15, 16).

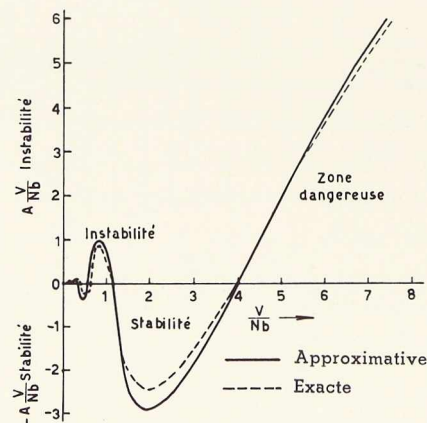


Fig. 21. Comparaison des diagrammes d'instabilité pour une section en H ($d/b = 0,16$) obtenus par des méthodes exactes ou approchées.

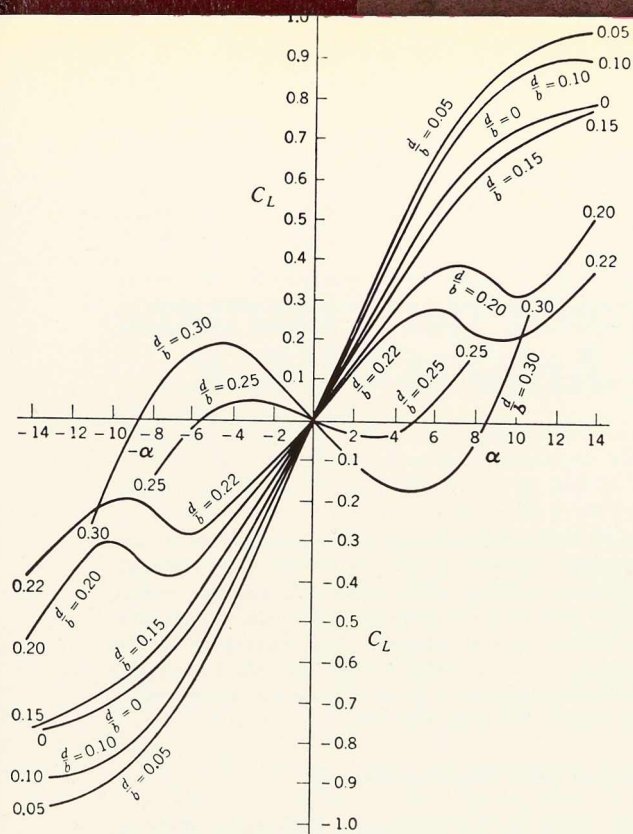


Fig. 19. Diagramme type de portance statique pour des sections en H (d/b de 0 à 0,30).

Si S_1 est l'inclinaison du diagramme des poussées et S_2 celle du diagramme des moments; S_1 est une mesure de la poussée résultante sur le profil et $e = \frac{s_2}{s_1}$ est l'excentricité de la résultante, sa distance à l'axe (15).

Si on suppose les pressions réparties en loi rectiligne sur la largeur de la section, les ordonnées finales p_0 et p_1 sont données par la relation simple :

$$p_0 = s_1 + 6 s_2, \quad p_1 = s_1 - 6 s_2 \quad (16)$$

Si cette loi rectiligne de p est introduite dans les équations 13 et 15 à la place de la loi réelle de réparti-

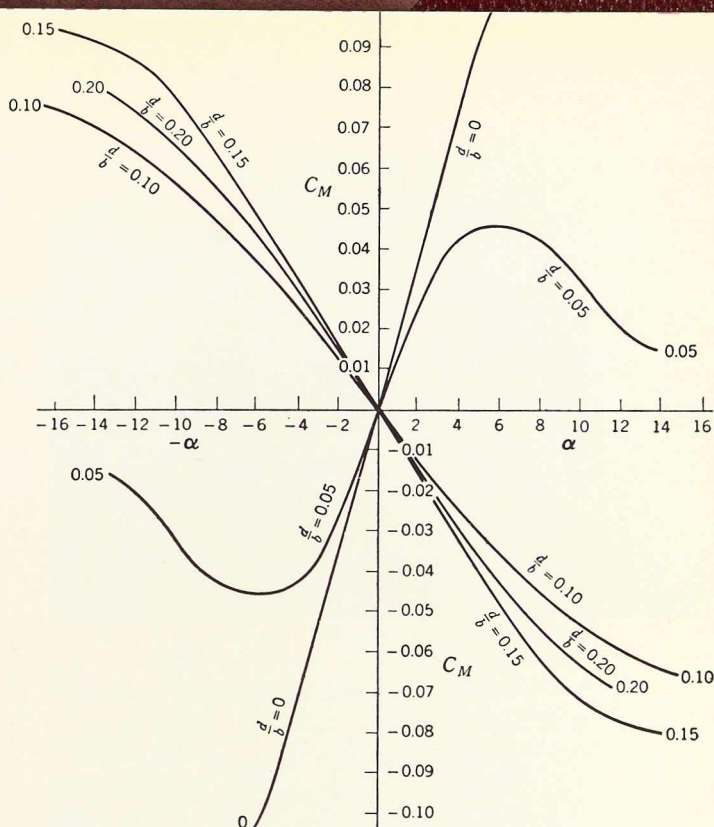
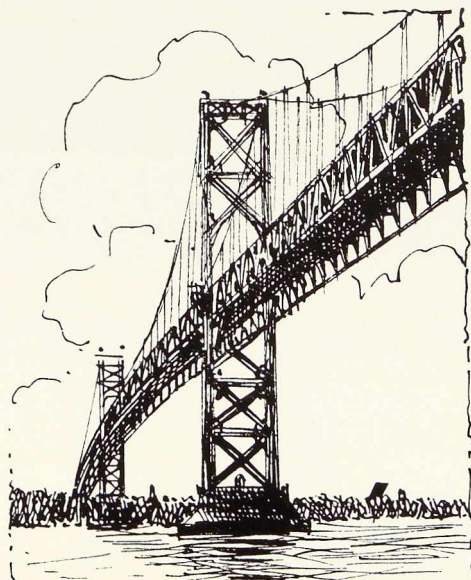


Fig. 20. Diagramme type de moment statique pour des sections en H (d/b de 0 à 0,20).

tion des pressions indiquées aux figures 15 et 16, on obtient des résultats à peu près identiques d'où l'on peut déduire des graphiques de réactions aérodynamiques suffisamment exacts et parlants pour tous les besoins de la pratique. On donne à la figure 21 une comparaison des diagrammes d'instabilité angulaire obtenus par les deux méthodes en utilisant les deux groupes de résultats d'essais donnés par deux laboratoires différents pour un profil en H de coefficient $\frac{b}{d} = 0,16$. La différence est pratiquement négligeable (15).

D. B. S.

Les chiffres entre parenthèses renvoient à la bibliographie qui sera publiée au prochain numéro.



Le texte de la deuxième partie de cette étude, qui paraîtra dans le No 11-1954, de *L'Ossature Métallique*, sera envoyée gratuitement à nos lecteurs sur demande adressée au C. B. L. I. A.



Fig. 1

On a construit récemment à Los Angeles une nouvelle gare maritime aux dimensions quelque peu « gigantesques » toujours en faveur sur la côte du Pacifique.

Cette gare dont le coût s'est élevé à \$ 8 250 000 (plus de 410 millions de francs belges) a été concédée par le Département Portuaire de Los Angeles à la *Matson Navigation Company*.

Les travaux commencés en novembre 1949 ont été entièrement terminés en juillet 1953.

La nouvelle gare comprend des bureaux d'une superficie de 4 000 m², une série de locaux à destination des voyageurs et des visiteurs ainsi qu'un

La nouvelle gare maritime de Los Angeles (U. S. A.)

grand hangar pour marchandises. Un vaste emplacement devant le bâtiment de la gare est aménagé en parking pour 4 000 voitures. La circulation automobile est en effet très dense pendant les arrivées et les départs des paquebots de la Compagnie. Dans l'intervalle l'emplacement du parking peut être utilisé comme dépôt de marchandises en plein air.

Hangar pour marchandises

Du point de vue technique ce hangar constitue incontestablement la partie la plus intéressante



Photo W. Eccles.

Fig. 2. Vue générale de la nouvelle gare maritime de Los Angeles. Les travaux, dont le coût a dépassé 8 millions de dollars, ont été achevés en moins de 4 ans.

Fig. 3. Intérieur du hangar pour marchandises. L'ossature métallique est constituée de portiques soudés de 60 m de portée.

de la gare. L'ouvrage mesure $368,50 \times 61$ m.

La charpente métallique du hangar se compose d'une série de portiques soudés, pesant chacun 33 t, espacés de 9,60 m d'axe en axe et dont la portée atteint 61 m. Tous les murs extérieurs sont réalisés en béton.

Un mur de refend en béton pourvu de deux portes automatiques « coupe-feu » sépare le bâtiment en deux parties de 214,80 m et 153,70 m de longueur respectivement. L'acier de l'ossature est resté apparent. Des précautions contre l'incendie sont assurées par des extincteurs automatiques répartis à travers tout le hangar, des lances d'arrosage branchées sur les canalisations d'eau de la ville ainsi que par un réservoir surélevé d'une capacité de 340 m³ d'eau.

Le hangar est pourvu d'appareils modernes pour le levage et la manutention des marchandises.

Les navires de la Matson Line accostent à un quai établi devant le hangar aux marchandises. Ce quai d'une longueur de 500 m et d'une largeur de 21,35 m, porte deux voies de chemin de fer.

La partie arrière du quai, construite sous le hangar, est fondée sur pieux en béton armé, dont la longueur totale dépasse 16 000 m. Un revêtement bitumeux protège les pieux contre l'action agressive de l'eau marine.

Le quai est pourvu de défenses classiques, en bois créosoté. Les diverses conduites (essence, huile, eau, etc.) sont logées sous le tablier en béton du quai.

Bureaux

Trois étages de l'extrémité Nord du bâtiment sont occupés par les bureaux de la Compagnie. Ces bureaux, clairs et spacieux, couvrent une superficie totale de 4 000 m².

Toutes les cloisons sont suspendues au plafond et de ce fait ne s'appuient nulle part sur le plancher.

Les murs des bureaux ont reçu un enduit de tons pastel d'un très heureux effet. Les plafonds sont constitués au moyen de dalles perforées ayant une bonne isolation acoustique. Les sols sont recouverts de linoléum; quant aux portes, elles sont en acajou.

Fig. 4. Vue montrant une partie de rampes et escalators pour passagers.



Locaux et installations pour passagers

Les passagers ont à leur disposition une salle d'attente, luxueusement aménagée. Cette salle, qui mesure $48,80 \times 10,70$ m possède sa propre installation de chauffage central et de ventilation. Elle peut contenir une centaine de personnes assises.

L'éclairage et la décoration de la salle d'attente ont été soigneusement étudiés pour donner aux voyageurs venant des Iles Hawaï ou de l'Extrême-Orient une ambiance de bienvenue à leur arrivée à Los Angeles.

Au rez-de-chaussée, les passagers disposent d'un grand hall d'entrée mesurant près de 500 m² et d'une grande salle des pas perdus de 200 m². La circulation verticale vers l'étage est assurée par des rampes de cinq escalators, dont deux sont prévus pour un débit horaire de 5 000 personnes et trois pour un débit de 8 000 personnes.

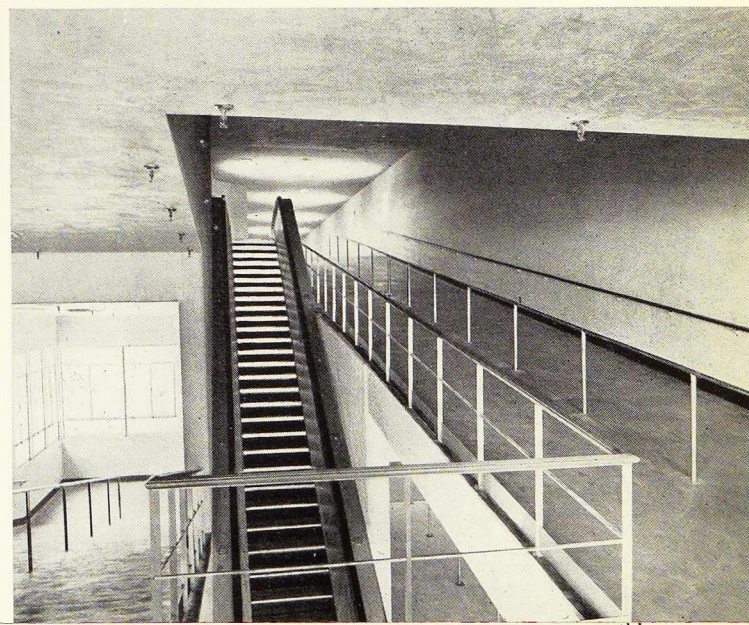




Fig. 5. Vue de la luxueuse salle d'attente, d'une décoration ultra-moderne.

