

# L'OSSATURE MÉTALLIQUE

REVUE MENSUELLE DES APPLICATIONS DE L'ACIER

éditée par

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

38, boul. Bischoffsheim, Bruxelles - Téléph. : 17.16.63 (2 lignes)

Chèques post. : 340.17 - Adr. télégr. : « Ossature-Bruxelles »

12<sup>e</sup> ANNÉE

N<sup>o</sup> 3 - MARS 1947

## S O M M A I R E

L'emploi des cintres métalliques dans l'établissement de grandes voûtes en béton, par C. F. B. Lemaire . . .	105
L'acier dans les constructions agricoles . . . . .	117
Le pont Sainte-Rose à Montréal (Canada) . . . . .	122
Le pont-route sur le Rhône, à Granges (Suisse), par A. Lambotte . . . . .	126
Développements récents dans l'entretien des ponts métalliques de portée moyenne, par D. J. Davies . . . . .	129
Bases du calcul des assemblages par points soudés, par A. Joukoff . . . . .	138
CHRONIQUE : Le marché de l'acier pendant le mois de janvier 1947. - Les maisons métalliques en Angleterre. - Le centenaire de l'Association des Ingénieurs sortis de l'Université de Liège (A. I. Lg.) - Nouveaux bâtiments de la S. A. Baume et Merpent	150
BIBLIOTHÈQUE . . . . .	152
BIBLIOGRAPHIE . . . . .	154

COUVERTURE : La photographie de la couverture représente le pont Sainte-Rose à Montréal (Canada).

ABONNEMENTS 1947 (11 numéros) :

**Belgique, Grand-Duché de Luxembourg, Congo belge** : 160 francs belges.

**France et ses Colonies** : 700 francs français, payables au dépositaire général pour la France : Librairie des Sciences GIRARDOT & C<sup>ie</sup>, 27, quai des Grands-Augustins, Paris 6<sup>e</sup> (Compte chèques postaux : Paris n<sup>o</sup> 1760.73).

**Etats-Unis d'Amérique et leurs possessions** : 8 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** : 280 francs belges.

Tous les abonnements prennent cours le 1<sup>er</sup> janvier.

PRIX DU NUMÉRO :

**Belgique, Grand-Duché de Luxembourg, Congo belge** : francs belges 20,- ;  
**France** : francs français 80,- ; **autres pays** : francs belges 35,-.

DROIT DE REPRODUCTION :

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

**ÉLECTRODES  
OUTILLAGE  
TRANSFORMATEURS**  
POUR SOUDURE A L'ARC

---

**MÉTAUX D'APPORT**  
AUTODÉCAPANTS OU AUTODÉSOXYDANTS  
POUR LA SOUDURE AU CHALUMEAU

---

**DÉCOUPAGE OXYÉLECTRIQUE  
ARCOS-OXYARC**

---

**ARCOS**

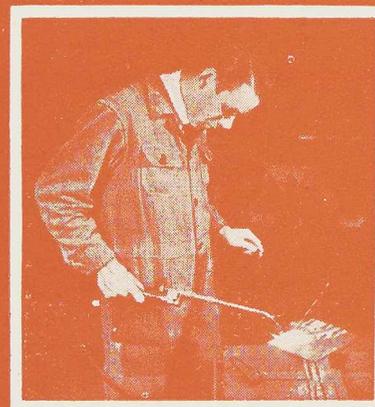
---

LA SOUDURE ÉLECTRIQUE AUTOGÈNE

S. A.

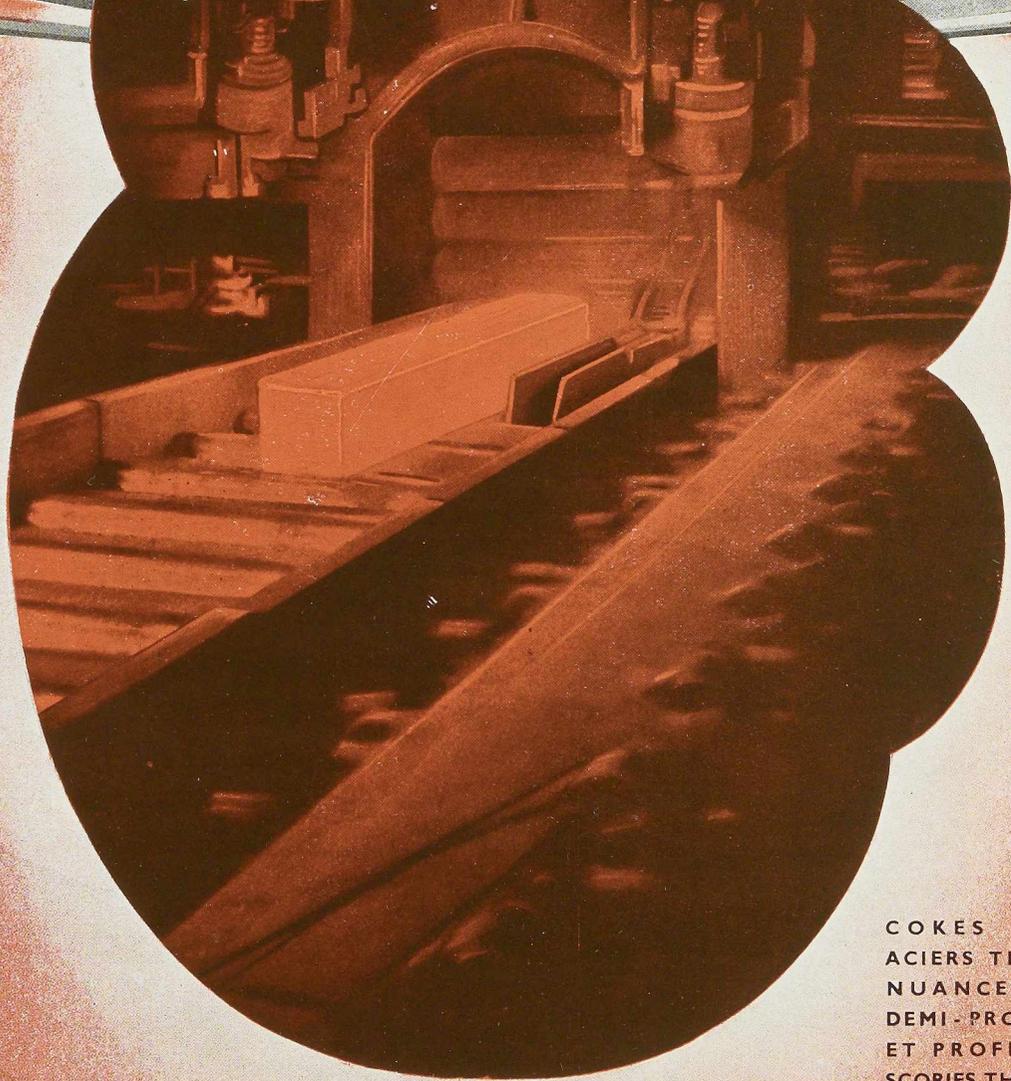
58-62, RUE DES DEUX-GARES — TÉL. 21.01.65

BRUXELLES



S

*nos profils...*



COKES ET FONTES.  
ACIERS THOMAS TOUTES  
NUANCES EN LINGOTS,  
DEMI-PRODUITS, BARRES  
ET PROFILS SPÉCIAUX.  
SCORIES THOMAS ET CEMENTS.

SOC. AN. DES HAUTS-FOURNEAUX FORGES & ACIERIES DE  
**THY-LE-CHATEAU & MARCINELLE**

MARCINELLE : TÉL. CHARLEROI 122.93 • TÉLÉGR. WEZMIDI-CHARLEROI

**ÉLECTRODES « CITO »**

À ENROBAGE COMPRIME  
BREVETS OERLIKON-INTERCITO  
(Belgique et Etranger)

**EXPORTATION**

LIVRAISON DE STOCK

# **SOUDOMETAL S. A.**

ÉLECTRODES DE QUALITÉ  
POUR TOUS ACIERS ET  
POUR LA FONTE

BUREAUX ET USINES :

CHAUSSÉE DE RUYSBROECK, 83 — FOREST-BRUXELLES — TÉL. : 43.45.65

ADRESSE TÉLÉGRAPHIQUE : SOUDOMÉTAL-BRUXELLES



NOS SPÉCIALITÉS :

Brides de tuyauteries pour hautes pressions  
Tôles et accessoires galvanisés  
Emboutis lourds et moyens  
Ressorts - Am'Acier - Pièces en acier moulé  
et pièces forgées (brutes et parachevées)

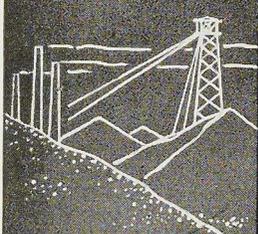
**LES ATELIERS MÉTALLURGIQUES** S.  
A.  
**NIVELLES**

USINES A NIVELLES - TUBIZE - LA SAMBRE - MANAGÉ

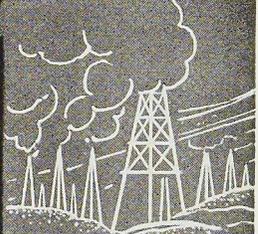
Locomotives - Tenders - Wagons - Voitures - Ponts - Grues - Charpentes

# TUBES POUR TOUTES ACTIVITÉS

CHARBONNAGES



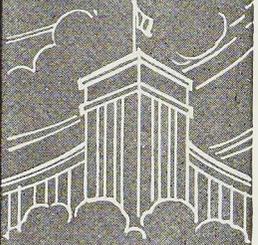
PÉTROLE



CANALISATIONS



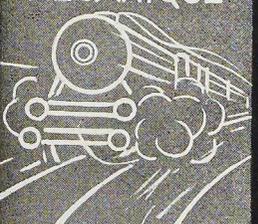
TRAVAUX PUBLICS



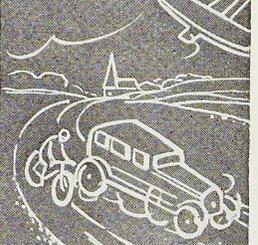
EAU



GAZ



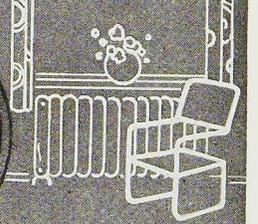
SPORTS



TRANSPORT DE FORCE



LE HOME



TOUS DIAMÈTRE  
DE 3<sup>m</sup> A 1250<sup>m</sup>  
ET PLUS

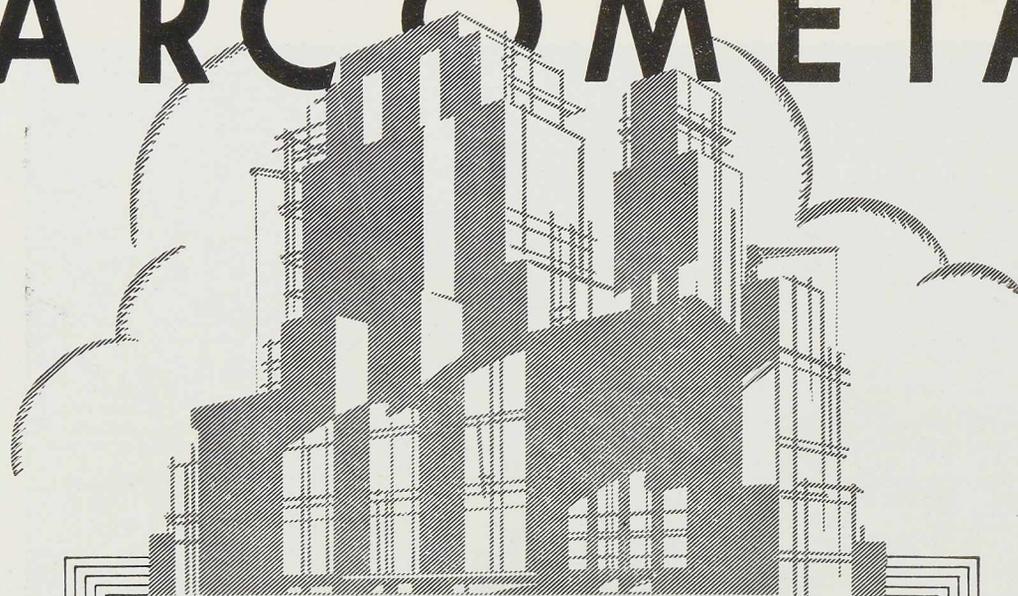


# USINES A TUBES DE LA MEUSE

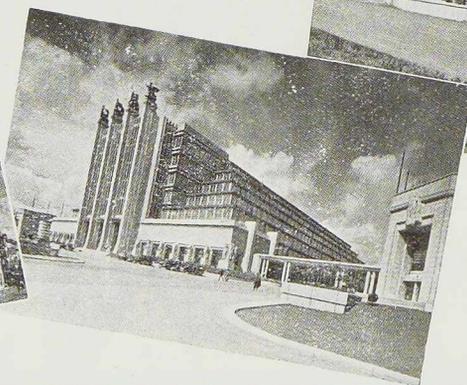
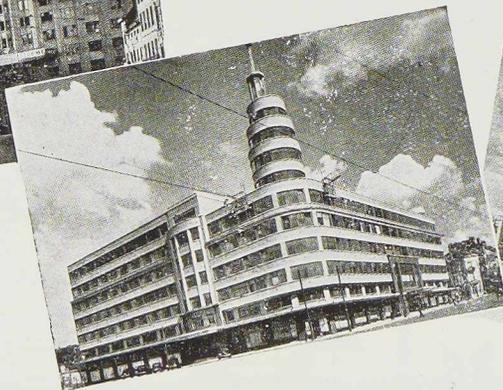
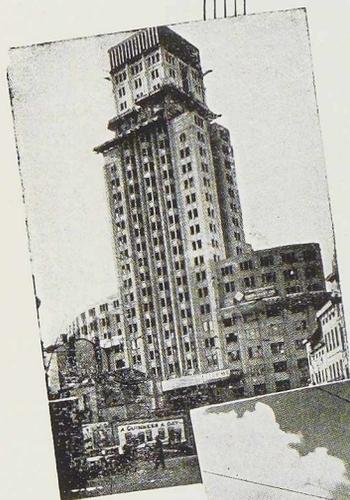
STEAM FLEM. HAUTE BELGIE

SOBELPRO

# FARCOMETAL



Armature - coffrage métallique pour béton armé et lattis métallique léger pour cloisons et plafonds. • Supprime le bois de coffrage et tous ses inconvénients. " Accroche " le béton et les enduits de façon parfaite. Demandez-nous, sans engagement, notre notice détaillée.