Photos W. Eccles.

les taxis et les voitures privées peuvent accéder directement à la rampe principale se trouvant dans le hangar d'où ils peuvent gagner sans encombre la salle des pas perdus et la salle d'attente de l'étage. Signalons également que non loin de la gare maritime se trouve un héliport à l'intention des voyageurs arrivant par hélicoptère.

Équipement électrique

Toute la gare maritime est desservie par le réseau électrique de la Ville de Los Angeles sous une tension de 32 kV, 60 cycles, au moyen de canalisations souterraines. La cabine de haute tension, située à l'arrière du hangar pour marchandises, abaisse cette tension à un système triphasé de 480 volts.

Un disjoncteur principal de 1 200 ampères assure la sécurité de l'installation. De la cabine, le courant est amené à trois cabines de transformation souterraines se trouvant à l'intérieur du hangar et ensuite à différents tableaux de distribution.

La gare est pourvue d'un puissant éclairage pour les opérations nocturnes de manutention des marchandises.

Les routes d'accès et les routes autour de la gare sont éclairées par des sources d'éclairage d'un bel effet décoratif.

De son côté, le parking est abondamment éclairé en vue de pouvoir l'utiliser également comme dépôt en plein air.

*
**

La nouvelle gare maritime de Los Angeles est une construction imposante qui fera date dans l'histoire du port.

L'influence primitive espagnole, si vivace encore en Californie, a imposé son cachet à l'aspect extérieur du bâtiment. Les murs sont en crépi de ton corail, tandis que le toit est recouvert de tuiles de différentes tonalités. Le bâtiment, qui est rehaussé d'une tour pourvue d'une horloge-carillon, forme un ensemble d'aspect agréable encore que la facture architecturale selon une revue américaine, ne cadre pas tout à fait avec l'aspect d'un port moderne.

Fig. 6. Le premier bateau amarré devant le hangar de la nouvelle gare maritime.



Bibliothèque

Nouvelles entrées (1)

Calcul des grandes ossatures réticulaires à nœuds rigides

par C. FERNANDEZ CASADO
et J. L. FERNANDEZ CASADO

Un volume relié de 496 pages, format 16 × 25 cm, illustré de 380 figures et 102 planches, édité par Dunod, Paris 1954. Prix : 4 200 francs français.

MM. Mauroux et Esteller, ingénieurs d'études aux Entreprises L. Chagnaud, viennent de traduire cet important ouvrage espagnol consacré à la systématisation de la méthode de Cross.

Le mérite particulier du livre est de résoudre le problème de l'ossature par un grand nombre d'études intermédiaires qui facilitent la compréhension de la méthode et de donner d'autre part de nombreux exemples. Les lecteurs qui pratiquent déjà la méthode de Cross apprécieront de voir le domaine des structures dans l'espace plus complexe recevoir un développement justifié, tant au point de vue théorique qu'à celui de l'application.

Complété par des exemples, des tableaux de calcul et des abaques, présenté de façon essentiellement pratique, cet ouvrage rendra de grands services aux ingénieurs pour l'établissement des projets d'ouvrages réticulaires.

Petit Compendium des Poids et Mesures

par Ch. MANHEIM

Un ouvrage de 100 pages, format 12 × 20 cm, édité par l'Agence Economique et Financière, Bruxelles 1954. Prix : 50 francs.

Dans cet ouvrage, préfacé par le Professeur Baudhuin, l'auteur a réuni et répertorié un grand nombre des mesures du système anglo-américain en indiquant leur équivalent dans le système métrique. Des tables de conversion sommaires permettant de convertir les principales d'entre elles par une simple addition.

Fonds National de la Recherche Scientifique Vingt-sixième Rapport Annuel 1952-1953

Un ouvrage de 232 pages, format 16 × 24 cm, édité par le F. N. R. S., Bruxelles 1953.

Ce volume contient le rapport de l'activité du Fonds National au cours de l'année académique

(1) Tous les ouvrages analysés sous cette rubrique peuvent, soit être consultés en la salle de lecture du C. B. L. I. A. 154, avenue Louise à Bruxelles, soit être envoyés en communication sur demande.

1952-1953. Il donne la liste des subsides et crédits alloués aux différentes recherches ainsi que la liste des auteurs.

Das elementare Ornament (L'ornement élémentaire), 3^e édition

par W. VON WERSIN

Un ouvrage de 68 pages (dont la moitié réservée à des figures) format 22 × 29 cm. Edité par Otto Maier, Ravensburg, 1953. Prix : 16 DM.

Il suffit de parcourir les pages de figures pour se rendre compte de l'esprit qui a présidé à la mise au point de cet ouvrage. Les divers objets représentés ne sont unis entre eux par aucun lien folklorique ou historique, mais seulement par une idée artistique.

Une introduction et les légendes aident à la compréhension des images.

Les photographies sont de M. W. M. Crak. Quant aux dessins ils sont dus à la plume de M. H. von Wersin.

Engineering Steels (Aciers pour construction)

par L. AITCHISON et W. I. PUMPHREY

Un volume relié de 924 pages, format 14 × 22 cm, illustré de 224 figures, édité par Macdonald & Evans Ltd. Londres 1953. Prix : £ 5.5.0.

Ce monumental ouvrage est un traité scientifique et pratique des propriétés des aciers. Il étudie les principes qui régissent le choix d'une nuance d'acier pour un usage déterminé.

Les différents chapitres fournissent une documentation précise et mise à jour sur les problèmes suivants : Travail à chaud — Traitements thermiques — Propriétés mécaniques et essais mécaniques — Aciers au carbone — Aciers alliés — Aciers travaillés à froid — Aciers à outils — Trempe superficielle — Aspects métallurgiques de soudure et de brasure — Usinage — Récupération des mitrilles — Protection contre la corrosion.

L'ensemble forme un volume du plus grand intérêt qui trouvera sa place dans la bibliothèque de nombreux ingénieurs.

Modern Electroplating (Electro-plastie moderne)

par Allen G. GRAY

Un volume relié de 563 pages, format 15 × 23 cm, illustré de nombreuses figures, édité par John Wiley & Sons, Inc. New York 1953. Prix \$ 8.50.

Ce volume, patronné par la Société Electrochimique de New-York et publié sous la direction de M. Allen G. Gray, constitue un recueil de travaux de 39 spécialistes américains. Il traite des multiples aspects tant théoriques que pratiques de l'électro-plastie et constitue une documentation, entièrement à jour, des différents procédés de cette technique.

Temperature Measurement in Engineering
(Mesures de température en mécanique),
Vol. I

par H. Dean BAKER, E. A. RYDER et N. H. BAKER

Un volume relié de 180 pages, format 15 × 23 cm, illustré de nombreuses figures, édité par John Wiley & Sons Inc. New York 1953. Prix : \$ 3.75.

Ce volume constitue un vade-mecum pratique pour les techniciens, chargés des mesures industrielles. Les auteurs exposent tout d'abord les différentes méthodes en usage. Ils s'étendent ensuite en détails sur la technique des thermocouples. On trouve en outre des renseignements intéressants sur les revêtements protecteurs, les métaux résistant à la chaleur et à la corrosion, les ciments et les produits réfractaires, etc.

Manuel pour la branche du fer (Volume II)

Un volume relié de 513 pages, format 15 × 21,5 cm, illustré de nombreuses figures. Edité par Küderli & Co., Zurich et Bâle, 1954. Prix : 28 francs suisses.

Ce manuel dont tous les textes sont donnés en français et en allemand comporte douze chapitres.

Les titres des chapitres sont :
Fer et Acier — Demi-produits — Fil machine — Fers de constructions — Fers marchands — Feuillards — Larges plats — Tôles — Tubes — Aciers inoxydables — Métaux — Statique et résistance des matériaux.

Pour la mise sur pied de cet excellent livre, la Firme Küderli a bénéficié de la collaboration de savants et praticiens suisses éminents.

Le chapitre « Statique et résistance des matériaux », rédigé avec le concours du Professeur Dr. F. Stüssi, mérite une mention spéciale.

Comparaison des nuances d'aciers d'usage courant dans les pays de la C. E. C. A.

Un ouvrage à feuillets mobiles, format 17 × 22 cm. Edité par le Colime (Comité de Liaison des Industries Métalliques Européennes), 1954. Prix (en Belgique) : 85 francs.

Ce recueil a été établi par le Comité de Liaison des Industries Métalliques Européennes (Colime). Son but est de permettre aux utilisateurs

de se procurer dans un pays quelconque de la C. E. C. A. des produits sidérurgiques conformes aux spécifications de celui-ci, sans se heurter aux difficultés provenant de l'absence actuelle d'unification européenne des définitions et désignations des nuances d'aciers.

Les premiers tableaux de correspondance publiés concernent les nuances d'aciers courants. Ils seront suivis par d'autres tableaux pour les aciers à haute limite élastique, pour les aciers de traitement thermique, etc.

L'Instabilité en mécanique (Automobiles - Avions - Ponts suspendus)

par Y. ROCARD

Un ouvrage de 240 pages, format 14 × 22,5 cm, illustré de 92 figures. Edité par Masson et C^o, Paris. Prix : 1 200 francs français.

L'étude du Professeur Rocard se présente comme une tentative pour réunir en un seul corps de doctrine toutes sortes de possibilités de mouvements auto-oscillants, dont l'importance pratique est considérable.

Dans son livre, l'auteur montre comment on doit appliquer la doctrine de la stabilité mécanique à divers problèmes suffisamment proches de la réalité pour mériter de voir la théorie confrontée avec les faits.

Dans le cas des ponts suspendus M. Rocard aboutit à une formule pratique explicite donnant la vitesse critique du vent tolérable par le pont.

Les petites turbines à gaz

par H. LANOY

Un ouvrage de 128 pages, format 14 × 22 cm, illustré de 64 figures. Edité par Girardot & C^o, Paris, 1954. Prix : 870 francs français.

Dans cet ouvrage, M. Lanoy, Ingénieur-Conseil a réuni une importante documentation sur les petites turbines à gaz de 30 à 300 CV adaptées à l'automobile, l'aviation, la marine et l'industrie.

Elle permet de mesurer les remarquables possibilités de ce « moteur de demain » léger et d'un faible encombrement.

Metal Industry Handbook and Directory
(Manuel et livre d'adresses de l'industrie des métaux) 1954

Un ouvrage de 472 pages, format 15 × 22 cm. Edité par Louis Cassier Co. Ltd., Londres, 1954. Prix : £ 1.1.0.

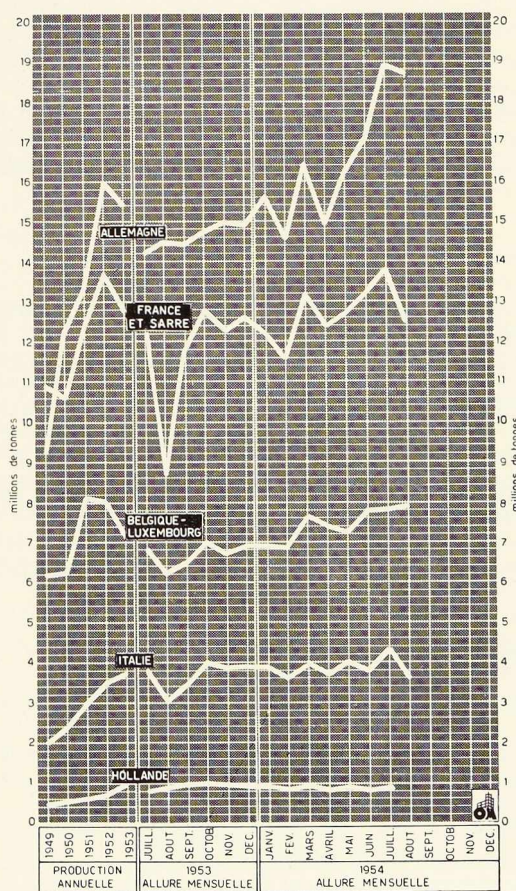
Cet ouvrage qui en est à sa 43^e édition contient de nombreux renseignements utiles sur les propriétés des divers métaux et alliages. La galvanoplastie, le polissage, etc.