**ATELIERS DE BOUCHOUT & THIRION RÉUNIS**

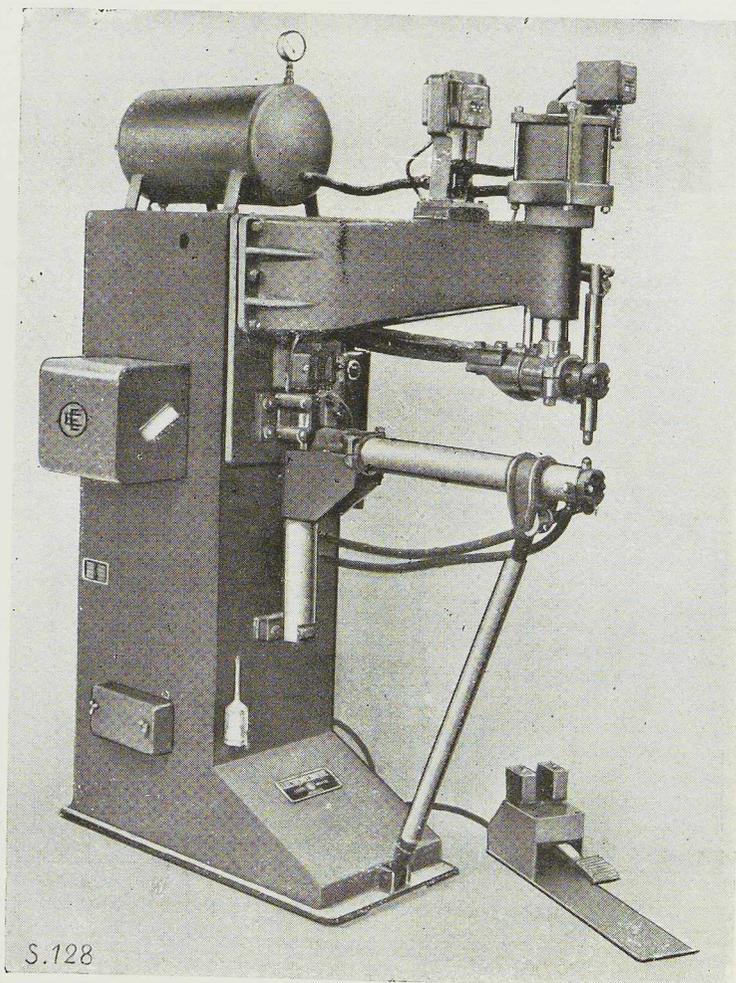
SIÈGE SOCIAL : 249-253, CHAUSSÉE DE VLEURGAT, BRUXELLES • TEL. 44.48.80 (4 LIGNES)

USINES A BOUCHOUT ET VILVORDE



# SOUDURE PAR RESISTANCE

POUR TOUTES  
APPLICATIONS  
DE SOUDURE  
ELECTRIQUE  
PAR RESISTANCE  
CONSULTEZ-NOUS



SOUDEUSE AU POINT 50 kVA

*Un procédé de soudure pour chaque problème*



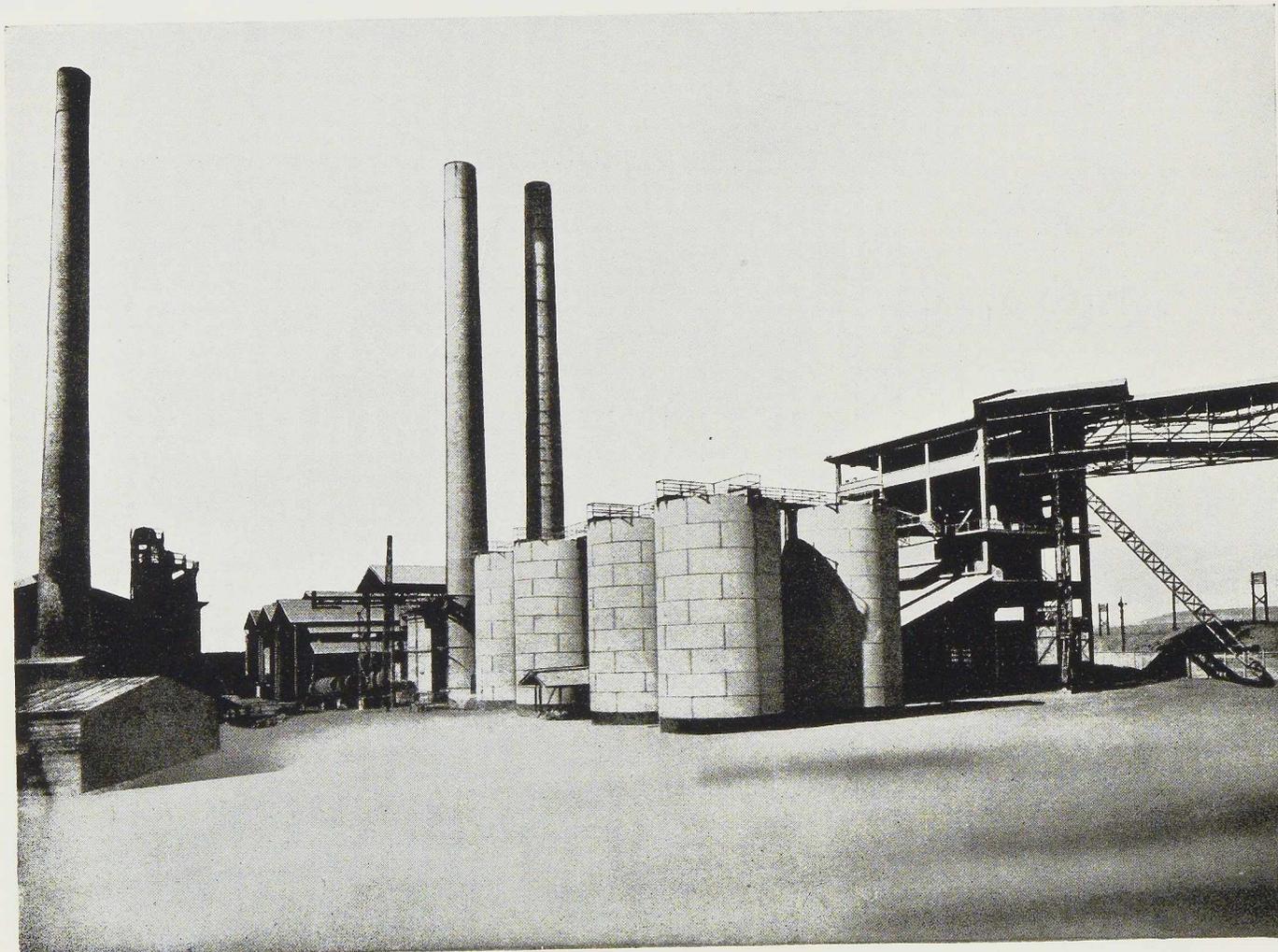
S.A.

**ELECTROMECHANIQUE**

BRUXELLES

19-21 RUE LAMBERT CRICKX · TEL: 21.00.65 · TELEGR: ELECTROMECHANIC

**SOCIETE ANONYME DES  
ANCIENS ETABLISSEMENTS**



Charpentes métalliques et silos en tôle d'une cimenterie en Egypte. Poids : 650 tonnes

# **PAUL WURTH LUXEMBOURG**

TÉLÉPHONE : 23.22 - 23.23 - 28.52. ADRESSE TÉLÉGRAPHIQUE : PEWECO-LUXEMBOURG

**CONSTRUCTIONS METALLIQUES  
APPAREILS DE LEVAGE  
ET DE MANUTENTION  
FONDERIE D'ACIER  
MECANIQUE GENERALE**

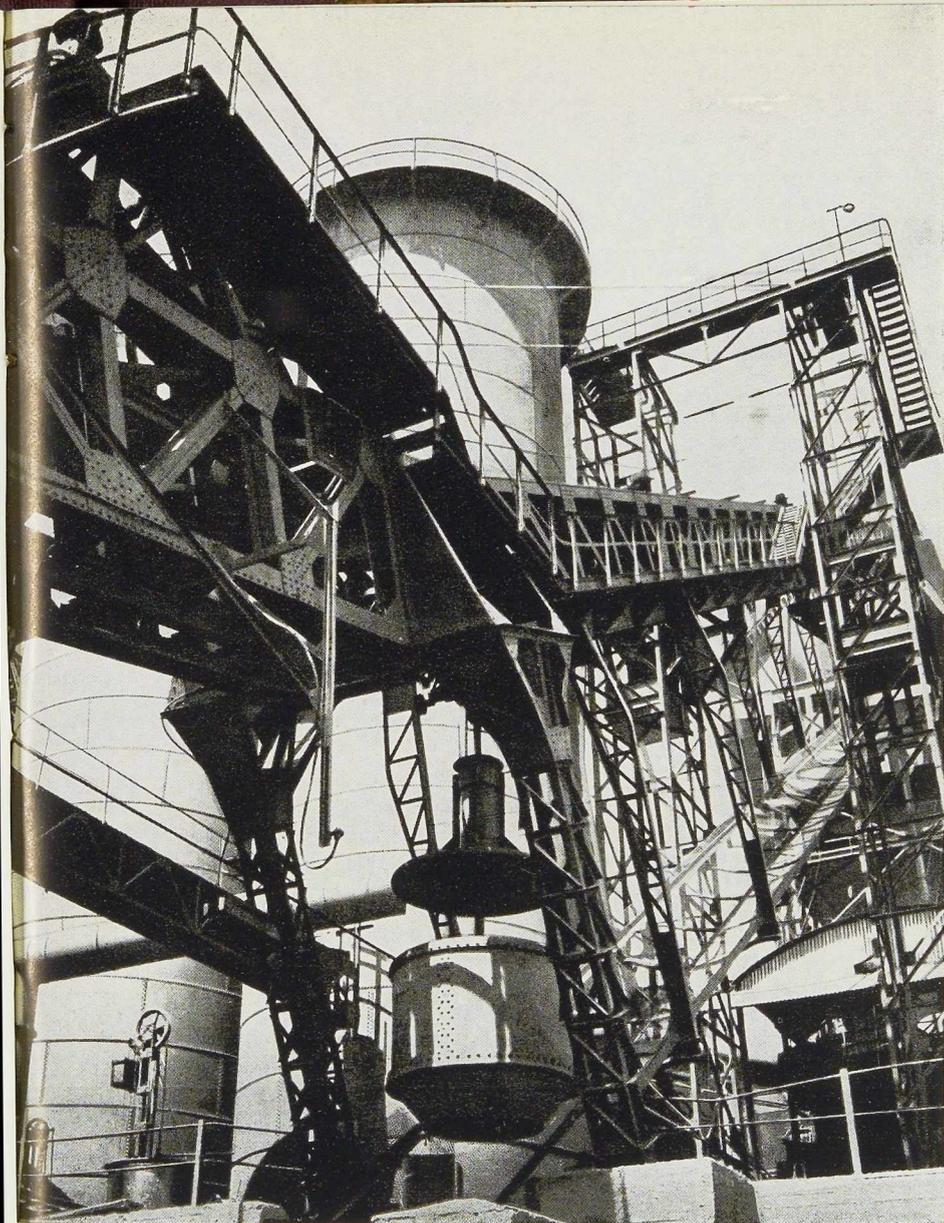


PHOTO W. KESSELS

#### **FOURS À COKE**

Cokes : industriels et domestiques. Goudron. Sulfate d'ammoniaque. Huiles légères, etc.

#### **HAUTS FOURNEAUX**

Fontes.  
Laitiers granulés et concassés.

#### **ACIÉRIES**

Bessemer. Thomas. Martin  
Electrique. Aciers ordinaires et spéciaux. Aciers à ressorts.  
Scories Thomas.

#### **LAMINOIRS**

Rails. Eclisses. Poutrelles I, U, L, T, etc. Tôles lisses. Tôles striées. Tôles à larmes. Grandes plats. Aciers marchands. Verges droites. Fil machine. Demi-produits.

#### **FORGES**

Bandages et essieux. Pièces de grosse forge. Aciers pour matrices.

#### **FONDERIES**

Pièces en fonte et en acier. Grosses pièces jusqu'à 25 T. Cuvelages pour puits de mines.

#### **ATELIERS DE PARACHÈVEMENT**

Usinage de pièces de fonte et d'acier. Trains montés pour voitures, wagons et locomotives.

#### **BOULONNERIES**

Boulons. Crampons. Tirefonds et rivets.

**USINES  
GUSTAVE**

S. A. USINES GUSTAVE BOËL  
**LA LOUVIÈRE (BELGIQUE)**

Téléphones : 522, 525, 532, 1133 L. L. — Télégrammes : BOËL, LA LOUVIÈRE

**BOËL**

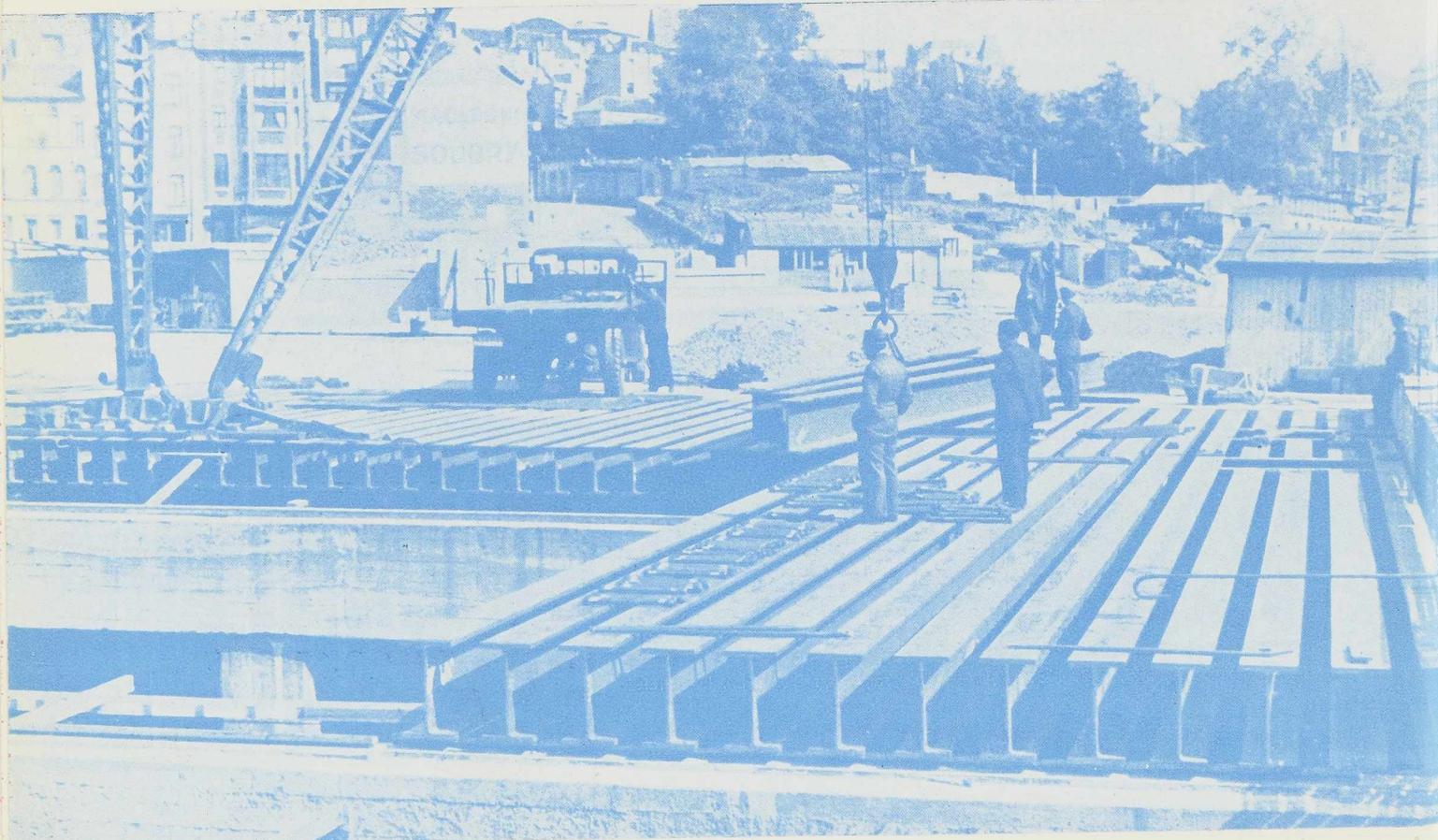


# DE DIFFERDANGE

AGENCE DE VENTE POUR LA BELGIQUE ET LE CONGO BELGE

DAVUM, S. A., 22, rue des Tanneurs, 22, Anvers.  
Téléphone 299.17. (5 lignes) — Télégramme Davumport

Jonction Nord-Midi,  
Passage inférieur de la rue de Brabant, à Bruxelles.  
(Constructeurs : Ateliers de Willebroeck.)



# L'OSSATURE MÉTALLIQUE

REVUE MENSUELLE DES APPLICATIONS DE L'ACIER

12<sup>e</sup> ANNÉE - N° 3

MARS 1947

## L'emploi de cintres métalliques dans l'établissement de grandes voûtes en béton

par C. F. B. Lemaire,

Ingénieur des Constructions civiles A. I. G.