On y trouve en outre une liste d'adresses de firmes britanniques intéressées.

CHRONIQUE

Marché de l'acier pendant le mois d'août 1954

	Acier lingots en tonnes		
	Belgique	Luxembourg	Total
Août 1954 . . .	414.299	246.416	660.715
Juillet 1954. . .	393.260	251.679	644.939
Janv.-Août 1954 .	3.548.645	1.794.368	5.343.013
Janv. Août 1953	3.002.194	1.831.566	4.833.760



C. E. C. A.

Le décès de M. de Gasperi, qui présidait l'Assemblée Commune, a produit dans les milieux de la Haute Autorité une vive impression : l'Europe et la C. E. C. A. perdent en lui un ardent pionnier. Toute la Communauté s'est associée au deuil de l'Italie.

Marché commun

D'une manière générale, dans les six pays de la C. E. C. A., les carnets de commandes continuent à se remplir et les prix tendent à monter : il faut donc s'attendre à ce que dans les prochains mois la production augmente encore.

La Haute Autorité estime que la capacité actuelle de production d'acier des six pays de la Communauté se situe aux environs de 48 ou 49 millions de tonnes : les projets d'investissement en cours doivent l'amener vers 54 millions d'ici quatre ans.

En Belgique tout au moins, c'est en fil machine, en tôles fines, en barres légères que la demande est la plus active. Pour les autres produits, le marché s'améliore de jour en jour.

Le marché belge des ferrailles connaît en ce moment une demande exceptionnelle qui ne peut plus être satisfaite par les importations de France, de Hollande et d'Allemagne. Aussi les prix pratiqués s'affermissent, ce qui a pour conséquence de stimuler le ramassage.

Au Luxembourg également le marché est actif et la production, qui avait fléchi un peu, tend à reprendre.

Aux Pays-Bas, la grosse activité des chantiers navals maintient un courant d'ordres intéressants pour la sidérurgie.

La sidérurgie franco-sarroise a enregistré des ordres ces dernières semaines à un rythme que la production a peine à suivre : plus d'un million de tonnes en quatre mois. Les délais de livraison, pour certains produits, s'étendent au-delà du nouvel an.

Fig. 1. Moyennes de production d'acier lingot des six pays de la Communauté Européenne Charbon-Acier (C. E. C. A.).

Avec l'aide du gouvernement français, un consortium d'usines sidérurgiques et de charbonnages, « Sidéchar », a acheté la Mine Harpener dans la Ruhr de manière à améliorer les conditions d'approvisionnement en coke de la sidérurgie lorraine.

En Allemagne, le marché sidérurgique montre une très grande activité, et les délais de fourniture atteignent déjà trois à cinq mois pour les barres et les petits profilés, davantage même pour le fil machine.

Malgré les grèves de ce mois d'août, l'Allemagne a maintenu, à peu de choses près, son chiffre de production du mois de juillet, mais c'est surtout en exportation qu'elle a pris une avance considérable : elle a exporté en France des quantités substantielles de fil machine et ses exportations de produits laminés ont dépassé le million de tonnes en sept mois : environ 20 % de ce tonnage est allé en Amérique latine et à peu près autant vers les pays asiatiques. Dans le marché commun le rabais autorisé de 2,5 % sera bientôt supprimé pour plusieurs produits.

Les aciéristes allemands craignent de devoir monter leurs prix si la pénurie de ferraille persiste : les stocks de ferrailles en aciérie qui à fin 1953 atteignaient 673 000 t sont tombés à quelque 490 000 t, les stocks chez les commerçants sont passés, en la même période, de 528 000 à 390 000 t. Quoique les premiers chargements soient arrivés des Etats-Unis, la situation du marché des ferrailles reste tendue et on se plaint de la lenteur d'arrivée des ferrailles achetées dans les pays tiers. On craint même que les fournitures, d'ici la fin de l'année, soient bien inférieures aux 350 000 t prévues.

En Italie, le Ministère du Commerce extérieur vient de libérer une nouvelle série de produits pouvant être importés de la zone dollar sans licence. Bien que cette série soit assez limitée, cette mesure pourrait troubler certains courants commerciaux intra-européens, en particulier celui de l'acier fourni à l'Italie par la France et la Belgique.

Transports

La solution adoptée par les représentants des six pays membres relative à la création de tarifs ferroviaires directs doit, dans l'esprit des négociateurs français, permettre à la France de conserver une protection suffisante aux Houillères du Nord tout en réduisant les tarifs pour le coke de la Ruhr destiné à la Lorraine.

Cet accord sur les transports semble cependant

rencontrer certaines résistances et il est difficile de préjuger de ce que sera en définitive le nouveau régime.

Marché d'exportation

La Communauté Charbon-Acier reste le premier exportateur d'acier du monde, tout au moins en ce qui concerne les exportations directes, c'est-à-dire, les exportations de produits sidérurgiques (aciers marchands, profilés, tôles).

En ce qui concerne les exportations indirectes (produits transformés, constructions mécaniques, etc.) elle est largement dépassée par la Grande-Bretagne et les Etats-Unis, et fait figure à côté d'eux, d'un exportateur de produits de base peu élaborés.

Mais la Communauté n'est pas homogène : le groupe franco-sarrois et le groupe belgo-luxembourgeois exportent près des trois quarts des produits sidérurgiques vendus à des pays tiers, tandis que l'Allemagne présente un pourcentage plus élevé d'exportation de produits plus élaborés. Cette situation se reflète dans le montant de ses exportations. Cette simple constatation montre que si l'on veut apprécier le rôle et l'efficacité de la Communauté, on ne peut négliger les industries transformatrices dont l'activité conditionne celle de la sidérurgie.

Les fabrications métalliques en Belgique

Comme précédemment, la situation reste assez différente d'un secteur à l'autre, la reprise se faisant inégalement sentir; la tréfilerie enregistre en ce moment des ordres importants et une amélioration est perceptible en clouterie, boulonnerie et chaudronnerie, qui étaient les branches les moins favorisées.

Les exportations relevant de Fabrimétal ont atteint 6 milliards de francs pour le deuxième trimestre 1954, soit 6 900 000 de plus qu'au trimestre précédent.

La sidérurgie dans le monde

Grande-Bretagne

La production quoique en sérieuse augmentation, suit difficilement une demande très active : les délais de livraison sont plus longs qu'ils ne l'ont été depuis des mois quoique les prix sur le marché intérieur soient 2,5 % plus élevés qu'au début de l'année. En particulier les

laminoirs à tôles fortes sont encombrés d'ordres et l'on envisage d'importer davantage de tôles autrichiennes. La production d'acier brut a atteint en juin 1954 la cadence annuelle de 19 328 000 t contre 17 559 000 t en juin 1953. La Grande-Bretagne importera au cours des cinq années prochaines, 300 000 à 500 000 t de minerai de Québec et du Labrador.

En général le marché d'importation est fort calme, l'exportation au contraire est active et pratique des prix qui se situent au niveau de ceux du continent.

On a mis à feu à Scunthorpe, le plus grand haut fourneau d'Europe occidentale qui a été baptisé « Queen Victoria ». Son diamètre atteint 8,68 m, soit 46 cm de plus que le « Queen Anne » mis en service en mars dernier : il produira 7 000 t de fonte par semaine.

D'autre part, la *Steel Company of Wales* a commandé pour son usine de Velindre une installation pour le recuit continu du fer-blanc : on prévoit que le rendement atteindra 16,6 t à l'heure de fer-blanc en bande large de 76 cm et de 27/10 d'épaisseur.

A Ebbw Vale, la Société John Summers & Baldwins, mettra à feu un troisième haut fourneau cette année encore.

Suède

Les exportations de minerai de fer de la Suède pendant la première moitié de 1954 sont tombées à 6,14 millions de tonnes comparées à 6,77 millions pendant la période correspondante de 1953.

Les exportations vers l'Allemagne Occidentale et les Etats-Unis ont été moins importantes, mais les expéditions vers la Grande-Bretagne ont augmenté. Il y a des indices d'une demande accrue de minerai suédois pour le second semestre 1954.

Portugal

Le Ministère de l'Economie laisse entendre dans une récente note que les besoins en acier du Portugal et de ses Colonies justifieraient l'établissement d'une industrie sidérurgique similaire à celle du Danemark ou de la Suisse. Les importations de fer et d'acier n'ont cessé de croître ces dernières années : de 217 millions d'escudos qu'elles atteignaient en 1937-1939, elles sont passées à 814 millions d'escudos en 1953. Cette note fait remarquer que la première centrale hydro-électrique de Douro entrera en service en 1957.

U. R. S. S.

D'après un contrat récemment conclu, 21 000 t de fonte de moulage et 25 000 t de fonte d'affinage seront fournies à l'Italie.

Etats-Unis

La production d'acier brut est tombée pendant le premier semestre de 1954 à 44 998 000 short tons contre 57 945 936 short tons pour le premier semestre de 1953. Pour le mois d'août écoulé, elle s'est élevée à 6 661 000 t, en augmentation de 44 000 t sur le chiffre de juillet. Les exportations ont atteint pour le premier semestre de l'année courante le tonnage de 1 297 340 t.

Sur le marché intérieur la situation tend à se redresser et le monde de la sidérurgie reste fort optimiste malgré la répercussion désagréable des difficultés actuelles de l'industrie de la construction automobile.

Il faut reconnaître que la tendance protectionniste qui se fait jour (les fabricants de bicyclettes demandent à être protégés comme les fabricants de montres) est symptomatique d'une conjoncture difficile.

Malgré cela, la *Inland Steel Co.* transforme un laminoir pour pouvoir laminier des poutrelles à larges ailes de 20 à 60 cm : la production annuelle de cette installation modifiée sera de 300 000 t de poutrelles H et la *Mc Louth Steel Co.* a mis en service depuis juin dernier deux fours électriques de 200 t.

De son côté la *U. S. Steel Corporation* va équiper de nouveaux hauts fourneaux pour fonctionnement sous pression au gueulard et la *Republic Steel Corporation* envisage l'installation d'une ligne de galvanisation continue qui produira annuellement 60 000 t de tôles et feuillards galvanisés.

Canada

La *Bethlehem Mines Corporation*, qui dépend de la *Bethlehem Steel Corporation*, monte à Marmora (Ontario) une installation pour transformer 4 000 t de magnétite par jour en boulets agglomérés à haute teneur en fer. La mise en marche est prévue pour fin de cette année.

La production d'acier a fléchi et le résultat de 1954 pourrait être inférieur à celui de 1953 (4 009 000 t). Le marché tend cependant actuellement à reprendre de l'activité surtout dans le secteur « construction ». On compte que bientôt « l'automobile » accentuera sa demande de tôle.

Inde

Une association temporaire entre Demag et Krupp a soumis au Gouvernement un projet pour l'équipement d'une aciérie à Rourkela, capable de produire 500 000 t par an, et plus tard 1 000 000 t.

Il existe aussi une proposition soviétique pour la même aciérie, qui sera une entreprise d'Etat, mais elle semble avoir peu de chances, l'U. R. S. S. ayant avant tout à équiper la Chine.

D'autre part, le Gouvernement accorde un prêt à la *Tata Iron and Steel Co.* pour moderniser et étendre ses usines pour augmenter la production d'acier indigène de 750 000 t à 931 000 t d'ici 1957. Dans ce programme, une nouvelle usine à tubes doit permettre à l'Inde de se suffire en tubes et tuyaux.



Chine

Le centre métallurgique de Anshan (Mandchourie) produit environ 1 500 000 t annuellement grâce à l'aide de l'U. R. S. S. pour la remise en état des installations. Plusieurs des 10 hauts fourneaux n'ont pas été rétablis, mais six nouveaux, dont cinq grands, sont en fonctionnement.

Concours organisé par la «Beratungsstelle für Stahlverwendung», Düsseldorf

Le Centre d'Information de l'Acier allemand vient d'organiser un nouveau concours pour l'emploi plus étendu du matériau acier dans les fouilles et mines.

Ce concours, réservé aux diplômés d'universités allemandes, est doté de nombreux prix d'un total de 30 000 DM.

Nous citons ci-après quelques sujets susceptibles de figurer à ce concours :

1. Avantages techniques et économiques de l'acier par rapport aux autres matériaux pour leur emploi dans les mines;
2. L'amélioration des qualités d'acier pour l'emploi dans les mines et les limites techniques et économiques;
3. L'amélioration des profils en acier utilisés dans les mines;
4. Les possibilités d'emploi des profils tubulaires métalliques dans les mines;
5. Quel acier et quel type faut-il choisir pour la construction des galeries dans des matériaux très pesants ?;
6. L'emploi de l'acier dans les cages de mines;
7. La sécurité de la construction métallique dans les mines, etc.

Construction des Grands Magasins « Galerías Preciados » à Madrid

On construit actuellement à Madrid les nouveaux magasins pour la Société *Galerías Preciados*.

L'important bâtiment qui abritera les nouveaux magasins comporte une ossature métallique. Grâce à ce mode de construction le magasin du rez-de-chaussée a pu rester ouvert et être exploité pendant les travaux.

Constructeurs : *Material y Construcciones, S. A.*
Echafaudages tubulaires : *S. A. Mundus*.

Fig. 2. Ossature métallique des Grands Magasins « Galerías Preciados » à Madrid, en cours de montage.

Exposition Internationale Technique et Industrielle de Charleroi

La première Exposition Internationale Technique et Industrielle a été inaugurée à Charleroi le 18 septembre 1954 par M. Rey, Ministre des Affaires Economiques, en présence des autorités officielles et des personnalités industrielles.

Cette exposition qui se tiendra du 18 septembre au 3 octobre, groupe plus de 800 exposants de différents pays; elle se caractérise par la présence d'un matériel lourd d'une grande diversité: tours, transformateurs, pièces de laminoirs dont certaines pesant jusqu'à 80 t.

A signaler également que la maison dite C. E. C. A., conçue par les architectes L. Palm et W. Van der Meer, qui a obtenu un vif succès à la Foire de Liège, figure également à Charleroi⁽¹⁾.

Pendant toute l'Exposition se dérouleront des journées d'étude et notamment un colloque national sur la technique et la vente des produits industriels belges ainsi qu'une journée de la sidérurgie.

L'importante manifestation industrielle de Charleroi est logée dans le nouveau Grand Palais des Expositions, œuvre de l'architecte J. André⁽²⁾.

L'Ossature Métallique publiera dans son prochain numéro un compte rendu sur la participation de la sidérurgie et de la construction métallique à l'Exposition de Charleroi.

Construction d'un dock flottant de 28 000 t de capacité

Le Chantier Naval Jos. Boel et Fils, S. A. à Tamise, a construit récemment pour la Götaverken A. B. à Göteborg un dock flottant de 28 000 t.

Les dimensions de ce dock, l'un des plus grands d'Europe, sont les suivantes:

Longueur hors tout	218,00 m
Largeur extérieure	40,50 m
Largeur intérieure	30,50 m
Hauteur des pontons	6,00 m
Hauteur latérale	22,20 m

Le dock qui peut contenir des navires jusqu'à 45 000 t est composé de 10 pontons démontables. Les parois latérales sont fixes et continues. Chaque ponton peut être découpé et être mis en cale pour inspection. Le dock est entièrement soudé. Au total un nombre de 8 150 000 baguettes de

Fig. 3. Remorquage vers le Bas-Escaut du dock flottant de 28 000 t construit au Chantier Naval Jos. Boel et Fils à Tamise.

soudure ont été consommées. Il est équipé d'une vingtaine de pompes ayant chacune une capacité de 1 300 m³/heure, de sorte qu'en moins de 1 h. 30, il pourra être soulevé. En outre, il y a 6 cabestans électriques; 2 grues devront encore être installées sur le dock en Suède. En date du 5 mai dernier, il a été remorqué vers le Bas-Escaut par six remorqueurs de l'Union de Remorquage et de Sauvetage, où ceux-ci ont été remplacés par les grands remorqueurs « Rode Zee » et « Gele Zee » de la firme néerlandaise Smits, de Rotterdam, lesquels ont alors remorqué le dock vers la Suède.

Une semaine après le dock était arrivé à destination.

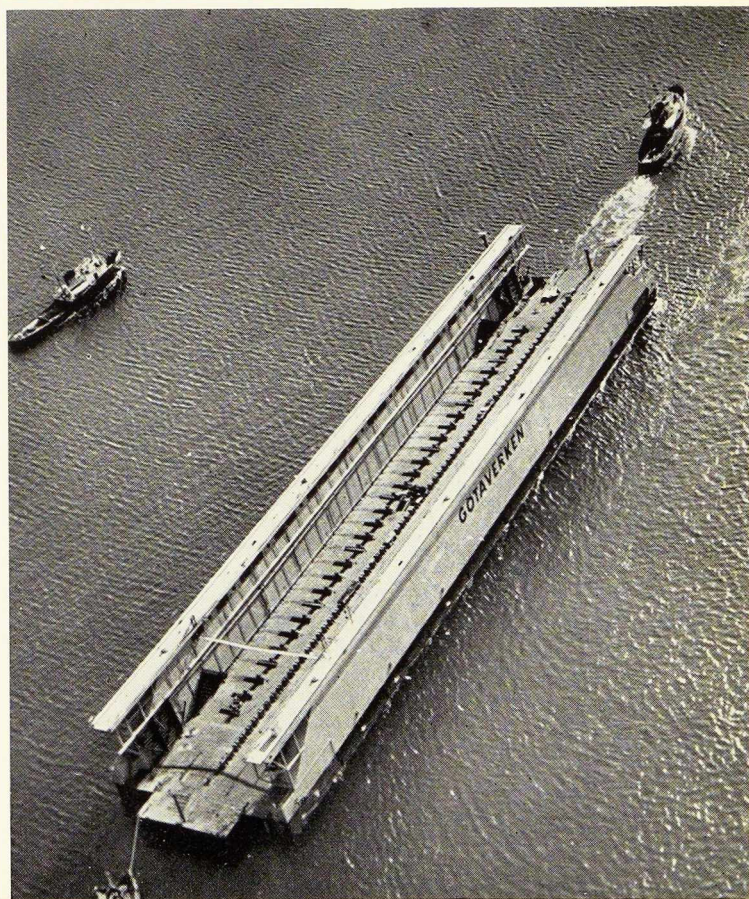
Conférence du C. N. R. M.

Le Centre National de Recherches Métallurgiques (C. N. R. M.), section du Hainaut a organisé le 29 septembre dernier à Charleroi, une conférence de M. Robertson, attaché au *Naval Construction Research Establishment* de Dunfermline.

M. Robertson a fait des recherches sur les conditions de propagation de la rupture fragile dans l'acier et a mis au point un nouvel essai déterminant les conditions d'arrêt d'une rupture fragile dans un matériau sous tension.

(1) Voir *L'Ossature Métallique*, no 9-1954.

(2) Voir *L'Ossature Métallique*, no 7/8-1953 et no 5-1954.



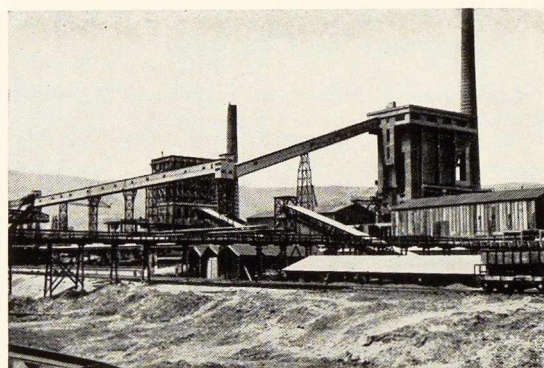
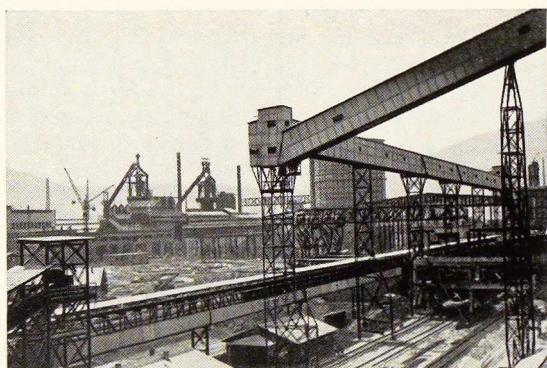


Fig. 4 et 5. Nouvelle cokerie de Zénica (Yougoslavie). A gauche, les transporteurs à charbon et à coke. A droite, les tours à charbon et les hangars abritant les batteries pendant la construction.

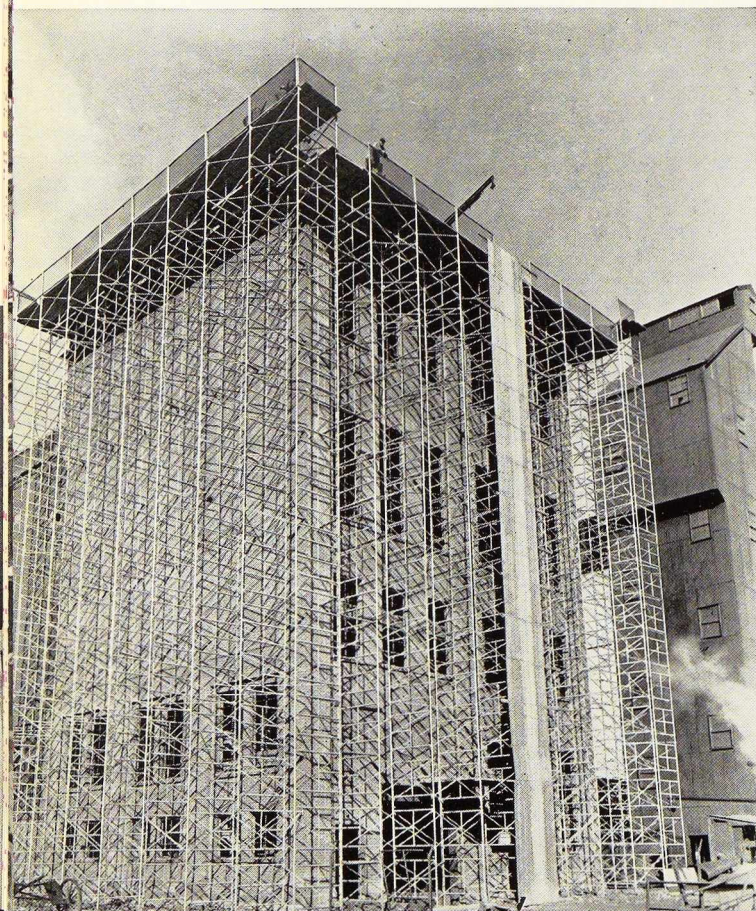
Construction d'une cokerie à Zénica (Yougoslavie)

La nouvelle cokerie de Zénica (Yougoslavie) entièrement construite par la S. A. Les Fours Lecocq, a été mise en service le 29 août 1954. Le défournement de la première des quatre batteries de 39 fours a eu lieu avec succès : les trois autres batteries entreront successivement en service en 1954 et 1955.

La capacité totale de carbonisation des installations sera de 2 800 t de charbon par jour, et la production de gaz atteindra un million de m³.

Les usines à sous-produits de Zénica comportent la récupération du benzol brut, du goudron, du sulfate d'ammoniaque, et du soufre.

La rectification du benzol et la distillation du goudron seront effectuées à Lukavac, dans des installations également construites par la S. A. Les Fours Lecocq.



Usine de margarine à Léopoldville (Congo belge)

Il y a deux ans, les firmes Ackermans-Van Haren et Auxeltra Béton réalisaient, en charpente métallique, pour le compte d'Unilever une usine de margarine à Léopoldville.

Actuellement un plancher intermédiaire est nécessaire.

Grâce à la charpente métallique ce travail peut se faire sans difficulté. Cette charpente, ainsi que sa transformation, ont été étudiées par le bureau Verdeyen & Moenaert et réalisées par les Ateliers Métallurgiques de Nivelles.