Il a été fait usage, en Belgique, au cours des quinze ou vingt dernières années, de charpentes métalliques pour constituer les cintres de voûtes d'ouvrages d'art importants. Ces cintres pouvaient avoir un caractère provisoire, supportant pendant un laps de temps plus ou moins long tout ou partie de l'ouvrage, ou bien ils étaient eux-mêmes incorporés dans la voûte et y jouaient un rôle d'armatures; ce second cas d'application des cintres métalliques incorporés peut offrir des avantages spéciaux et déterminants. Par exemple, si la voûte à construire se trouve au-dessus d'une voie de communication par route, par rail ou par eau, laquelle doit conserver pendant tout le délai d'exécution des travaux le gabarit normal de passage, excluant en conséquence toute réduction ou tout appui intermédiaire.

Autre exemple, d'une actualité particulière depuis quelques années et résultant des travaux d'électrification des chemins de fer dans de nombreux pays : en effet, le gabarit de sécurité des ouvrages d'art d'une ligne de chemin de fer, à écartement normal et à traction à vapeur, comporte d'ordinaire une hauteur libre de 4<sup>m</sup>80 au-dessus du rail. Par contre, la hauteur des lignes de contact est de 5<sup>m</sup>50 dans le cas de la traction électrique. Au passage des ouvrages, elles peuvent être réduites à 5<sup>m</sup>05 voire même à 5<sup>m</sup>00. Il faut donc, dans la plupart des cas des anciens réseaux ferrés à électrifier, rehausser le tablier des passages supérieurs ou le remplacer par un tablier nouveau ou une voûte en maçonnerie, en béton

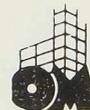
ordinaire ou en béton armé, plus ou moins surbaissée. Le plus souvent, l'abaissement du niveau du rail est onéreux et augmente les difficultés d'un bon écoulement d'eau de la plateforme. L'emploi de cintres incorporés peut donc se justifier dans les cas d'un minimum de hauteur disponible. Des applications ont été faites ou sont prévues dans les travaux d'art pour l'électrification d'une partie du réseau des chemins de fer belges.

La présente note a pour but de décrire quelques cas typiques importants d'emploi des cintres métalliques.

### Les cintres du grand palais du « Centenaire »

Pour ceux de nos lecteurs qui ne posséderaient plus le n° 6, de juin 1934, de *L'Ossature Métallique*, et contenant une note importante du professeur Louis Baes sur « Les Grands Palais de l'Exposition universelle et internationale de Bruxelles 1935, aperçu général concernant les ouvrages métalliques », rappelons brièvement l'application de cintres métalliques sur lesquels furent bétonnés les arcs du grand palais principal, couvrant à lui seul près de 1.500 m<sup>2</sup>.

Ce Grand Palais comporte une longueur totale de 158 mètres sur une largeur de 90 mètres, sans appui intermédiaire. Il est constitué de 12 arcs en béton armé, écartés de 12 mètres d'axe en axe, de 86 mètres de portée et d'une hauteur de 31 mètres sous clef. Ces arcs sont à trois rotules



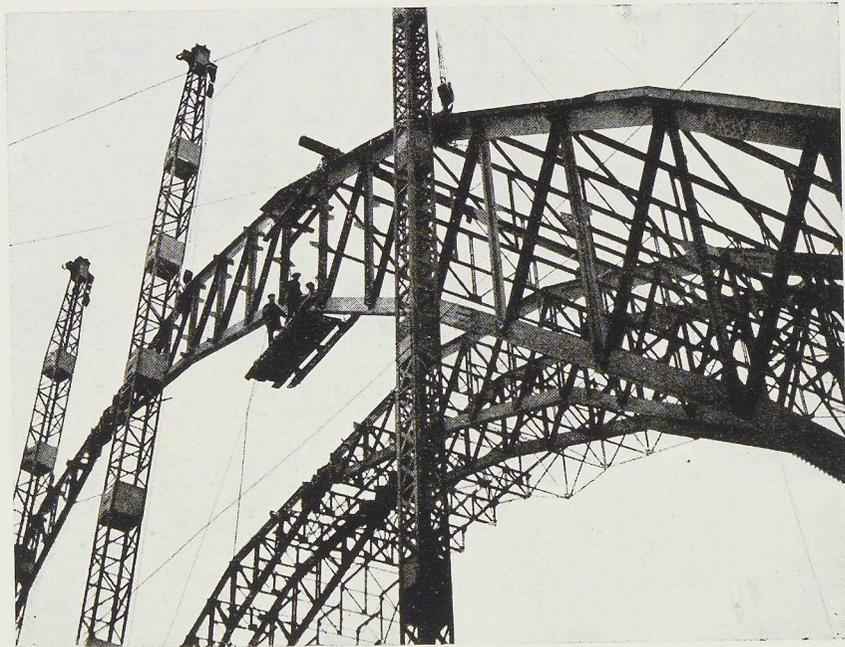
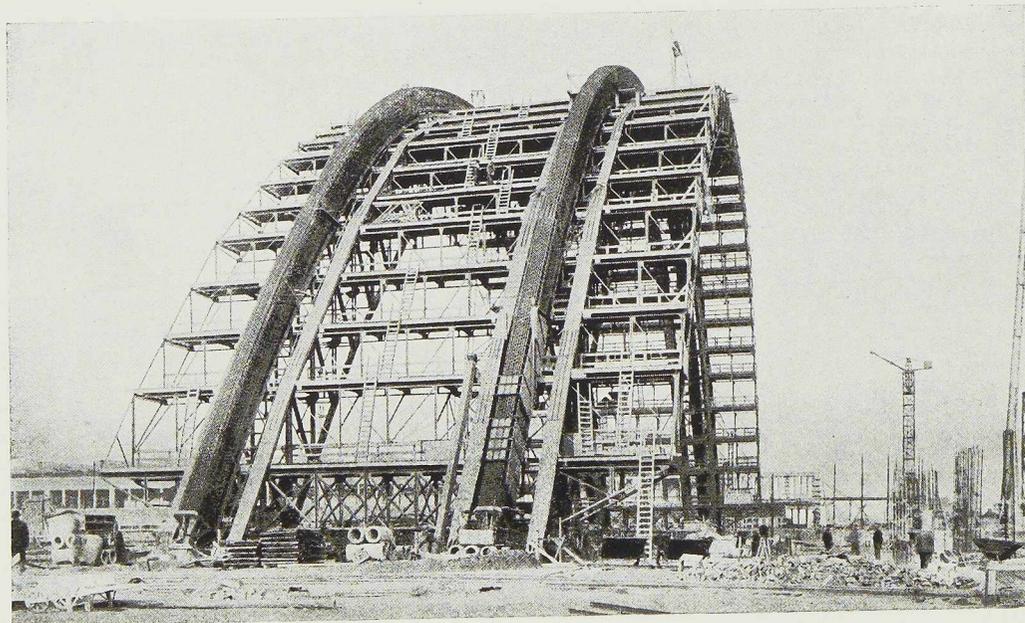


Fig. 127 et 128. Montage d'une ferme du cintre métallique et cintre métallique achevé du Grand Palais de l'Exposition Universelle et Internationale de Bruxelles 1935; les diverses plates-formes constituent les planchers de travail.



(Photo Peeters.)



et associés deux à deux. Ils ont donc été exécutés et décentrés par couples. Le cintre d'un tronçon complet d'ossature en béton armé, soit deux arcs avec leurs accessoires ou 1.600 tonnes, comprend 4 fermes métalliques à 3 rotules en treillis à grandes mailles. Les arcs métalliques du cintre ont 85 mètres de portée et le cintre complet a une largeur totale de 24 mètres.

On a utilisé des poutrelles à larges ailes (D I R 100 ou D I N 100 ou 80) coupées en deux pour constituer les membrures des fermes de cintre; celui-ci comporte des rotules cylindriques.

Le problème du décentrement et du déplacement du cintre a été particulièrement délicat; il a été remarquablement résolu dans des délais minima. On a décentré en écartant les arcs à la clef, au moyen de deux vérins placés en cet endroit (vérins de 300 t).

Le court délai imposé a nécessité le déplacement d'une seule masse de la charpente du cintre, opération de montage de premier ordre comme le fait remarquer le Professeur L. Baes, car il s'agissait de riper chaque fois de 24 mètres une charpente de 85 mètres de portée, pesant au total 750 t. Cette opération a parfaitement réussi, elle prenait 3 heures.

Le travail réalisé au Grand Palais de 1935 montre l'heureuse intervention de l'acier dans la réalisation d'un ouvrage en béton armé, exigeant des soins tout particuliers et un délai de réalisation minimum.

#### Les cintres métalliques du viaduc de la Pède

Parmi les nombreux ouvrages d'art de la ligne directe de chemin de fer de Bruxelles-Midi à Gand-Saint-Pierre, le plus remarquable est certainement celui construit, à vingt mètres de hauteur, au-dessus de la vallée de la Pède, aux environs de Bruxelles (1).

Ce viaduc comprend 16 arches (du type articulé à la clef et aux naissances théoriques), en plein cintre dont 10 de 31<sup>m</sup>35 d'ouverture et 6 de 32<sup>m</sup>30, réparties en quatre séries de 4 arches séparées par des piles culées. L'ouvrage est construit en béton ordinaire et en béton armé, d'un poids mort aussi faible que possible eu égard au mauvais sous-sol de la vallée.

Les voûtes ont été réalisées successivement par groupes de quatre, sur cintres métalliques et voligeage. Après prise suffisante du béton, les quatre cintres étaient successivement décalés, ripés, posés sur wagons par l'intermédiaire de supports

(1) Voir la « Note sur quelques ouvrages voûtés en béton » par le professeur R. Desprez, chef du service d'études des ouvrages d'art à la S. N. C. B. (*Bulletin de l'Association internationale du Congrès des Chemins de Fer*, mars 1933).

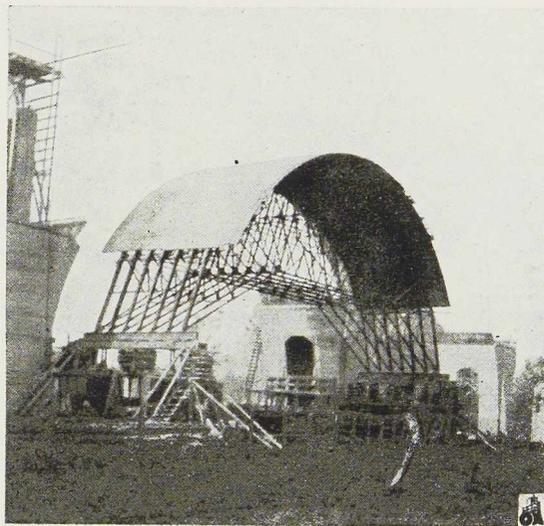


Fig. 129. Mise en place du cintre métallique de 20 mètres de hauteur, ayant servi pour la construction du viaduc de la Pède (Entreprises Charels et Abras).

en bois et déplacés, le long d'une voie de chantier à large écartement, au moyen de câbles.

Ces différentes opérations, et celles subséquentes de remplacement des cintres au droit du groupe suivant de voûtes, se sont déroulées parfaitement.

#### Utilisation de cintres métalliques au viaduc de Renory

Ce viaduc, situé sur la nouvelle ligne de chemin de fer de Fexhe-le-Haut-Clocher à Kinkempois, comporte 9 voûtes en béton de 61<sup>m</sup>40 d'ouverture et une voûte de 34 mètres.

Des cintres métalliques y étaient prévus et combinés de manière à pouvoir bétonner les voûtes sur toute leur largeur. Voici, en résumé, les dispositions prises dans ce cas également typique de l'alliance du béton et de l'ossature métallique.

Compte tenu des passages locaux à maintenir libres en tout temps et de la mauvaise nature du terrain, des appuis multiples des cintres ne sont pas possibles. De plus, les voûtes à jeter au-dessus de la Meuse devaient maintenir au cours de leur construction, de larges passes navigables. L'adoption de cintres métalliques à trois articulations, paraît donc bien justifiée.

Les appuis indéformables des cintres sont réalisés par des dés provisoires en béton fretté qui font corps avec les piles. Autre avantage : l'heureuse similitude de l'arc à trois rotules pour les

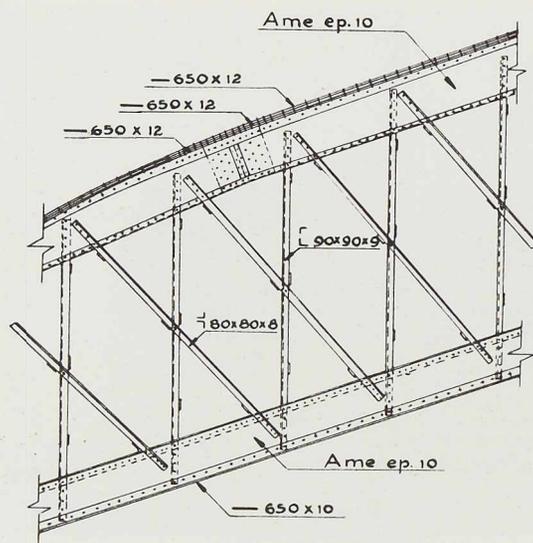


Fig. 130. Détail du cintre métallique.

voûtes comme pour les cintres. Ceux-ci comprennent quatre poutres, figures 131 et 132, en treillis double, du type en caisson, à mailles serrées.

Le pied du cintre pose sur le dé au moyen d'une articulation en acier moulé; le taux maximum de fatigue du béton fretté atteint  $250 \text{ kg/cm}^2$ . La même solution n'est pas possible à la clef; les

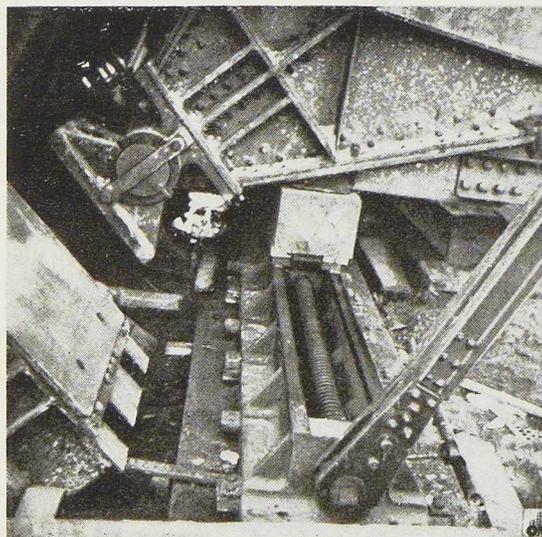


Fig. 131. Articulation du pied du cintre du viaduc de Renory.

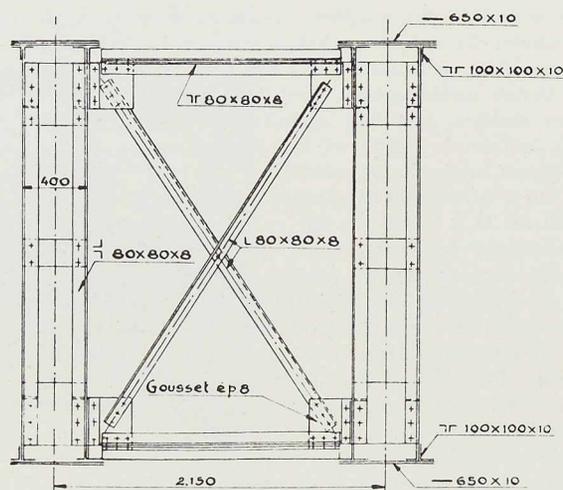


Fig. 132. Coupe transversale.

vérins hydrauliques ne convenaient pas non plus, des mouvements dans le cintre pouvant compromettre leur fonctionnement. On a eu recours à des boîtes à sable, spécialement étudiées, compte tenu de la pression de 500 t qu'elles devaient supporter.