Ecole provinciale des Arts et Métiers - Section Jeunes Filles à Nivelles

Monsieur J. Ronsse, Ingénieur-Conseil, auteur du projet de l'Ecole provinciale des Arts et Métiers

Fig. 6. Impressionnante vue d'une « forêt » d'échafaudages tubulaires de 25 m de hauteur, prise aux Usines de la « Bethlehem Steel Company » à Lackawanna, dans l'Etat de New-York.

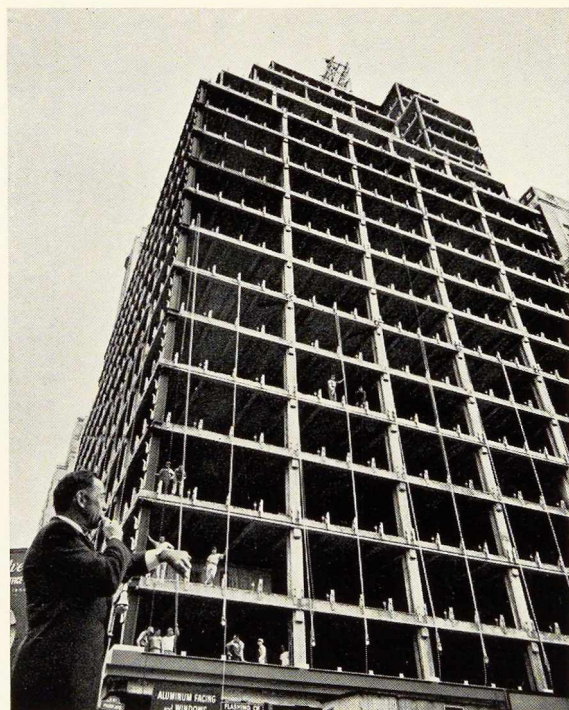


Fig. 7 et 8. Deux aspects d'un gratte-ciel new-yorkais de 22 étages. A gauche, le début de la mise des panneaux de revêtement des façades. A droite, l'opération est entièrement terminée, 10 heures après le coup de sifflet initial du contremaître.

Photos International News.

à Nivelles a choisi la charpente métallique pour l'ossature de cette construction.

La charpente métallique qui est en cours de montage, comporte 250 t d'acier. La réalisation a été confiée aux Ateliers Métallurgiques de Nivelles (Usine de la Sambre) d'après une étude faite par la Société d'Etudes Verdeyen & Moenaert.

Premier Congrès National Italien de Constructions Métalliques à Milan

L'Association des Constructeurs Métalliques italiens organise du 11 au 14 novembre à Milan son premier Congrès National.

Parmi les sujets qui seront traités à ce Congrès figurent notamment :

1. La manutention des constructions en acier;
2. La technique moderne des constructions mixtes en acier-béton;

Fig. 9. Ponts-portiques métalliques installés au quai de déchargement pour bananes de la « United Fruit Company » à Weehauken, dans l'Etat de New-Jersey (U. S. A.).

3. La construction en acier des bâtiments publics et des bâtiments industriels;



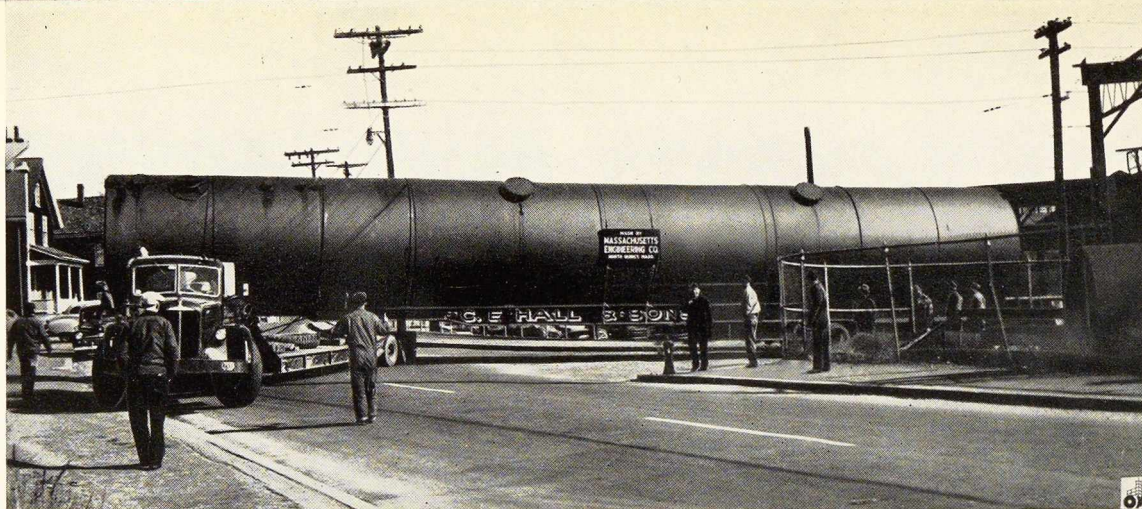


Fig. 10. Vue d'un tank de 50 000 gallons, transporté sur route aux Etats-Unis, au moyen d'une remorque spéciale. Le tank, d'une longueur de 31,10 m a été entièrement soudé au moyen d'électrodes enrobées « Jetweld » de la « Lincoln Electric Co. ». Le diamètre du tank est de 3,20 m et son poids de 20 t. Photo Lincoln Electric Co.

4. Les constructions provisoires et démontables en acier;
5. Les assemblages par soudure des éléments d'ossature;
6. Les possibilités esthétiques et architecturales des constructions en acier.

Conférence internationale d'ingénieurs

La Conférence des Sociétés d'Ingénieurs de l'Europe occidentale et des Etats-Unis d'Amérique, dont fait partie la Société Royale Belge des Ingénieurs et des Industriels, a constitué une Commission de Travail sur la formation et l'éducation de l'Ingénieur.

Cette Commission de Travail, qui s'est déjà réunie antérieurement à Londres et à Bruxelles, tiendra une importante session, du 27 septembre au 1^{er} octobre, au Polytechnikum de Zurich.

Les pays suivants seront représentés à cette réunion internationale :

Allemagne, Belgique, Danemark, Etats-Unis d'Amérique, Finlande, France, Grande-Bretagne, Norvège, Pays-Bas, Suède, Suisse.

L'Industrial Design en Belgique

Les membres de la Commission Technique des Industrial Designers se sont réunis à Liège, le 13 septembre en vue de procéder officiellement à la constitution de l'Association des Industrial Designers et à l'élaboration du plan de travail.

Rappelons que cette Commission Technique fut créée au lendemain du Colloquium d'Industrial Design, organisé lors de la VI^e Foire Internationale de Liège par l'A. S. B. L. Le Grand Liège,

« Art et Travail », le C. B. L. I. A. et Fabrimétal.

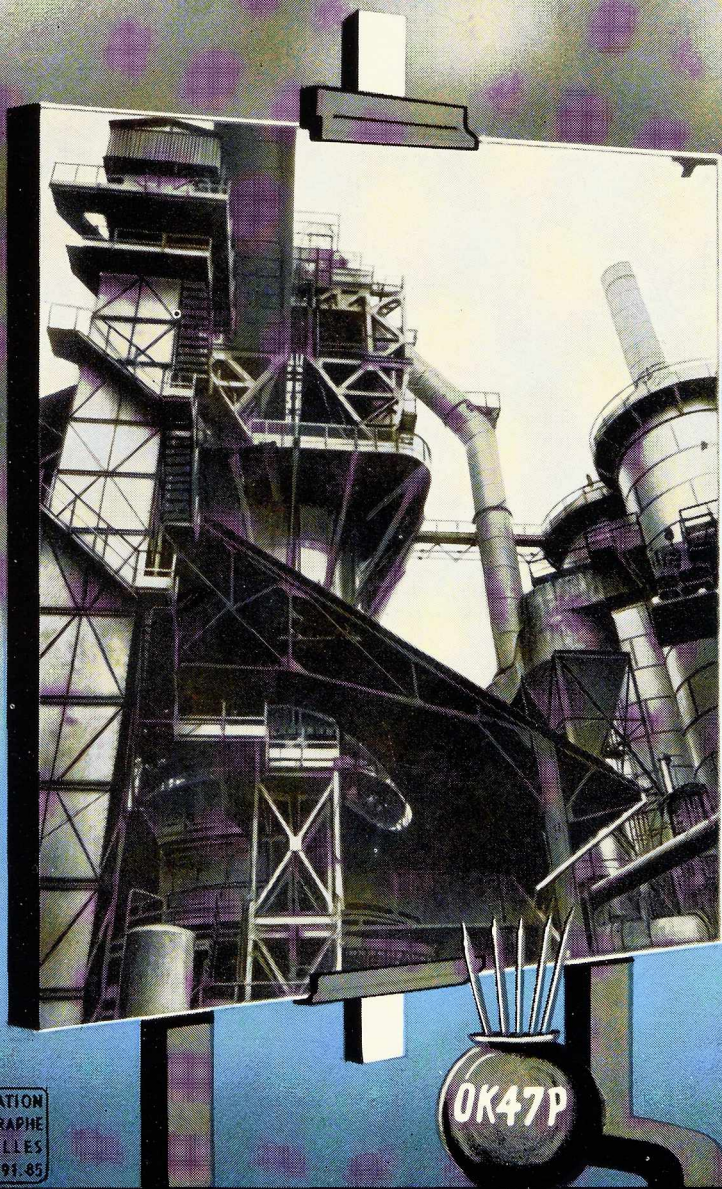
C'est en présence de M. L. G. Fraigneux, Président de la Commission d'Industrial Design du Grand Liège assisté de M. Paquay dirigeant la Commission Technique, que se tint cette séance. Avec l'appui moral de la grande industrie, l'Association des Industrial Designers désire mettre à la disposition des producteurs de ce pays, un centre de documentation, d'information et d'orientation ayant pour but la réalisation de modèles possédant une valeur esthétique jointe à une meilleure économie des moyens et à une plus haute technicité.

Il est hors de doute que les succès étonnants obtenus par l'Industrial Design aux Etats-Unis, en Angleterre, en Allemagne, en Suisse, en Italie et, depuis peu, en France et en Hollande sont suffisamment convaincants pour amener les industriels belges à se servir d'un moyen dont le but est le développement des ventes. Actuellement, il importe de trouver et de réunir ceux qui, dans diverses sociétés, font déjà œuvre de styliste industriel. Ce sont le plus souvent, des ingénieurs, des techniciens, des dessinateurs d'études, ou encore des architectes et des publicitaires.

Jusqu'à ce jour ils se sont efforcés de mettre le produit en valeur selon leurs conceptions personnelles mais, pour une généralité, dans l'ignorance d'une méthode existante.

L'intérêt que présente cette technique nouvelle et l'incidence que son application aura sur le développement de la vente des produits belges a attiré l'attention des dirigeants sur la nécessité et l'urgence d'installer définitivement l'Industrial Design en Belgique.

ESAB.S.F.



BLINDAGE DE CREUSET
BLINDAGE D'ETALAGE
BLINDAGE DE CUVE
PRISE DE GAZ
RAMASSE-POUSSIÈRE

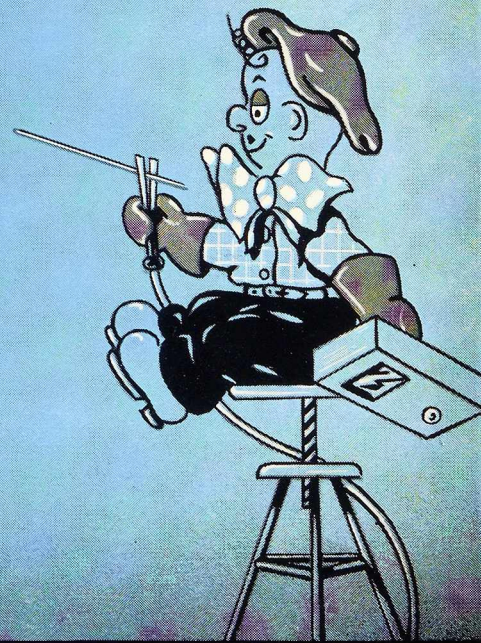
du HAUT FOURNEAU N° 1 de la
S. A. JOHN COCKERILL, à SERAING

Etude par John Miles & Partners, Londres

Constructeur : Chaudronnerie Hermesse, Jemeppe s/M.