Cette solution a été concluante, de complète sécurité et pratique. Elle est à recommander dans des cas analogues <sup>(1)</sup>.

Les cintres comprennent plusieurs tronçons rivés, ceux-ci étant assemblés au moyen de boulons. Dans certains cas, les cintres furent montés à terre et puis dressés au moyen de chèvres stables par elles-mêmes. En d'autres cas, il fallut recourir à des échafaudages pour monter les cintres desservis par pont roulant.

#### La première réfection du viaduc de Renory en 1940-1942

Les trois arches en rivière, chacune de  $61^{\text{m}}40$  de portée et de 8 mètres de largeur à l'intrados, ont été détruites par l'armée belge, en 1940. Elles ont été reconstruites en utilisant des cintres métalliques. Dans le but de réduire la quantité d'acier nécessaire à cette fin, il a été décidé que chaque arche comprendrait deux parties de 4 mètres de largeur à l'intrados, chaque demi-arche étant exécutée au moyen d'un cintre métallique

<sup>(1)</sup> D'après la note « Le viaduc de Renory » par les ingénieurs J. Dubus et R. Loontjens (*Bulletin de l'Association internationale du Congrès des Chemins de Fer*, juin 1930).





Fig. 133, 134 et 135. Différents stades de montage des cintres du viaduc de Renory.

pouvant se décoffrer et être ripé en sécurité. De plus, les cintres devaient être conçus de manière à rester à l'extérieur d'un gabarit imposé par la navigation. Ce gabarit comprenait pour chaque arche un rectangle de 20 mètres de largeur et de 7<sup>m</sup>50 au-dessus de la flottaison.

Chaque cintre (du type à trois articulations) se composait de deux fermes espacées de 3 mètres d'axe en axe, reliées entre elles par des contreventements verticaux et horizontaux. Chaque demi-ferme était formée de trois tronçons entièrement rivés en l'atelier et assemblés par boulons, au montage. La membrure supérieure est parallèle à l'intrados de l'arc en béton et la membrure inférieure est droite dans chaque tronçon. La hauteur maximum d'un tronçon était de 3 mètres de façon à permettre l'expédition par wagons.

Le cintre recouvert d'un platelage en tôles lisses de 8 mm d'épaisseur servait de coffrage. Ces tôles reposaient sur des traverses où elles étaient boulonnées. Des cornières soudées aux tôles du platelage formaient longrines. Les traverses de 4 mètres de longueur reposaient sur les membrures supérieures des demi-fermes au droit des nœuds principaux et secondaires du treillis et y reportaient les charges du béton.

Des deux côtés du cintre, il était prévu une passerelle de service avec platelage en bois, prenant appui sur des consoles à l'endroit de chacun des nœuds principaux des fermes. Ces consoles avaient été déterminées pour reprendre par bracons en bois la poussée horizontale provenant des coffrages latéraux.

Les articulations de naissance étaient réalisées par rotules en acier avec sabots inférieurs et su-

périeurs en acier moulé. Les sabots inférieurs reposaient sur le béton par l'intermédiaire de châssis métalliques avec fourrures intercalaires. A noter que les rotules ont dû être placées avec une très grande précision étant donné la portée de l'ouvrage et la nécessité de riper le cintre.

L'articulation de clef était constituée par les boîtes à sable servant au décintrement. Il y avait deux boîtes par cintre (1).

#### Réutilisation des cintres métalliques par l'armée américaine

Une des réalisations les plus spectaculaires des missions confiées aux Armées américaines, raconte M. G. Waldo Bowman (2) lors de la prise de Liège, fut la réfection urgente du viaduc à double voie de Renory. Une des dix arches, celle de l'extrémité Est de l'ouvrage, avait été détruite par les bombes alliées. Pour fermer l'ouverture au moyen de poutres droites sur plusieurs appuis, il fallait ériger deux piles intermédiaires d'une hauteur de 20 mètres environ au-dessus de la vallée de la Meuse. Pour des raisons de sécurité, une seule travée était à prévoir. Le service de la voie de la Société Nationale des Chemins de Fer belges ayant signalé au « 1053 Port construction and repair Group » que les cintres métalliques utilisés à la reconstruction de la voûte pendant la guerre, avaient été mis en dépôt pour leur réutilisation

(1) Travaux confiés à la « Compagnie belge de Chemins de Fer et d'Entreprises ». Parties métalliques fournies et montées par les Ateliers Awans-François à Bierset.

(2) Voir *American military engineering in Europe, from Normandy to the Rhine*, par Waldo G. Bowman, rédacteur en chef de la revue *Engineering News Record*, 1945.

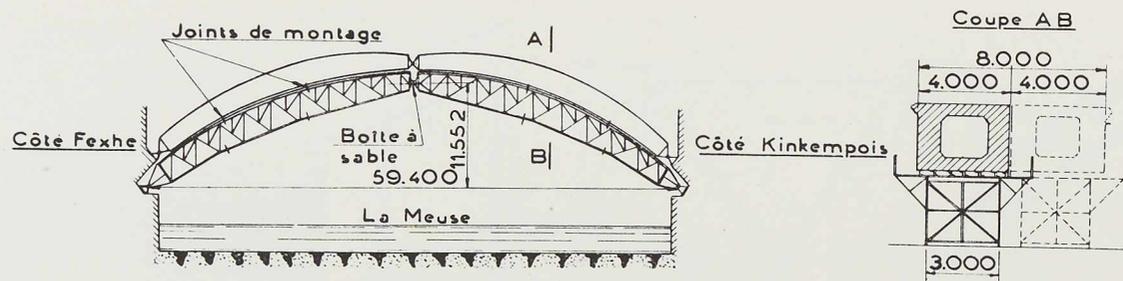


Fig. 136. Elévation et coupe du cintre du viaduc de Renory, sur la Meuse.

éventuelle lors de la libération de la région liégeoise. Il fut immédiatement proposé de les réemployer comme poutres principales de la nouvelle travée. Cette proposition fut agréée et une arche métallique rompt provisoirement l'apparente continuité du pont. D'ailleurs, malgré de fâcheuses interruptions, cette arche de secours fut construite rapidement pendant la période allant du 27 novembre 1944 au 28 janvier 1945.

Ainsi que nous l'avons rappelé plus haut, les voûtes originales de cette importante construction furent également réalisées sur cintres métalliques en 1929-1930, mais d'un autre type. Les cintres utilisés à la reconstruction, lente d'ailleurs, pendant l'occupation allemande, étaient au nombre de six. Quatre d'entre eux furent utilisés à raison de deux sous chaque rail pour supporter une voie simple de passage, suivant un accord intervenu entre les ingénieurs américains et belges.

Deux cintres purent ainsi être réservés au cintre de la demi-voûte à reconstruire ultérieurement et à titre définitif par la S. N. C. B., au droit de la seconde voie.

Chaque cintre métallique pèse environ 45 tonnes. Les quatre cintres ont été solidarités, de façon à obtenir un tablier assurant une répartition homogène des surcharges mobiles le sollicitant à vitesse réduite. Toutes les liaisons réalisées en campagne furent soudées.

L'érection des arcs s'est faite à l'aide de mâts métalliques haubanés et articulés, de 25 mètres de hauteur environ, d'un derrick de 28 mètres de hauteur, plus un échafaudage monté sur un ponton. Etant à trois articulations, les cintres ont d'abord reçu leurs pivots à la partie inférieure, puis les deux demi-arcs furent dressés de façon à pouvoir les réunir par l'articulation du sommet.

La mission confiée aux armées américaines n'était pas exceptionnellement importante, mais

sévère. Elle a nécessité l'utilisation de plus de 900 mètres d'électrodes de campagne, de 10.000 boulons, 200 tonnes d'acier neuf de structure et 14.000 mètres courants de charpente. Il ne faut pas sous-estimer non plus l'influence des intempéries et des attaques allemandes. Bien des fois l'acier était couvert de glace, il neigeait souvent et quand la bataille de la libération approcha de la Meuse, les Allemands bombardèrent le site. Les bombes volantes provoquèrent certains troubles dans la main-d'œuvre juchée à quelque 30 mètres au-dessus du sol.

#### Les cintres métalliques pour la reconstruction du pont de Huy<sup>(1)</sup>

Il fallait que les dispositions prises soient autant que possible à l'abri des sujétions d'intempéries. Dès lors, il n'était pas possible d'envisager le battage en rivière, en automne 1940, de supports de cintres qui auraient été emportés par les glaces ou les crues. Il fut donc décidé de prévoir,



Fig. 137. Montage des cintres en acier du viaduc de Renory.

(1) Travail exécuté par les Entreprises S. A. Blaton-Aubert à Bruxelles. Parties métalliques fournies et montées par les Ateliers S. A. Awans-François à Awans-Bierset.





Fig. 138. Cintres métalliques du pont de Huy avec ponts roulants sur portiques.

cette fois-ci encore, des cintres métalliques reposant sur les rebords des fondations de la pile.

Chaque cintre est composé de quatre fermes en arc, à deux rotules, écartées de deux mètres et réunies par des entretoises. Le pied de ferme repose, d'une part, sur une boîte à sable qui absorbe la réaction verticale de la poussée, et, d'autre part, sur un secteur denté roulant sur une crémaillère adossée à la pile ou à la culée et qui absorbe la réaction horizontale.

Le calcul du cintre suppose la mise en charge par le premier rouleau de pierre et les claveaux de tête seulement. Ceux-ci sont censés porter les charges ultérieures à partir du moment où leurs joints sont fermés.

Les deux fermes extrêmes portant les montants verticaux d'une estacade de support d'un chemin de roulement à portique. L'expérience de la première construction du viaduc, en 1920, avait en

effet montré que la grue à câble ne permettait pas un travail avantageux, attendu qu'elle n'était capable de desservir qu'un seul point à la fois. Or, le programme établi mettait en chantier des maçons sur toute la longueur de l'ouvrage et les desservait par des engins puissants. On décida donc la construction de ponts-roulants sur portique, avec bec en porte-à-faux capables de prendre une charge de sept tonnes dans les chalands et de la poser directement en place, sur le cintre, avec toute la précision voulue. Chaque pont-roulant desservait une arche et demie et les trois mouvements : levage, translation du chariot, déplacement longitudinal du portique se faisaient électriquement.

Les éléments des cintres ont été acheminés par voie ferrée de l'atelier jusqu'au port de Stabbe, où, sur un terrain avoisinant, on a procédé à l'assemblage des demi-cintres pour les charger en-

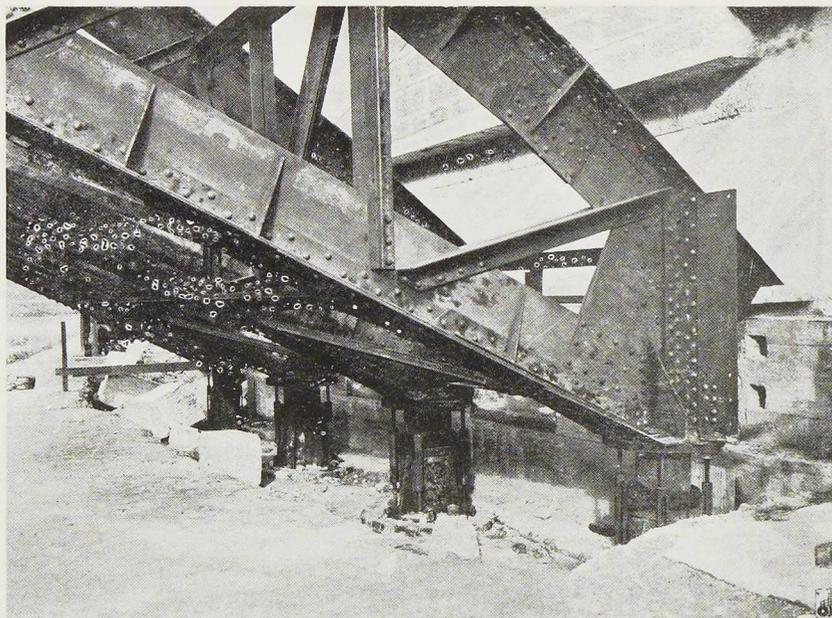


Fig. 139. Retombées des cintres du pont sur l'Escaut, à Gand.

suite sur chalands. Arrivés sur place, ils ont été repris par trois bigues flottantes pour être montés et assemblés directement.

Les fermes de cintres ont été étudiées et calculées comme arcs à deux articulations. On a prévu le décintrement par descente verticale du cintre, en faisant reposer chaque ferme sur deux boîtes à sable de construction perfectionnée. Cette opération s'est déroulée exactement suivant les prévisions; des témoins en plâtre placés tout le long de la ligne de contact de l'intrados avec le coffrage ont permis de contrôler le décollement progressif du cintre, des naissances vers la clef (1).

#### Pont à trois arches, reconstruit sur l'Escaut à Gand

Cet ouvrage livre passage à quatre voies de chemin de fer, sur la ligne de Bruxelles-Nord à Ostende, à l'entrée de la ville de Gand. Détruit déjà en 1918, il fut démoli à nouveau en mai 1940, reconstruit pendant l'occupation allemande, il fut détruit une fois de plus en 1944 et réédifié définitivement en 1945-1946 (2).

(1) D'après la conférence faite, en 1945 à l'A. I. G., par M. E. J. Lambert, ingénieur en chef à la S. A. Entreprises Blaton-Aubert.

(2) Entreprises Maurice Delens, ingénieur A. I. G. à Bruxelles.

Il se compose d'une arche centrale, en anse de panier, de 27 mètres d'ouverture et de deux arches latérales de 15 mètres; longueur totale: 82 mètres, largeur: 17 mètres non compris deux trottoirs en encorbellement de 2<sup>m</sup>25 de largeur chacun.

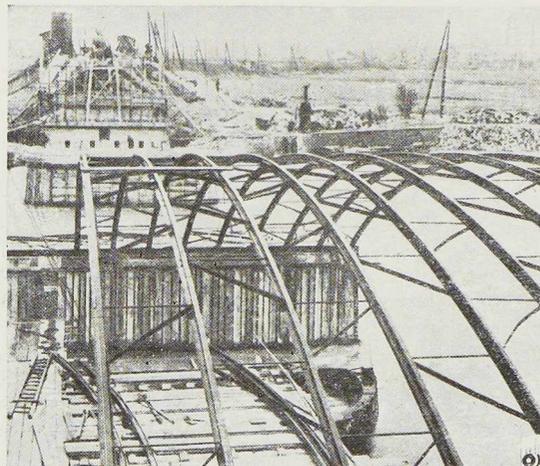


Fig. 140. Cintre non incorporé dans le béton utilisé pour la reconstruction du pont de Mours (France).



Le corps de l'ouvrage est en béton partiellement armé. Un bon aspect architectural de l'ensemble est obtenu en revêtant les têtes du viaduc et les murs de retenue de parements en briques et pierre de taille; les garde-corps sont en tubes d'acier.

Afin de maintenir intégralement la passe navigable (arche centrale) et compte tenu des difficultés d'approvisionnement des bois de charpente, il a été fait usage de cintres métalliques, légers, amenés sur barges, à pied d'œuvre et par demi-longueurs. Contrairement à l'application de la méthode dite par « cerces incorporées », ces cintres métalliques en treillis ont été conçus non seulement pour pouvoir résister au poids total de la voûte en béton, mais encore comme armatures systématiques et intégrales. La voûte a été bétonnée non par rouleaux successifs, ce qui comporte toujours un certain risque de décollement, mais en une fois sur toute son épaisseur<sup>(1)</sup>.

La construction a été réalisée en deux tronçons, chacun pour deux voies.

Chaque tronçon comportait 9 cintres en treillis en N, entretoisés et distants les uns des autres de 1 mètre environ.

#### Applications récentes en France et en Espagne

Divers systèmes de cintres modernes ont été employés en France également, avec ou sans appuis intermédiaires, avec ou sans articulations, en bois ou en métal.