Installateur : Gobiet, à Seraing

ENTIÈREMENT SOUDÉ
AVEC ÉLECTRODES
O. K. 47 P.



ALISATION
BLIGRAPHIE
BRUXELLES
27.91.85

ESAB

ELECTRO-SOUDURE AUTOGENE BELGE, S. A.

116-118, RUE STEPHENSON, BRUXELLES

TÉLÉPHONES : 15.91.26 - 15.05.32

Tout l'équipement des bureaux...

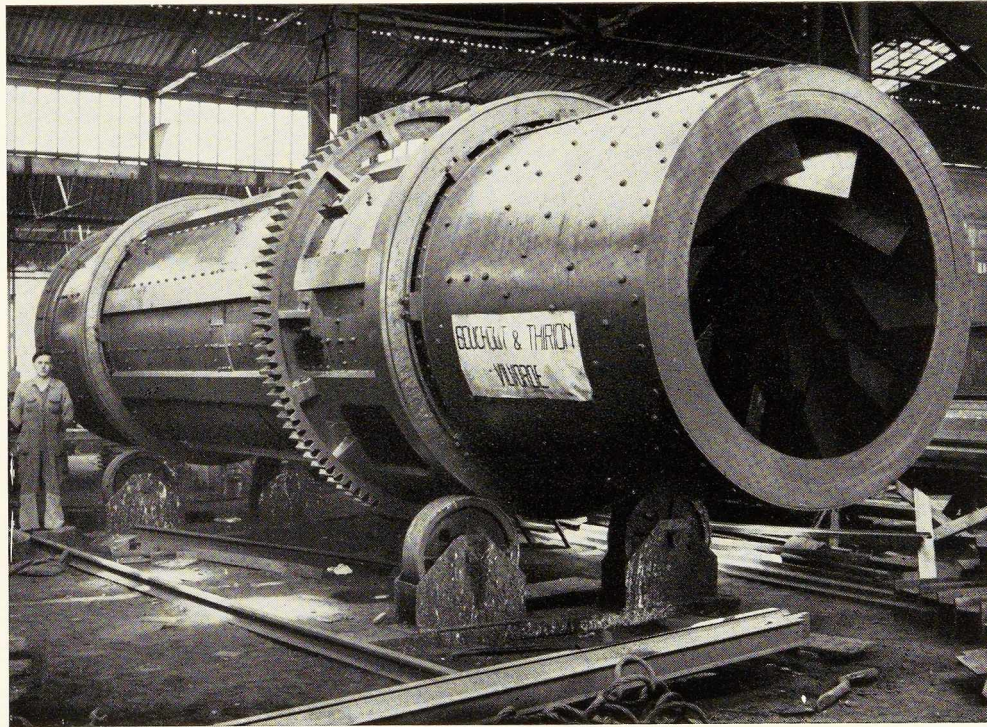


HERINCX

RONEO

S. A.

8-10, RUE MONTAGNE-AUX-HERBES-POTAGÈRES - BRUXELLES - TÉL. 17.40.46 (3 l.)



SÉCHOIR À SCHLAMMS

ATELIERS DE

BOUCHOUT & THIRION RÉUNIS S. A.

CHAUSSÉE DE VLEURGAT, 249, À BRUXELLES

USINE A VILVORDE

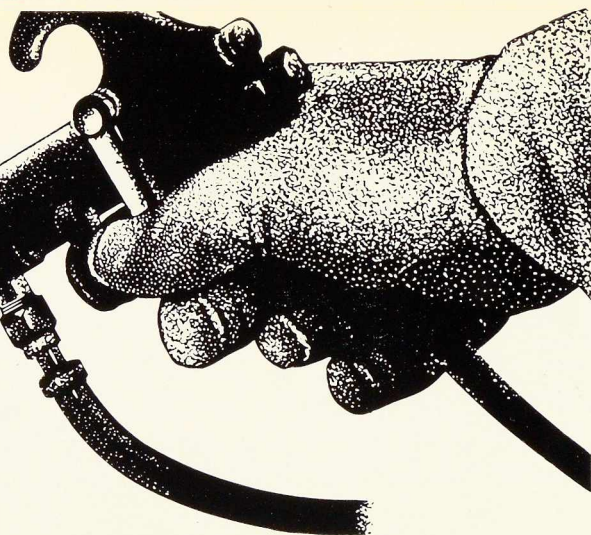
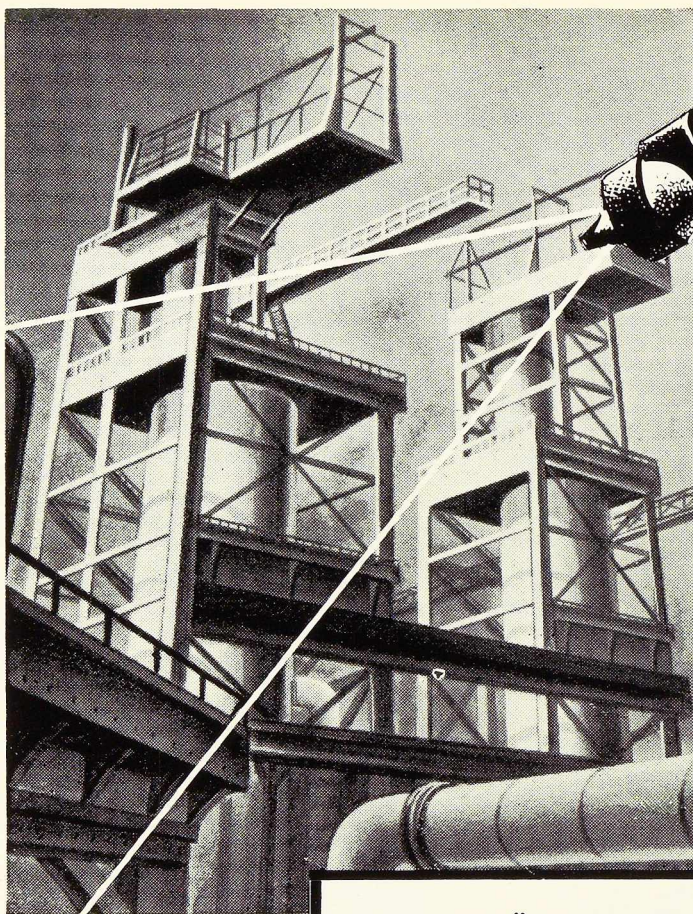
192, CHAUSSÉE DE LOUVAIN, VILVORDE
Téléphone : Bruxelles 15.20.96, Vilvorde 51.00.36

USINE A BOECHOUT

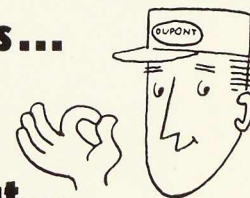
27, HEUVELSTRAAT, BOECHOUT-LEZ-ANVERS
Téléphone : Anvers 81.27.99

PONTS, CHARPENTES, CHAUDRONNERIE,
TANKS, MATÉRIEL POUR HUILERIES,
USINES À CAOUTCHOUC, SÉCHOIRS À
CAFÉ, MAISONS PRÉFABRIQUÉES.

TÔLES GALVANISÉES, ARTICLES DE
MÉNAGE, CHÂSSIS MÉTALLIQUES
TUBES D'ACIER NOIR ET GALVANISÉS



Pour une protection
optima des structures
métalliques...



rien ne vaut...

DULUX* METAL PROTECTIVE FINISHES

Cette peinture grasse — à base de pigments sélectionnés — atteint un degré de protection rarement égalé. D'un pouvoir couvrant remarquable (10 à 12 m² au litre) « DULUX metal Protective » met à l'abri de la rouille toutes structures métalliques, tels que charpentes, ponts, châssis, etc... « DULUX metal Protective » ne craquelle, ni ne s'effrite, et tient ainsi plus longtemps que n'importe quelle peinture. Il s'applique très facilement au pinceau ou pistolet — en une seule couche.

La preuve en a été faite : « DULUX metal Protective » résiste idéalement aux agents atmosphériques, même dans les conditions les plus dures. Faites donc appel à DULUX pour vos travaux de peintures métalliques; vous sauvegarderez mieux votre capital matériel et installation.



* Marques déposées

Arrêtez-vous à ce panneau
DU PONT. Peintures de qualité.
Produits meilleurs pour vivre
mieux... grâce à la chimie.

Pour tous renseignements complémentaires: s.a. TECNICOLUX, 85 r. de la Démocratie, BRUXELLES. Tél. 22.18.33

Métaux - Profilés divers - Tôles

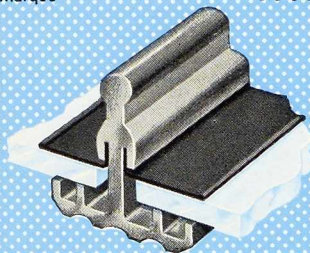
Poutrelles GREY et Normales

Ronds pour béton

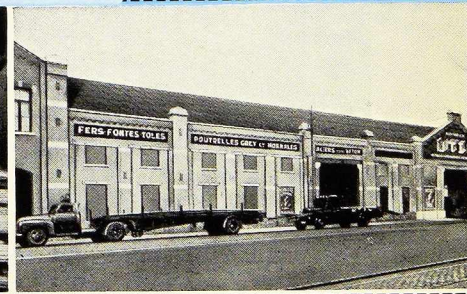
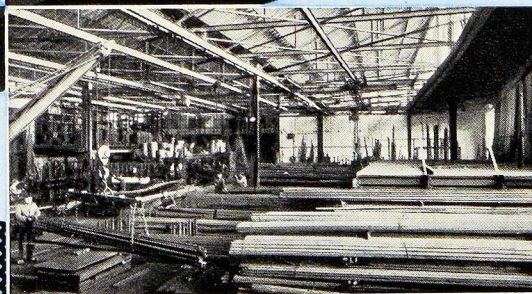
Métal déployé

Fontes - Boulons - Rivets et Vis

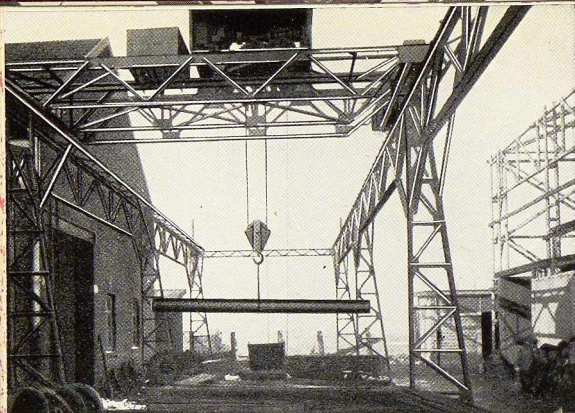
Profilé spécial en Aluminium à Vitrage
sans mastic de Fabrication Belge
"HERCULES"
Marque Brevetée



LA BARRE LA PLUS ROBUSTE
Réalisation parfaite
Étanchéité absolue. Inaltérable
Plus de peinture. Plus d'entretien



S. P. R. L. MAISON FONDÉE EN 1807 · 404 A 414, AVENUE VAN VOLXEM · BRUXELLES · TEL. : 38.09.00



PONT ROULANT DE 5 000 KG

Monte-charge industriels pour personnes ou marchandises.
Transporteurs à courroies, à tabliers métalliques, à raclettes.
Transporteurs mobiles dits « Sauterelle ».
Palans électriques monoblocs « JAMF ».
Palans planétaires à main « JAMF ».
Mécanique générale. — Pièces de fonderie.

TOUT PROBLÈME DE LEVAGE ET DE MANUTENTION COMPORTE SA SOLUTION « JAMF ».