Les cintres métalliques ne sont pas réemployables, en général. Ces cintres peuvent être construits en fers profilés ou en rails de façon légère et économique<sup>(2)</sup> (fig. 140).

Le procédé de feu l'ingénieur Descubes, du Ré-

seau de l'Est français, a été largement employé aussi; il comprend l'incorporation des cintres en fers assemblés ou en rails dans la masse en béton; il forme donc le premier rouleau de l'intrados de la voûte.

Au pont de Saussoy (fig. 141) le cintre est métallique en cerces légères, incorporées; on a exécuté un premier rouleau de 0<sup>m</sup>30 armé par les cerces et on a achevé la voûte par un second rouleau lié au premier par des armatures.

Au pont de Courcelles (fig. 144), on a reconstruit sans situation provisoire; la passerelle provisoire est utilisée uniquement pour le service du chantier. C'est encore le système de cintres par cerces incorporées. Le procédé est élégant, le chantier est simple, dégagé, économie de temps et de matières<sup>(3)</sup>.

L'intérêt des cintres provisoires en rails courbés réside dans la possibilité de récupérer les rails placés à l'intrados, tandis qu'aux travaux de reconstruction de 1914-1918, le cintre associé à la résistance était incorporé au béton généralement. Les rails ont été cintrés à l'aide des presses généralement employées pour le façonnage des courbes.

Prenons l'exemple du pont de Villeneuve à Soissons présentant deux arches de 21<sup>m</sup>75 de portée, à reconstruire. Pour faciliter la régularité du cintrage des rails, les transports et les manutentions, on a préparé les éléments en deux parties égales à la moitié du développement de l'intrados. La

(1) Les cintres métalliques ont été fournis par les Ateliers Métallurgiques de Nivelles.

(2) Voir la circulaire de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux publics, série K, n° 3 du 10 novembre 1941.

(3) Voir la circulaire de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux publics, série K, n° 4 du 20 novembre 1941.

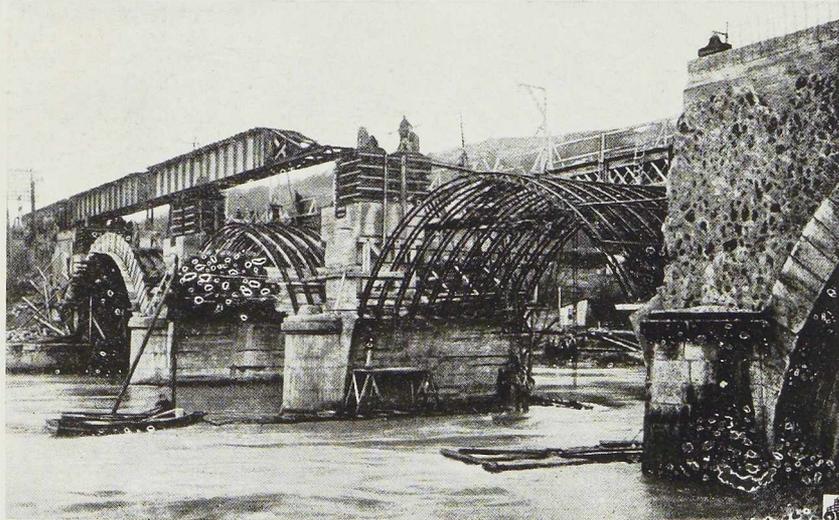


Fig. 141. Cintres métalliques incorporés, pour la reconstruction du pont de Saussoy.

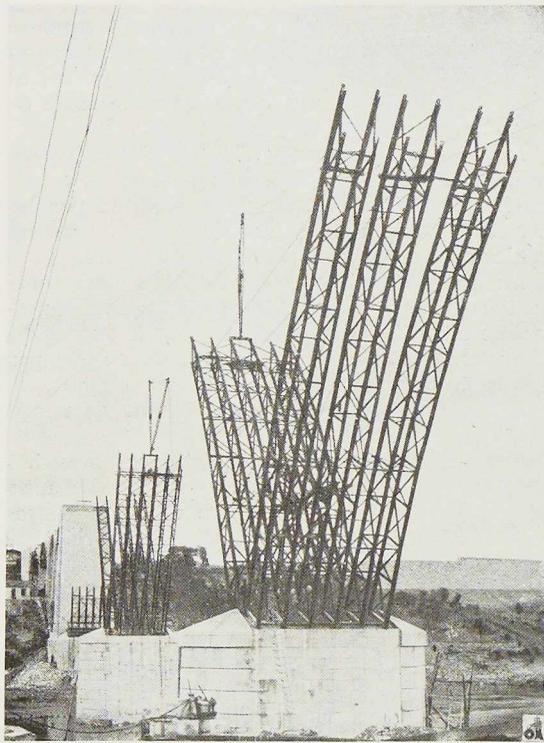


Fig. 142. Cintres du pont-rails sur le fleuve Miño, en Espagne.



Fig. 143. Reconstruction du pont du Strop, à Gand.

liaison des divers éléments entre eux a été réalisée par des entretoises en fer rond, elles-mêmes boulonnées avec les contreventements en fers plats.

Sur chaque about de rail, on a placé une boîte à sable de quelques centimètres de hauteur, puis des cales de réglage et de butée en tôle. Le levage des deux tronçons de chaque élément s'est effectué simultanément à l'aide d'une masure légère, installée sur deux chalands. Une fois amenés en position correcte, les deux tronçons ont été éclissés. Le décintrement s'est effectué sans incident. Après l'abaissement de l'ensemble obtenu par la destruction des boîtes à sable, chaque élément a été repris de part et d'autre de l'éclisse et maintenu dans sa position par des câbles, à l'aide de portiques installés sur le tablier. L'éclisse a été ensuite enlevée et la dépose s'est faite par le tronçon.

Dans le cas du système en rails courbés très légers et extrêmement déformables quoique reliés entre eux par des entretoises et des tiges filetées, il est indispensable d'effectuer le coulage du béton par voussoirs numérotés suivant un ordre déterminé, de manière que la charge soit toujours symétrique. Ce système est très économique; il est léger, son montage et son démontage sont faciles; il ne nécessite aucun appui en rivière, ni aucun tirant qui entrave la navigation.

On trouve également un exemple de cintre à incorporer à l'ouvrage en béton dans le pont-rails sur le fleuve Miño, en Espagne. Cet ouvrage d'art, récemment construit sur la ligne Zamora-Orense (province de Galice), franchit le fleuve au moyen de trois travées à arcs de 65 mètres de portée et de 42 mètres de flèche. Le tablier porte une double

voie de chemin de fer. Les arcs en béton ont une section en caisson à trois compartiments. Le cintre, pesant 300 tonnes, est exécuté en profilés d'acier assemblés par soudure électrique; il reste noyé dans le béton de l'ouvrage définitif, dont il contribue à renforcer l'armature.

Les travaux ont été exécutés pour le compte de l'Administration espagnole des Ponts et Chaussées, sous la direction de M. J.-L. Tovar, ingénieur. L'exécution de la partie métallique du pont a été confiée à la Société Omes, de Madrid.



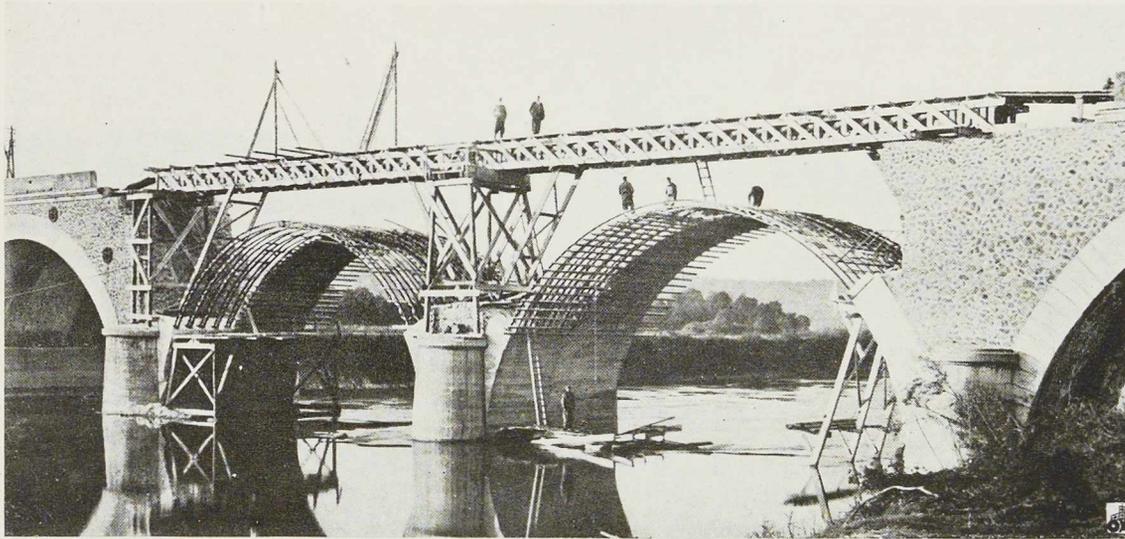


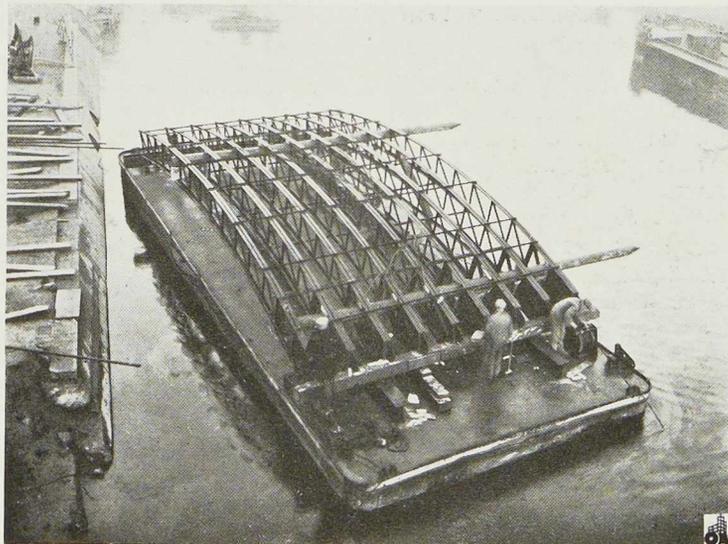
Fig. 144. Reconstruction des deux arches de 17<sup>m</sup>50, du pont de Courcelles, par cerces incorporés.

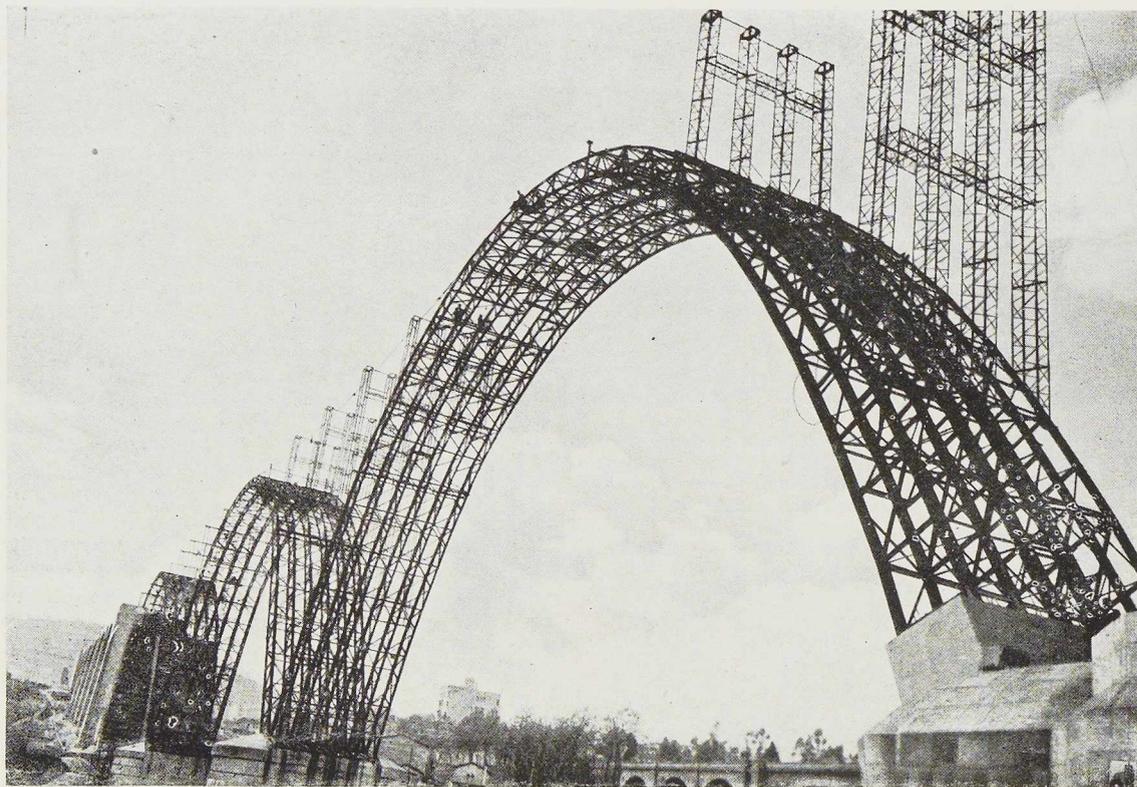
L'Espagne est également le pays du célèbre viaduc de chemin de fer de l'Esla, qui comprend un des plus grands arcs en béton armé du monde. La portée de l'arc, au-dessus du fleuve, atteint en effet 209<sup>m</sup>84 avec une flèche correspondante de 62<sup>m</sup>40. Le cintre métallique de cet arc reste incorporé dans l'ouvrage en béton. Constitué par une charpente métallique en treillis du type Warren, le cintre fut assemblé par soudure à l'arc électrique. Les travaux de la partie métallique du grand arc ont été exécutés par la Société Omes, de Madrid.

#### Conclusions

Ces quelques exemples ont montré, pensons-nous, qu'il y a une certaine communauté d'intérêt dans l'emploi de cintres métalliques pour la construction de voûtes de grande ouverture, aussi bien dans le cas d'utilisation de matériaux pierreux naturels que dans celui du béton ordinaire ou armé.

Fig. 145. Transport à pied-d'œuvre des cintres du pont sur l'Escaut, à Gand.





**Fig. 146.** Cintre métallique du pont-rails sur le fleuve Miño, en Espagne. Ce cintre reste noyé dans le béton, dont il contribue à renforcer l'armature.

ici, supposent qu'ils livrent passage eux-mêmes à une voie de communication importante par rail, par route ou par eau. Un certain gabarit de libre passage doit donc être réservé et impose souvent des ouvertures telles que l'emploi du bois est économiquement proscrit.

Les avantages que peuvent donner les cintres métalliques s'accroissent si l'on a recours à des charpentes légères ou à des cerces incorporées dans le béton armé, au moins partiellement de ce chef. Si l'on se contente de cintres composés très simplement de rails courbés, plus ou moins usagés, ceux-ci sont complètement récupérables et les pertes de matériaux constitutifs se réduisent à peu de pièces accessoires.

Dans le cas de la reconstruction ou de la transformation d'ouvrages d'art en vue de l'électrifi-

cation de certaines lignes de chemins de fer, la hauteur libre est souvent réduite au minimum. L'emploi de cintres métalliques à incorporer ou non dans le béton, constitue alors une, si pas la seule, solution rationnelle.

L'utilisation récente de tubes en acier a permis d'envisager toute une série d'applications remarquablement légères pour la construction des échafaudages démontables de viaducs, et même de portées considérables comme par exemple à Nogent-sur-Marne.

Enfin, parmi les avantages de caractère général momentanés, citons le fait que la pénurie, encore existante, d'acier est moins accentuée que celle du bois de charpente.