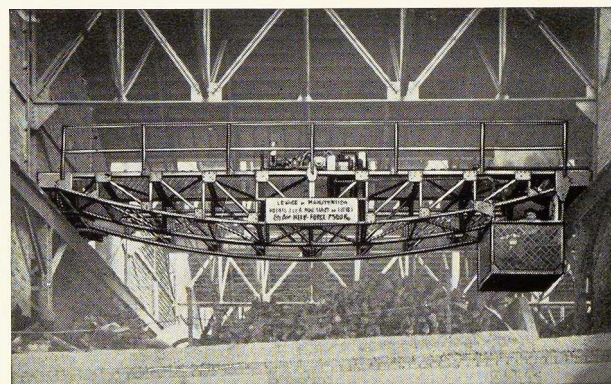
ATELIERS ET FONDERIE

J. & A. MOUSSIAUX & Frères, S. A.

Tél. : 133.21 (2 lignes) **HUY** (Belgique) rue Mottet, 5

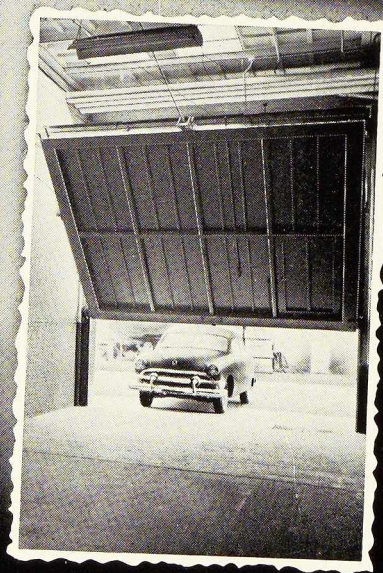
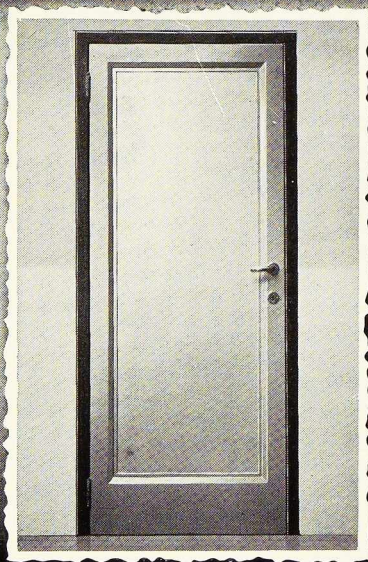
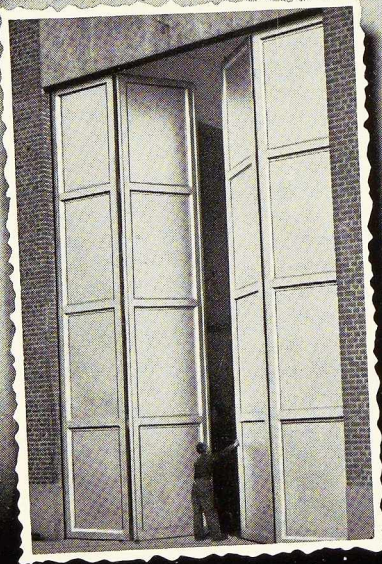
Ponts roulants électriques ou **à main** normaux, pour bennes à grappins ou électro-aimants de levage.

PONT ROULANT DE 7 500 KG



MENUISERIE MÉTALLIQUE

TRAVAIL MÉCANIQUE DE LA TÔLE ET DES PROFILÉS



S. A. ATELIERS

VANDERPLANCK

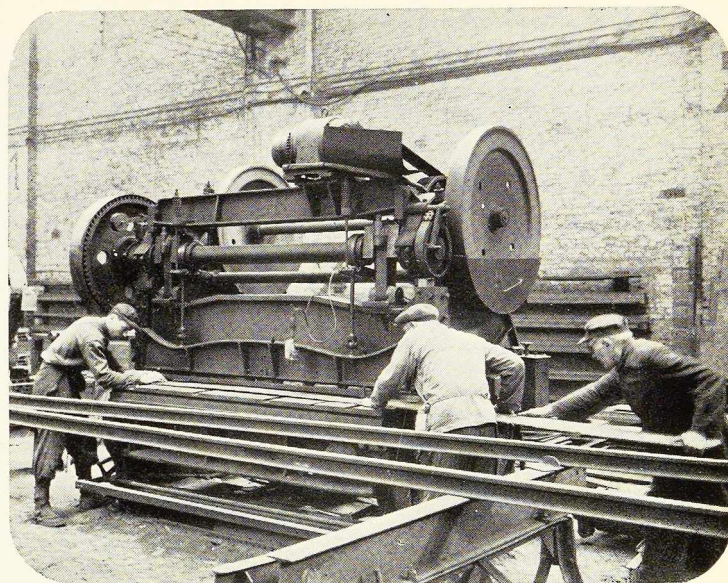
FAYT-LEZ-MANAGE

R. C. Charleroi 30.864

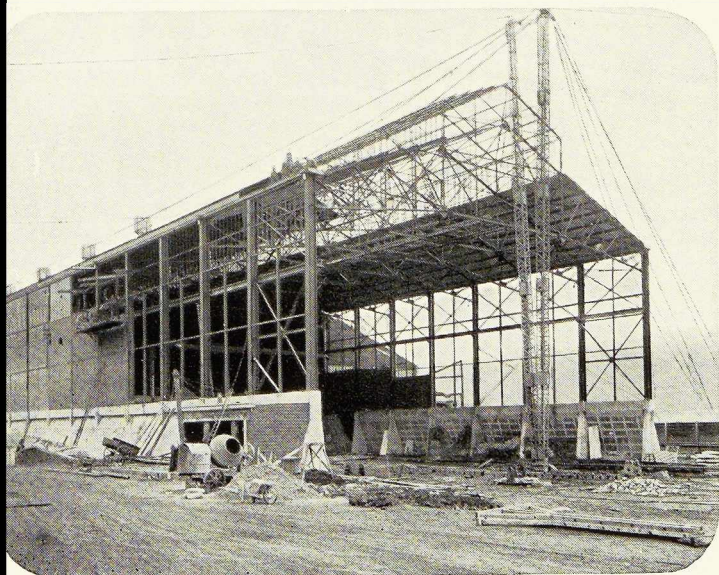
BELGIQUE

Tél. : Manage 124 et 129

Cette cisaille moderne
coupe en une opération des
tôles de 13 mm d'épaisseur
et 3 m de largeur.



CONSTRUCTIONS MÉTALLIQUES
DE
JEMEPPE-SUR-MEUSE, S. A.
ANCIENNEMENT ATELIERS GEORGES DUBOIS

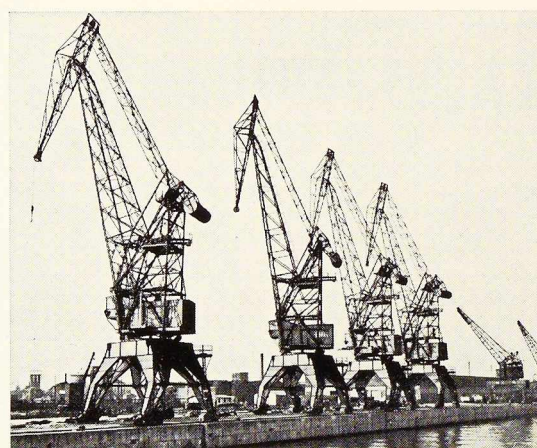


Bâtiment en montage à la
Société Métallurgique de
Prayon, établi sur murs de
soutènement, en béton de 4 m
de hauteur.

Portée des fermes : 27 m.

Hauteur sous entrain : 14 m.

ACMT



PORT DE GAND.
Groupe de quatre grues de 2,5 t à 36 m.

ATELIERS DE CONSTRUCTION MECANIQUE DE TIRLEMONT

Anciennement Ateliers J. J. Gilain

FRED

SAGE & C^{ie}

CONSTRUCTEURS-SPECIALISTES

Agencements et Transformations
de magasins.

Travaux d'architecture en bronze,
aluminium, anticorrosion, etc...

9/11, Rue de la SENNE
BRUXELLES

Tél. : 11.44.41 - 12.97.15



ENCORE UNE REALISATION
AUX ETABLISSEMENTS

Wanson

de **L. LEEMANS & FILS**

S.A.

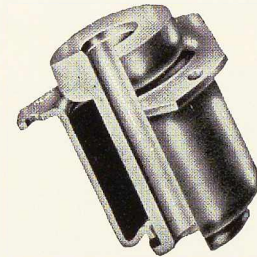
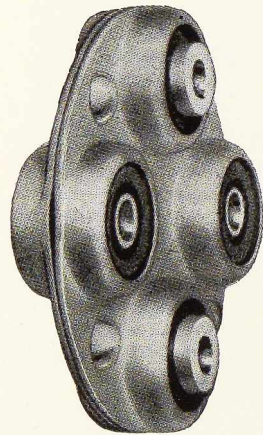
91, RUE DU PONT-NEU
MACHELEN . BRABANT

TÉL. : 51.23.46 - 51.23.47 - 51.22.6

Accouplements élastiques

Articulations élastiques

Supports antivibratoires



NOUS AVONS UNE SOLUTION ÉPROUVÉE
POUR CHAQUE PROBLÈME DE FIXATION
ARTICULATION OU TRANSMISSION ÉLASTIQUE

CONSULTEZ - NOUS

SILENTBLOC

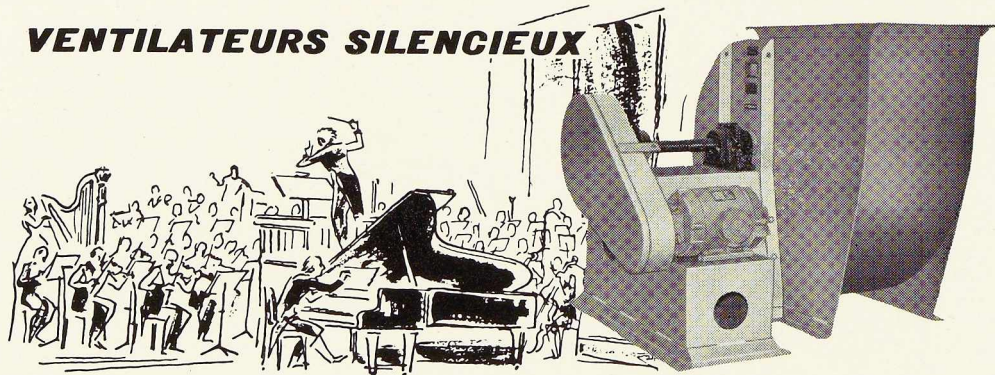
MARQUE DÉPOSÉE

S. A. BELGE

TÉLÉPHONE : 21.05.22 • 36, RUE DES BASSINS, BRUXELLES



VENTILATEURS SILENCIEUX



Le dépt. Documentation de Bronswerk S.A., 1, Pont de Meir
Anvers - tél. 33.63.11; vous enverra volontiers sur simple
demande la brochure „VENTILATEURS SILENCIEUX”.

pour Eglises
Hôpitaux
Salles de Concert
Studios
Théâtres

BRONSWERK

INSTALLATIONS INDUSTRIELLES & MARITIMES

LE BUREAU D'ÉTUDES INDUSTRIELLES F. COURTOY S. A.

RUE DES COLONIES, 43, BRUXELLES — TÉLÉPHONE : 12.16.38 - 12.30.85 (10 L.)

INGÉNIEUR-CONSEIL INDÉPENDANT

VOUS OFFRENT SES SERVICES POUR TOUS

ÉTUDES ET PROJETS

DANS LES DIVERS DOMAINES DE LA TECHNIQUE

ÉLECTRICITÉ
MÉCANIQUE
THERMIQUE
GÉNIE CIVIL



ORGANISATION
EXPERTISES
CONTRÔLES
RÉCEPTIONS

Moderne - Pratique

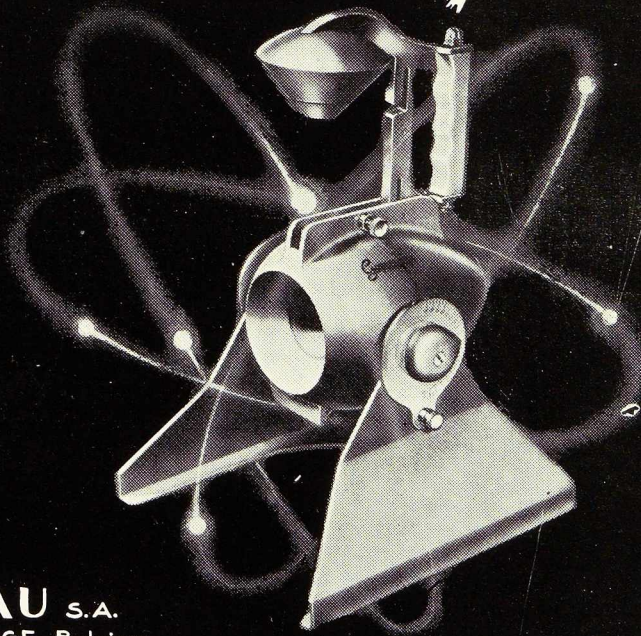
la **BOMBE** à
ISOTOPE
RADIOACTIF

Gamma-Rays

COBALT⁶⁰ IRIIDIUM¹⁹²

pour contrôle non destructif

fonderie - soudure
béton etc.