C. L.



## L'acier dans les constructions agricoles

Une exploitation agricole moderne exige des installations dans lesquelles l'acier joue un rôle important. Ces installations sont notamment le hangar, le silo à fourrages, le silo à céréales, les installations de stabulation de vacherie, d'écurie et de porcherie, les serres destinées aux cultures maraîchères et florales, etc.

Jusqu'à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, hangars, silos, étables étaient exclusivement construits et installés à l'aide de matériaux dont les principaux étaient la pierre et le bois. Aujourd'hui, l'acier tend de plus en plus à les remplacer. La cause essentielle de cette substitution de l'acier aux autres matériaux, est que toute activité où l'homme se heurte durement aux exigences du travail, demande la possession d'outils durables, solides, commodes et légers.

Les constructions agricoles en acier sont particulièrement populaires aux Etats-Unis. C'est ainsi qu'en 1946, les fermiers américains ont dépensé près d'un milliard de dollars (environ 44 milliards de francs belges) pour de nouvelles constructions à usage d'habitation, ainsi que pour des granges et des travaux de réparations agricoles. Cette dépense énorme s'explique par un

besoin urgent, car pendant les années de la dépression la construction rurale a été pratiquement arrêtée faute d'argent. Durant les années de guerre, lorsque la demande en produits agricoles avait triplé, le revenu des fermiers, les matériaux et la main-d'œuvre manquaient. Aujourd'hui, avec une épargne de plus de 15 milliards de dollars et avec un revenu annuel qui n'est pas inférieur à 17 milliards, les fermiers américains sont prêts à réaliser le plus grand programme constructif qu'on ait jamais connu dans l'histoire des Etats-Unis.

Les exigences des fermiers pour leurs maisons ne sont plus les mêmes que celles d'il y a 50 ans. Elles ne sont même plus celles d'il y a 20 ans. L'industrie sidérurgique n'ignore pas le changement de la mentalité des paysans américains. En 1937, une société qui fournissait aux fermiers depuis des générations des toitures métalliques pour leurs granges, et du fil de fer pour leurs toitures, a fondé, à l'Institut de l'Etat d'Iowa, un centre de recherches en vue de promouvoir les applications de l'acier dans les bâtiments et écoles, et répondre ainsi aux besoins des fermiers. En 1941, une autre firme métallurgique qui pos-

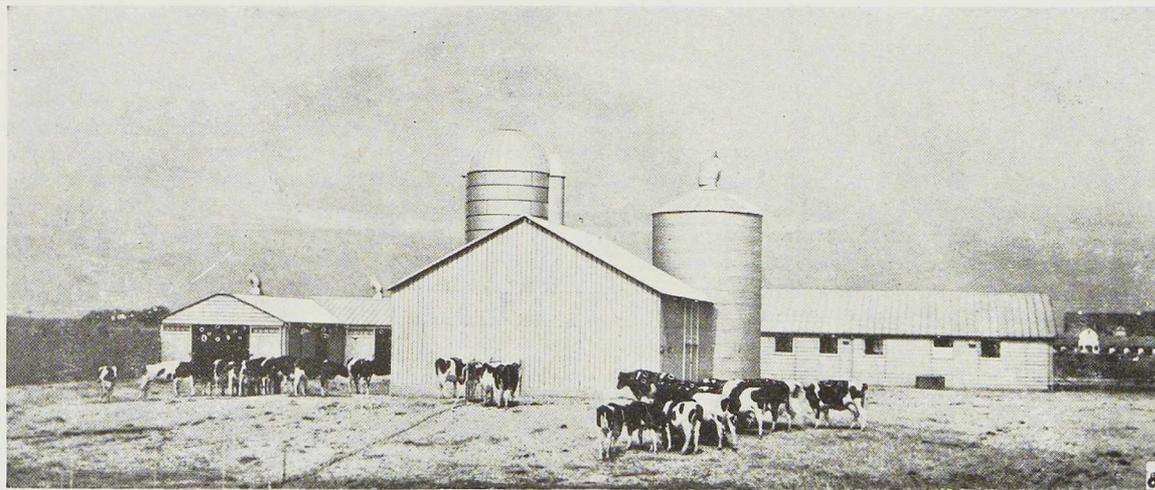
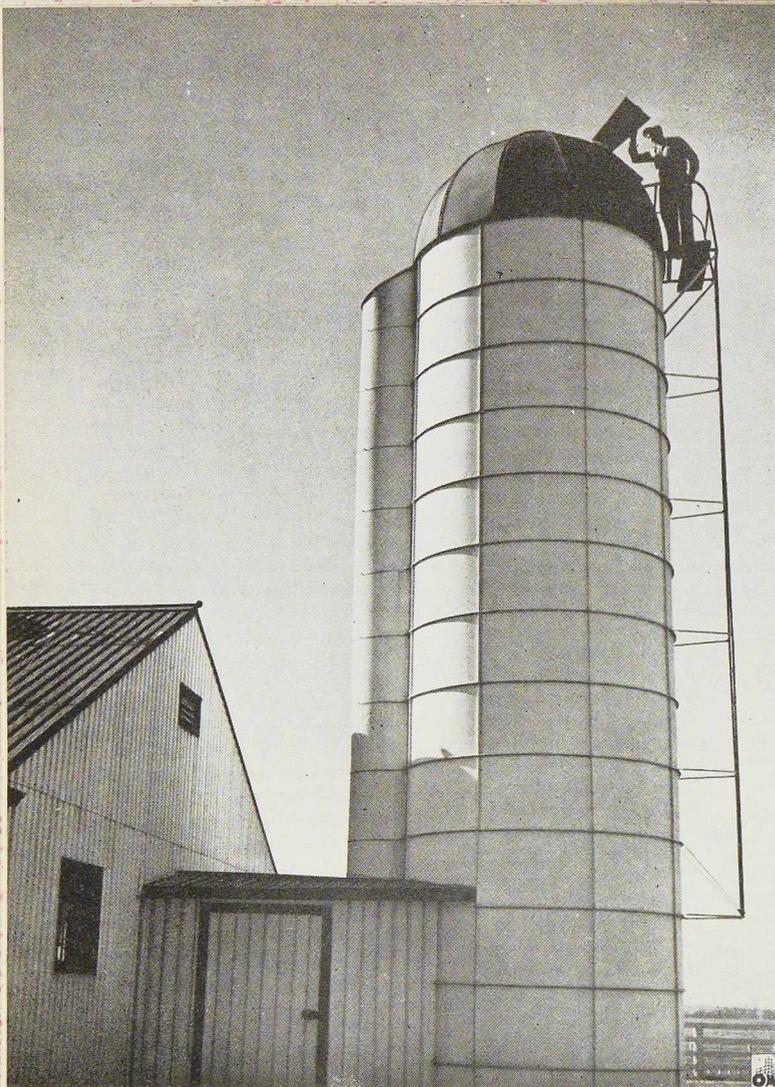


Fig. 147. Station agricole expérimentale de l'Université de Wisconsin (U. S. A.). Toutes les constructions sont métalliques.



**Fig. 148.** Vue d'un silo métallique à fourrages, construit aux Etats-Unis.

sédait de puissantes attaches en agriculture, a construit une laiterie expérimentale à Madison dans le Wisconsin. Enfin, plus récemment, une aciérie s'est occupée du problème des logements ruraux.

Il résulte de ces différentes recherches que le caractère de la ferme modèle ne doit pas être immuable. L'agriculture continuant à se transformer, les exigences des fermiers changeront constamment. C'est ainsi que les fermiers mo-

**Fig. 149.** Benne à fumier S.I.M.A. utilisée dans une ferme belge.

dermes désirent un poulailler pouvant être utilisé éventuellement comme porcherie ou comme bergerie. Ils désirent avoir un hangar ouvert pour abriter leurs foins ou leurs machines, mais ils veulent également que le même hangar serve, si les conditions climatiques le permettent, pour abriter les moutons ou le gros bétail.

Pour ce qui est des granges, la tendance moderne est d'avoir une grange à caractère non immuable, de façon à pouvoir la surélever si on le désire. Il semble qu'actuellement, les énormes granges à foin de l'ancien temps, qu'on identifiait toujours avec les paysages ruraux, sont en voie de disparition. Les machines modernes ont rendu plus intéressant l'emploi du foin haché, qui exige un espace moindre pour le stockage, et est plus facile à manier. Les machines de ventilation et de séchage ont rendu possible le stockage du grain alors qu'il est encore humide. De cette façon, les hasards dus aux intempéries sont réduits.

Généralement, le bétail n'était pas logé d'une façon adéquate dans les fermes américaines. Actuellement, les fermiers élèvent des races d'animaux plus productives, et le fermier doit veiller davantage sur leur santé, leur nourriture, leur entretien. Il demande donc des locaux dans lesquels il puisse contrôler aisément l'état de son bétail.

On a construit récemment dans le Kentucky, une ferme modèle, qui groupe une série de constructions entièrement métalliques (fig. 152). Il y a là, notamment, une laiterie tout à fait moderne, construite entièrement en acier. Cette laiterie possède les derniers perfectionnements de la technique, si importants pour l'économie des opérations journalières, ainsi que pour la santé et le rendement des animaux. A côté de cette laiterie, se trouve une grange métallique, où sont remisés les machines et les outils utilisés par le fermier; on peut y stocker également du foin.

Des essais sur les matériaux isolants destinés à protéger les bâtiments agricoles contre les intempéries ont été entrepris. Ces essais ont été exécutés sur des bâtiments réels. Les résultats de ces essais ont fourni d'utiles renseignements; la construction des parois et des plafonds pour



habitations rurales possédant une bonne isolation thermique est aujourd'hui connue.

Certains fermiers ont installé de petites porcheries entièrement métalliques (fig. 147). Cette porcherie possède un toit articulé, pouvant être surélevé, et permettant ainsi à l'air et à la lumière de pénétrer.

D'après les statistiques du Département américain de l'Agriculture, environ 50 % des porcs meurent avant d'atteindre l'âge de la vente, et environ 27 % meurent de froid pendant leurs premiers 10 jours au printemps. Il est donc très important de loger convenablement les porcs pendant cette période. Il a été constaté que les porcheries métalliques, convenablement installées, possédaient une température de 12 à 16° C supérieure à celle d'autres constructions.

Les expériences de l'Institut de recherches d'Iowa ont montré notamment que l'acier était particulièrement indiqué pour les toitures et les bâtiments de fermes. Sachant que la température a une grande importance sur la santé et l'élevage de certaines espèces d'animaux, il a été demandé à l'Institut de recherches de déterminer quelle combinaison de matériaux de toiture offrait les meilleurs résultats pour différentes conditions climatiques. Il a été démontré à Iowa que sur les 10 différentes combinaisons de toitures essayées, trois se sont révélées particulièrement satisfaisantes. L'une de ces combinaisons est constituée par l'emploi de tôles d'acier ondulé galvanisé comme surface extérieure tandis que les deux autres étaient composées de tôles d'acier ondulé galvanisé extérieures avec surfaces intérieures en tôle plate galvanisée. Entre ces deux tôles, il y avait un espace de 10 cm qui a été rempli par la suite avec un matériau isolant; cette solution a fait preuve de qualités d'isolation de premier ordre.

A l'Institut d'Iowa, on procède également à l'étude de poulaillers métalliques convenablement isolés, le but des essais étant d'étudier le chauffage intérieur, la résistance aux intempéries et l'élimination de la vermine.

Récemment, on a comparé les résultats d'études pour trois groupes de 17 vaches chacun, nourries dans différents types d'étables. Il a été constaté

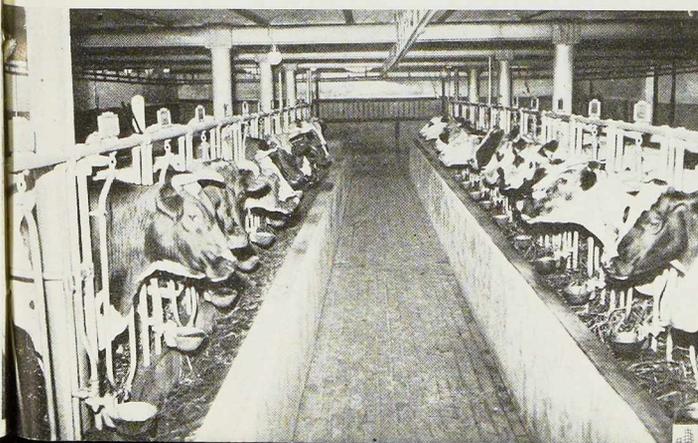


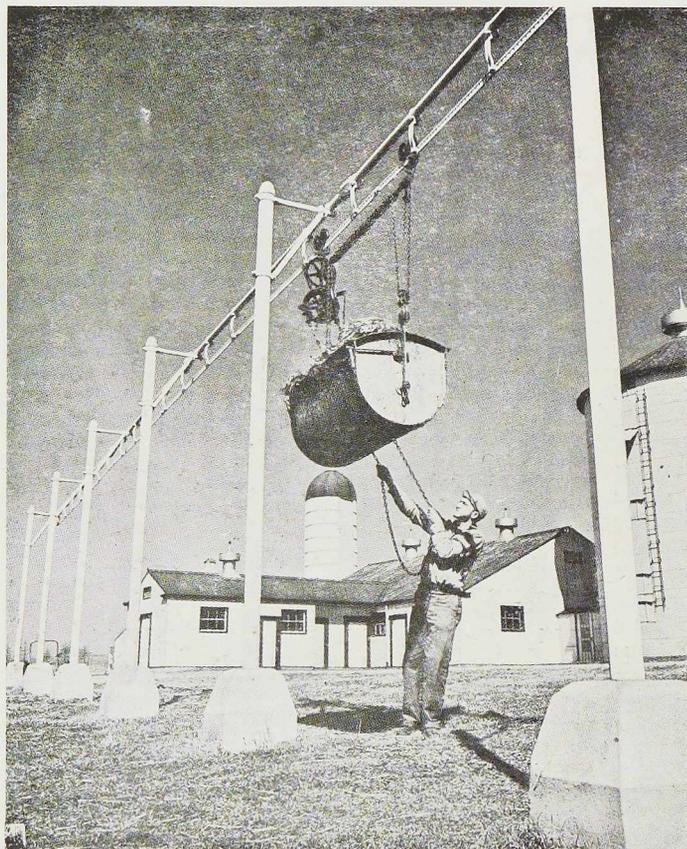
Fig. 150. Silo à fourrages, en tôle d'acier (Etats-Unis).

que les constructions métalliques, avec planchers en béton, donnaient les meilleurs résultats.

Une autre application intéressante est constituée par le silo à céréales et le silo à fourrages. En Europe, tout comme aux Etats-Unis, l'acier trouve une place de plus en plus importante dans ce type de construction agricole.

Les avantages particuliers au silo en acier sont : sa solidité, la rapidité de sa construction, ses possibilités de transformation, son incombusti-

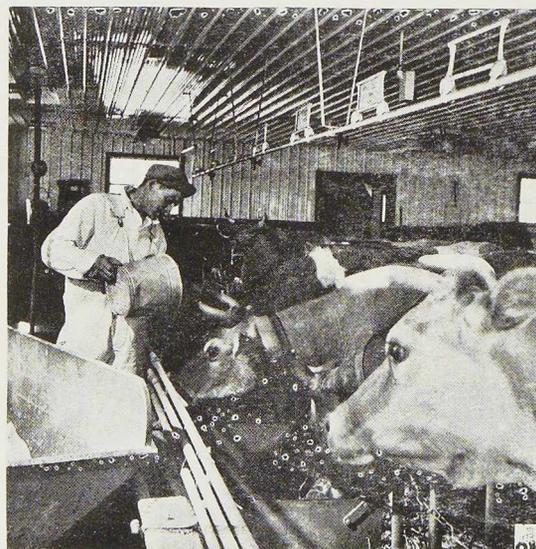
Fig. 151. Installation moderne d'une étable S.I.M.A., en Belgique.



**Fig. 152.** Manutention d'une auge à fourrages, aux Etats-Unis.

**Fig. 153.** Porcherie préfabriquée utilisée par les fermiers américains.

**Fig. 154.** Etable modèle pour vaches, à Paris, dans le Kentucky (U. S. A.).



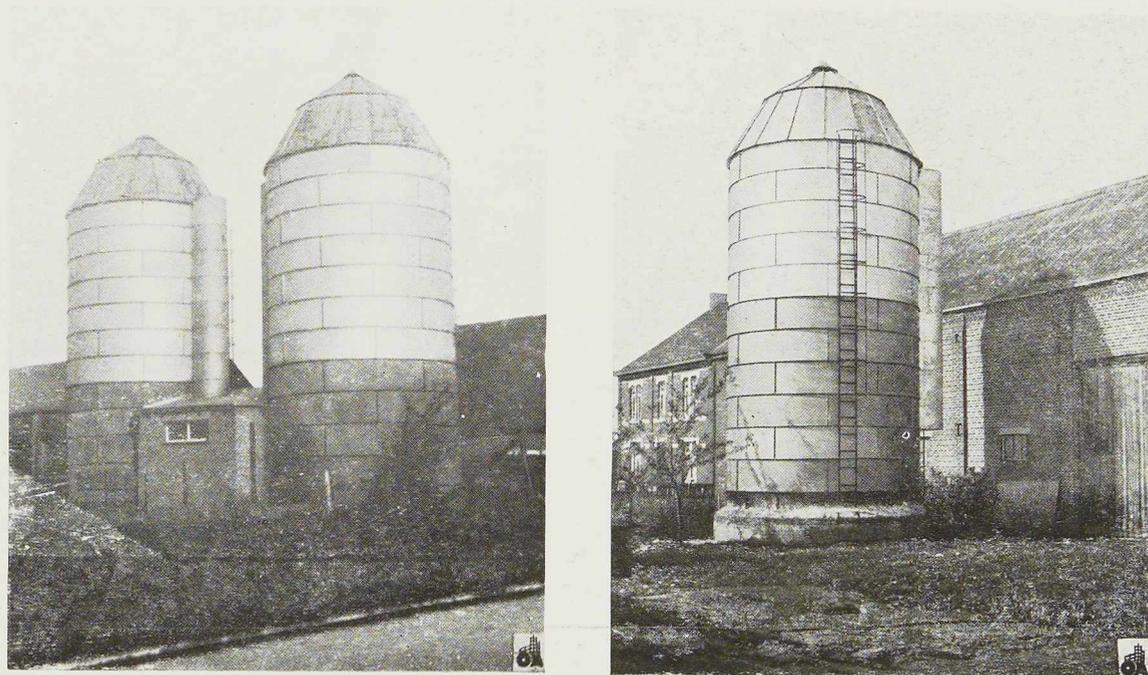


Fig. 155 et 156. Silos métalliques à fourrages, construits en Belgique.

bilité, et le plus grand volume d'ensilage qu'il produit par rapport à la surface de terrain couverte.

La nourriture du bétail pendant la période hivernale a toujours été pour l'éleveur, l'engraisseur, le producteur de lait et de beurre, le problème le plus difficile à résoudre, parce que, à cette période, correspond un sérieux ralentissement dans la croissance et dans la production des animaux.

Grâce à l'ensilage, l'agriculteur, affranchi des aléas du temps, peut, avec certitude, emmagasiner à volonté une nourriture saine et abondante pour son bétail.

A une époque où le prix de revient des rations doit prendre le pas sur les autres considérations, on peut affirmer que le silo métallique, qui a fait ses preuves notamment en Belgique et en France, durant quelque 20 ans, est appelé à jouer un rôle de premier plan dans la solution de cet important problème.

La souplesse d'emploi de l'acier permet de construire une très grande variété de silos pour céréales, depuis la cellule pour la ferme, d'une

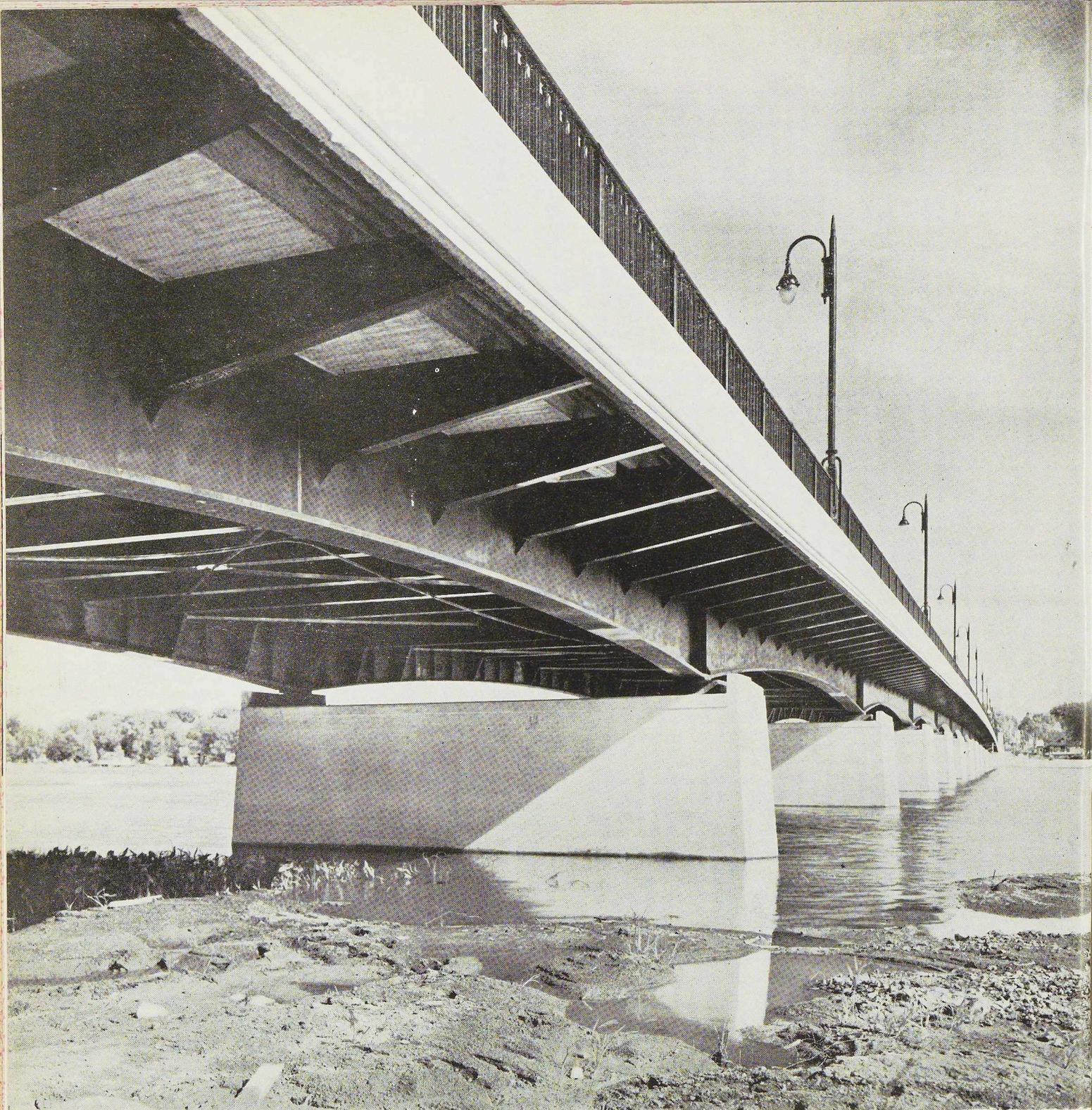
capacité de 200 quintaux, jusqu'aux batteries des coopératives et minoteries, de 200.000 quintaux.

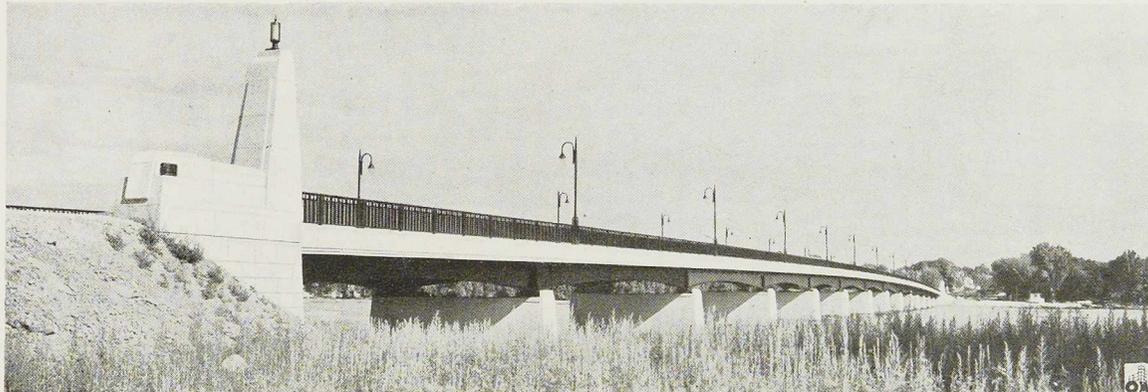
Quelle que soit la capacité du silo, le principe de sa construction est le même. Chaque cellule est constituée par des éléments en tôle emboutie en arc de cercle. Ces éléments sont interchangeables. On les relie entre eux par boulonnage, rivure ou soudure.

Avec des tôles minces rivées, on peut assurer l'herméticité; toutefois, dans ce cas, le prix de revient devient très élevé. La liaison des tôles par soudure à l'arc, avec apport de métal, et avec recouvrement de tôle, est devenu d'usage courant. L'épaisseur de la tôle dans laquelle est construit l'élément, varie suivant la hauteur et le diamètre de la cellule.

Les exemples cités dans cet article montrent les nombreux services que l'acier peut rendre aux agriculteurs pour une exploitation rationnelle de leurs fermes.

BIBLIOGRAPHIE. — *Les silos en acier pour céréales*, par P. PEISSI. *Circulaires de l'Institut technique du Bâtiment et des Travaux publics*, Série G, N° 13. *Steelways*, N° 5/1946.





Photos Associated Screen News Ltd.

Fig. 158. Pont-route Sainte-Rose franchissant le fleuve des Mille Iles au Canada.

## Le pont Sainte-Rose à Montréal (Canada)

Le Canada a commencé son programme des travaux d'après guerre par la construction d'un pont soudé, qui sera vraisemblablement le plus long pont soudé du monde.

Le nouvel ouvrage, qui a reçu le nom de Sainte-Rose, comporte 14 travées d'une longueur totale de plus de 450 mètres. Il franchit le fleuve des Mille Iles, à 15 miles au Nord de Montréal, sur la route principale conduisant vers les montagnes de Saint-Laurent. Le nouveau pont remplace un remarquable vieux pont en bois, qui a été en service depuis plus d'un siècle.

Les différentes travées du nouveau pont varient en longueur entre 27<sup>m</sup>45 et 38<sup>m</sup>45. Elles ont alternativement un appui fixe et un appui articulé. Les maîtresses-poutres sont espacées de 9<sup>m</sup>75 d'axe en axe et portent un tablier en béton de 15<sup>m</sup>85 de largeur, livrant passage à une chaussée de 12<sup>m</sup>80 et à deux trottoirs de 1<sup>m</sup>25 de largeur chacun. La chaussée est prévue pour la circulation de deux camions de 25 tonnes, ou quatre camions de 20 tonnes, ou bien pour une charge uniformément répartie de 500 kg/m<sup>2</sup>.

Un détail technique à noter dans le pont Sainte-Rose est l'utilisation du tablier en béton comme système de contreventement latéral, ajoutant un élément d'économie à ceux inhérents à la construction métallique soudée.

L'emploi d'une construction continue est également favorable à l'économie : la solution hyperstatique élimine la nécessité de doubler les élé-

ments se trouvant au-dessus des piles. D'autres détails intéressants concernent le parapet ornemental, ainsi que le pylône portant les lampes d'éclairage.

Les constructions métalliques soudées au Canada, du type utilisé au pont Sainte-Rose, remontent à 1936; un pont métallique en poutres à âme pleine continues fut construit à cette époque pour remplacer le pont sur la rivière Sainte-Anne à La Pérade, Québec (1), devenu trop vieux et ne répondant plus aux exigences du trafic moderne. Les conditions requises lors de la construction de ce dernier pont, situé sur la route Montréal-Québec, étaient les suivantes :

Aspect satisfaisant et tirant d'air maximum. En particulier, on désirait que la vue de l'impressionnante église paroissiale de cette vieille partie de Québec ne fût pas obstruée par le pont. Bien que le pont Sainte-Anne fût le premier de son genre ayant été édifié au Canada, sa construction n'a donné lieu à aucun aléa et son prix de revient s'est révélé très satisfaisant, lorsqu'on le compare à celui des constructions rivées d'un aspect esthétique moindre. Le succès de ce premier pont soudé continu de 196<sup>m</sup>80 a conduit très rapidement à d'autres contrats concernant des ponts à ériger par le Gouvernement provincial de Québec; on a rapidement compris les avantages de la construction continue soudée; son

(1) Voir *L'Ossature Métallique*, n° 12-1937 p. 574.



**Fig. 159.** Vue d'enfilade du nouveau pont Sainte-Rose.

aspect esthétique en parfaite harmonie avec le site pittoresque environnant en a été un avantage important.

En 1937, un gracieux pont composé de trois poutres à âme pleine continue fut érigé à Louiseville, entre Montréal et Québec. Cet ouvrage avait une longueur de 77<sup>m</sup>80 et était entièrement assemblé par soudure. Il fut suivi par un pont composé de cinq travées continues d'une longueur totale de 147<sup>m</sup>60, au-dessus de Becancourt River, construit également en 1937. La même année, on a érigé un pont sur la Rouge River à Calumet. Cet ouvrage métallique soudé se composait de 5 travées et avait une longueur totale de 195<sup>m</sup>20.

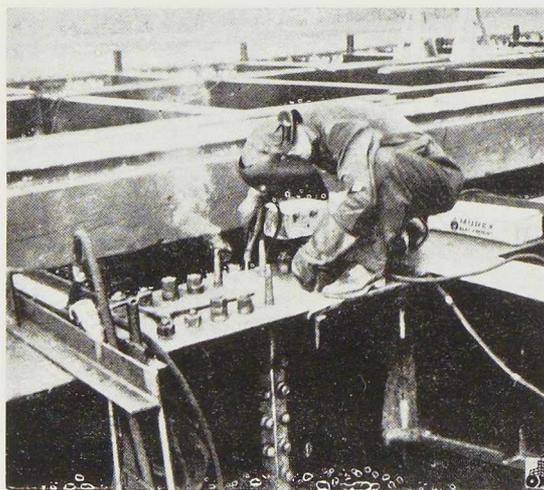
Parmi d'autres ponts continus soudés, on peut citer notamment un ouvrage élané franchissant

le Lievre River à Buckingham, ainsi que le pont d'approche au pont basculant situé au passage de Richelieu à Belœil. Le pont Sainte-Rose représente ainsi la reprise d'une tendance, qui fut interrompue par la guerre.

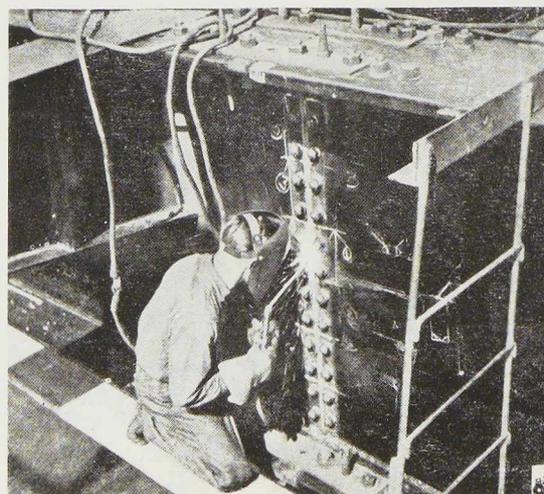
#### Détails constructifs

La hauteur des poutres varie de 2<sup>m</sup>75 au droit de la pile centrale à 1<sup>m</sup>40 dans les travées de 27<sup>m</sup>45; quant aux semelles, leur épaisseur varie entre 70 et 35 mm.