USINES

BALTEAU S.A.

91-97 rue de Serbie LIEGE Belgique

TEL : 32.19.10

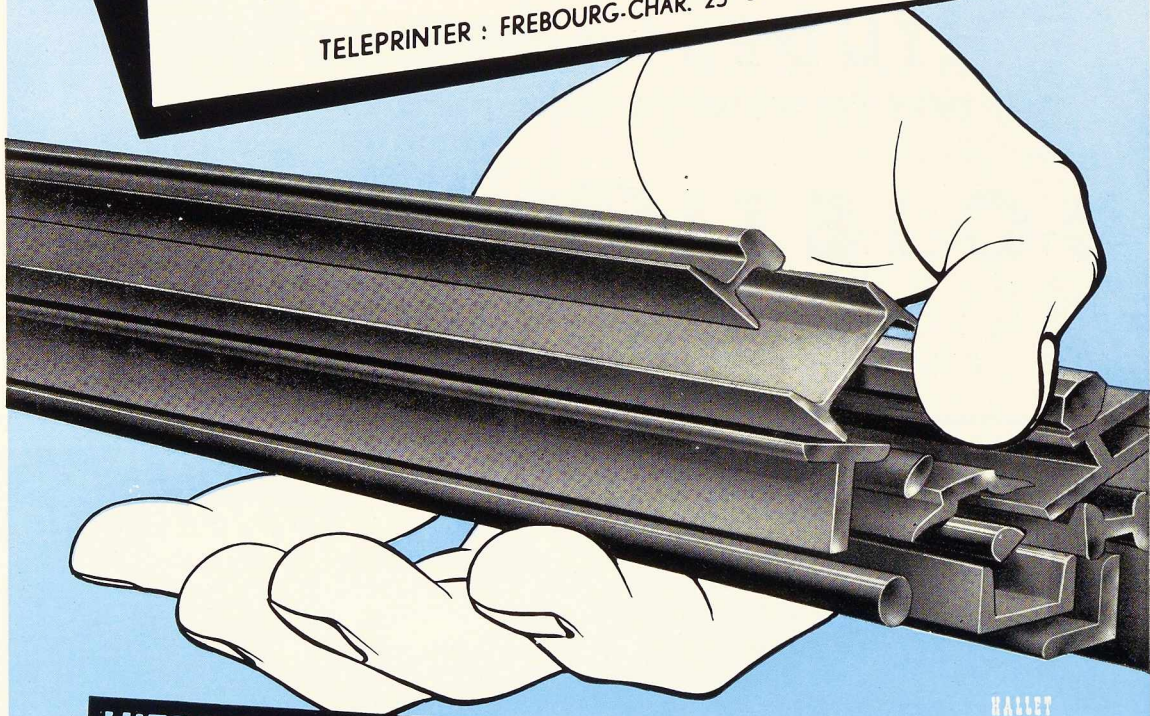
TELEG : TRANSFO LIEGE

R.H.31

FRÈRE-BOURGEOIS
FONTAINE-L'ÉVÊQUE

BELGIUM

TELEPRINTER : FREBOURG-CHAR. 23 • PHONE : 82.43.93 (5 l.)



HALLEY

HIERRO Y ACERO

EISEN UND STAHL

IJZER EN STAAL

IRON AND STEEL

FER ET ACIER

EXPORT TO ALL COUNTRIES

LE TITAN ANVERSOIS

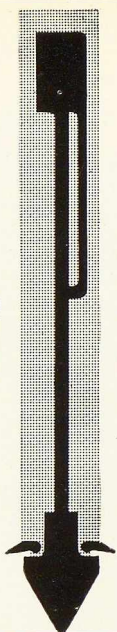
HOBOKEN - ANVERS



GRUES - PONTS ORDINAIRES ET SPECIAUX POUR SIDERURG

R

LE **PIEU** **ALMÉ** S.A.



DOUBLE LA SURFACE PORTANTE

LE **PIEU PALMÉ** S.A.

27, AVENUE BRUGMANN
BRUXELLES - TEL: 38.11.08

AWANS-FRANÇOIS

Société Anonyme
Téléphone : Liège 63.47.14 (2 lignes)
Télégramme : Awans-François

70, rue de la Station, à AWANS-BIERSET

CONSTRUCTIONS MÉTALLIQUES
ET MÉCANIQUES

Section des ponts, charpentes et grosse chaudronnerie
d'acier

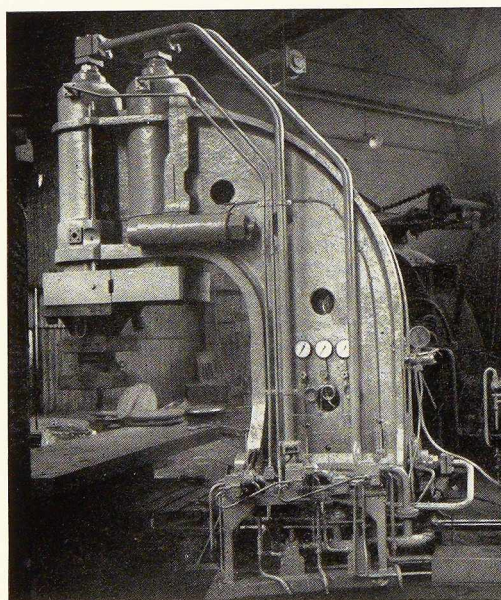
Ponts métalliques de tous genres, en construction rivée ou soudée. Ponts démontables brevetés. Charpentes métalliques en général, en construction rivée ou soudée pour bâtiments industriels et privés. Chaudronnerie en tôles d'acier, telle que : tanks, gazomètres, silos, caissons, pour travaux hydrauliques, portes d'écluses, etc. Installation complète de hauts fourneaux.

Section des appareils de levage et de manutention

Tous les appareils de levage et de manutention tels que : ponts roulants, grues, portiques, châssis à galettes, transporteurs, élévateurs, culbuteurs, distributeurs, etc. Installations complètes de manutention de charbons et coke pour charbonnages, mines et usines métallurgiques.

Section tuyauterie

Tuyauterie en général pour haute et basse pression. Tous travaux de tuyauterie tant rivée que soudée. Constructions en aluminium et matériaux inoxydables.



75 % ...!

ont été économisés sur la
consommation d'énergie
en transformant le système à accumulateur de la
presse ci-contre en

système
hydraulique direct

ELECTRAULIC

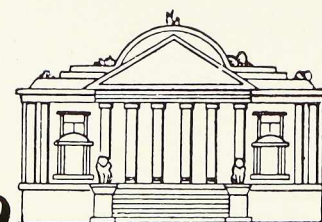
LOWLER BROTHERS LTD. ANGL.

Agents exclusifs pour la Belgique, le Congo et le Luxembourg

BAEYENS

ETS EDOUARD BAEYENS SPRL

Bruxelles



5 MINUTES DE LA BOURSE

28-30, RUE DES FABRIQUES, BRUXELLES

TÉL. 12.50.10 (3 LIGNES) - 11.97.74 - 11.97.79

VOTRE FRET...

aujourd'hui
à BRUXELLES

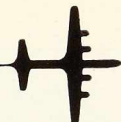
PAR AVION

- LIVRAISON PLUS RAPIDE
- MOINS DE MANIPULATIONS
- AVARIES, VOLS, PERTES REDUITS
- TAUX D'ASSURANCE PLUS BAS
- FORMALITES PLUS EXPEDITIVES

DES AVANTAGES
ET DES TARIFS
INTERESSANTS



demain à destination



**DÉVELOPPEZ VOS EXPORTATIONS
VERS LE CONGO**

C. M. B. ET SABENA VOUS OFFRENT LE
TRANSPORT COMBINÉ, UN MODE
D'EXPÉDITION ABSOLUMENT NOU-
VEAU, RAPIDE, ÉCONOMIQUE

POUR TOUT RENSEIGNEMENT, VOTRE EXPE-
DITEUR HABITUEL, TOUS LES BUREAUX
SABENA, L'A.M.I. SONT A VOTRE
ENTIERE DISPOSITION.

SABENA

C. Pub

création Kallet

MAISONS ET PORTES
métalliques

LOCOPULSEUR
"PULSO"

MOTEURS INDUSTRIELS
mécanique générale

PONTS, CHARPENTES
Pylones

CHEVALEMENTS
et cages de mine

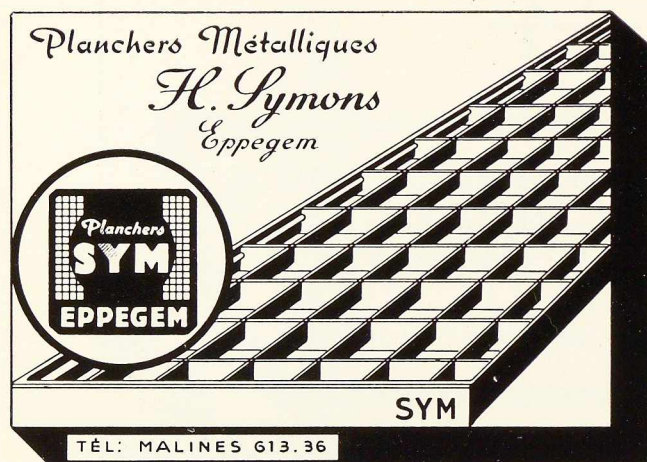
RÉSERVOIRS
tuyauteries rivées et soudées



S.A. ATELIERS DE CONSTRUCTION DE

JAMBES-NAMUR

SIÈGE SOCIAL :
JAMBES



POUR VOTRE PUBLICITÉ...

L'OSSATURE MÉTALLIQUE

Revue mensuelle des applications de l'acier

Tirage moyen : 4 000 exemplaires

L'OSSATURE MÉTALLIQUE assure une importante distribution gratuite et atteint mensuellement, ou par intermittence, plus de 20 000 firmes nationales et étrangères.

PROFITEZ DE NOTRE LARGE DIFFUSION!

INDEX DES ANNONCEURS

	Pages		Pages
A. C. E. C.	14	Constructions Métalliques de Jemeppe- sur-Meuse	39
A. C. M. T.	40	Laureys	10
L'Air Liquide	2	S. A. L. Leemans & Fils	41
Arcos	11	Laminoirs de Longtain	12
A. S. E. A.	13	Manutention Automatique	18
Astral-Celluco	10	Moussiaux	38
Awans-François	46	Nobels-Pelman, S. A.	couv. IV
Baeyens	46	Ougrée-Marihaye	29
Balteau	43	L'Oxydrique Internationale	21
Baume et Marpent	7	Philips, S. A.	16
B. E. I.	43	Pieu Palmé	46
Belgian Shell	20	Sabena	47
Usines Gustave Boël	15	Sage	40
Ateliers de Bouchout et Thirion Réunis	35	Siderur	32
Bronswerk	42	Silentbloc	42
P. & M. Cassart	1	Soudométal	4
C. B. L. I. A.	48	Symons	48
Chamebel	27	Tecnicolux	36
Cockerill	couv. III	Thy-le-Château & Marcinelle	23
Columeta	8-9	Titan Anversois	45
Davum	26	Usines à Tubes de la Meuse	28
Alexandre Devis & C ^o	30-31	Ucométal	24-25
Société Métallurgique d'Enghien Saint- Eloi	II couv.	U. T. I. L.	37
E. S. A. B.	33	Ateliers Vanderplanck	38
Frère-Bourgeois	44	Wanson	22
Usines Gilson	17	Anciens Ets Paul Wurth	19
Herincx-Roneo	34		
Ateliers de Construction de Jambes- Namur	47		