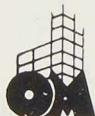
L'âme des maîtresses-poutres a une épaisseur uniforme de 10 mm; elle est renforcée par des raidisseurs aux naissances, tandis qu'aux points intermédiaires, on n'a utilisé que des raidisseurs internes. Ces derniers se composent de cornières



**Fig. 160.** Assemblage des semelles aux âmes des maîtresses-poutres.



**Fig. 161.** Assemblage par soudure des maîtresses-poutres.



de  $150 \times 90 \times 8$  mm, soudées aux âmes et calculées en vue de résister au voilement de celles-ci.

Un raidisseur sur deux est coupé pour constituer l'appui pour les poutres portant le tablier. Les trottoirs sont portés par des poutres en porte-à-faux soudées.

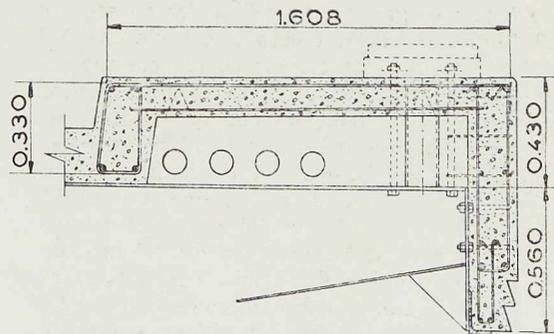
Dans leur partie inférieure, les maitresses-poutres sont contreventées par des entretoises assemblées aux maitresses-poutres au moyen de cordons de soudure.

Dans l'étude des maitresses-poutres, les calculs des moments et des efforts tranchants étaient basés sur la méthode de répartition des moments, appliquée au cas des poutres à moments d'inertie variables. Les poutres pour les plus longues travées sont fournies en tronçons de 20 à 18 mètres, les poids correspondants étant de 1615 et 1115.

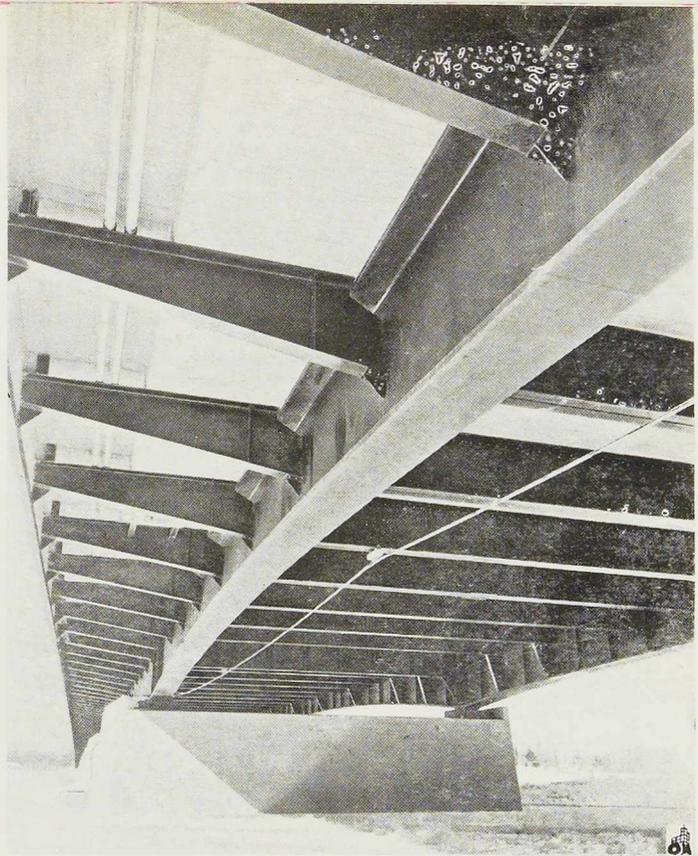
Comme il n'a pas été possible de se procurer au Canada des semelles de la longueur totale de la travée, il a fallu procéder à des assemblages sur place au moyen de cordons de soudure. Le poids total de l'acier de construction mis en œuvre est de 1.180 tonnes représentant 2.100 kg par mètre courant de pont, non compris le parapet et les mâts d'éclairage.

Le montage du pont a commencé par la pose des plats d'âme, dont le profil correct a été obtenu par découpage au chalumeau. On a ensuite soudé sur place les pièces à assembler aux âmes.

En vue d'éviter une accumulation de tensions internes, les différents assemblages furent exécutés dans l'ordre suivant : en premier lieu on a soudé bout-à-bout les semelles ainsi que l'âme sur une distance de 30 cm en partant du haut et du bas vers le centre. Ensuite, on assembla par soudure les semelles à l'âme. L'opération finale a consisté à souder la partie restante de l'âme.



**Fig. 162.** Béton enrobant et masquant les consoles métalliques portant le trottoir.



**Fig. 163.** Vue d'en-dessous du pont Sainte-Rose montrant les maitresses-poutres, les entretoises et les consoles portant les trottoirs.

Les piles et les culées sont fondées en partie sur le roc et en partie sur pieux en poutrelles H du type lourd.

Le tablier est en béton; ce matériau a servi, en outre, à masquer les consoles supportant les trottoirs (fig. 162).

Le pont Sainte-Rose fut construit pour le compte du Département des Travaux publics de la Province de Québec. L'entreprise générale a été confiée à la Dufresne Engineering Co Ltd, de Montréal. La partie métallique a été étudiée et montée par la Dominion Bridge Co Ltd de Montréal, sous la direction de M. D. B. Armstrong, ingénieur de la Compagnie. Le Département des Travaux publics de la Province de Québec a désigné MM. Bauline et Léonard comme ingénieurs-conseils.

Le pont Sainte-Rose, d'un aspect extrêmement satisfaisant, montre les grandes possibilités qu'offre l'emploi rationnel de la soudure aux constructeurs de ponts avertis.

BIBLIOGRAPHIE :  
*Engineering News-Record*, 2 mai 1946.  
*The Engineer*, 11 octobre 1946.



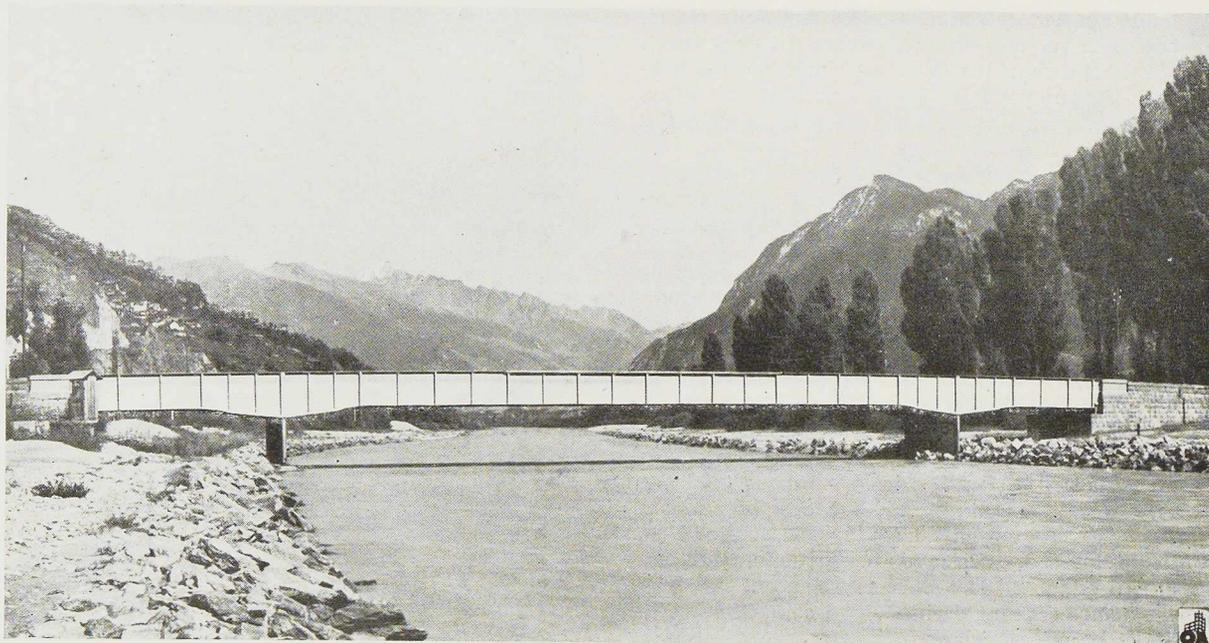


Fig. 164. Vue d'ensemble du pont-route sur le Rhône à Granges (Suisse).

## Pont-route sur le Rhône à Granges (Suisse)

par A. Lambotte,  
Ingénieur

Récemment, le Département des Travaux publics du canton du Valais a fait construire un pont-route sur le Rhône à Granges, près de Sion. Le nouvel ouvrage, qui remplace un ancien pont situé en aval, est un pont à poutres à âme pleine. Entièrement assemblé par soudure électrique, le pont de Granges a une longueur totale de 68<sup>m</sup>06. Il comporte une travée centrale de 45 mètres de portée, et deux travées latérales de 11<sup>m</sup>30 de portée chacune.

Les maîtresses-poutres prennent appui sur deux culées et deux piles intermédiaires. Les piles sont métalliques, avec enrobage en béton armé. Les blocs de béton qui constituent le parement extérieur des piles reposent sur des pieux en bois. Les poutres s'appuient sur les culées au moyen

d'un appui mobile à la rive droite, et d'un appui fixe à la rive gauche. Le métal des ancrages de 100 tonnes dans les culées a été plombé à la goutte, sur une hauteur de 30 cm comme protection des ancrages contre la rouille, au droit de la pénétration dans les culées.

Les calculs sont basés sur l'Ordonnance fédérale, concernant les calculs, l'exécution et l'entretien des constructions métalliques, du 14/5/35.

Le pont de Granges a été construit pour le compte et sous la surveillance du Département des Travaux publics du Valais. Les travaux ont été confiés à la S. A. des Ateliers de Construction Giovanola Frères à Monthey. L'ouvrage est en service normal depuis déjà quelques années et a donné entière satisfaction.



Rive gauche  
Appui fixe



Fig.

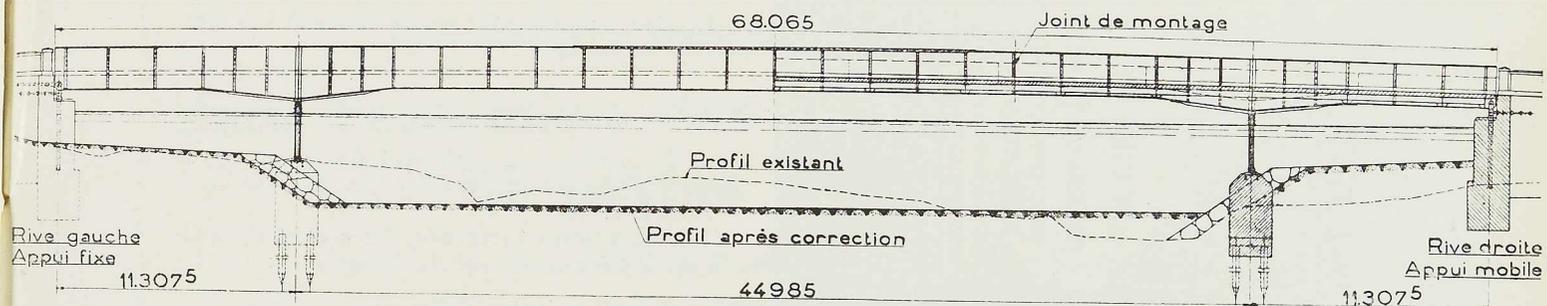


Fig. 165. Elevation du pont-route métallique soudé à Granges.

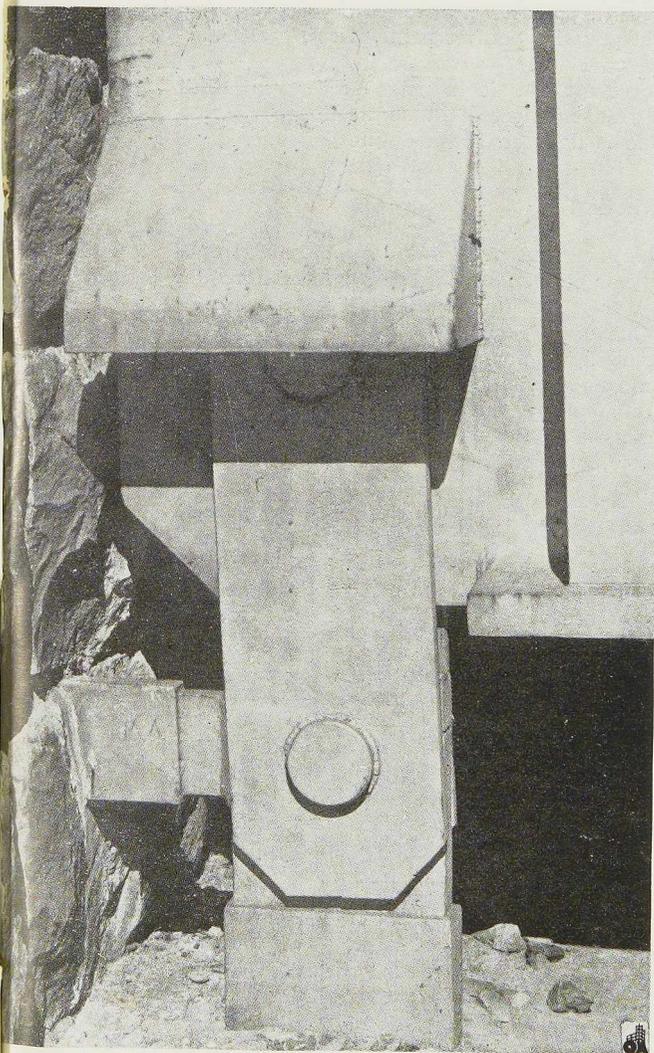


Fig. 166. Détail d'appui des maîtresses-poutres.

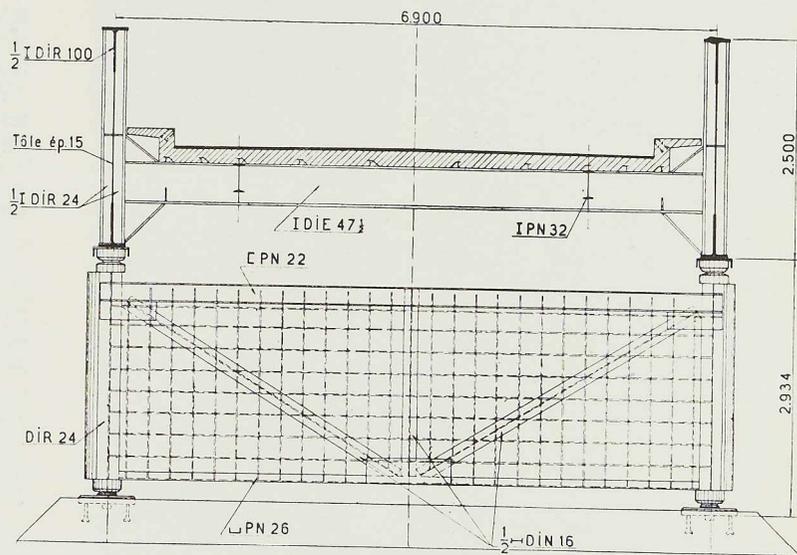


Fig. 167. Coupes transversales.

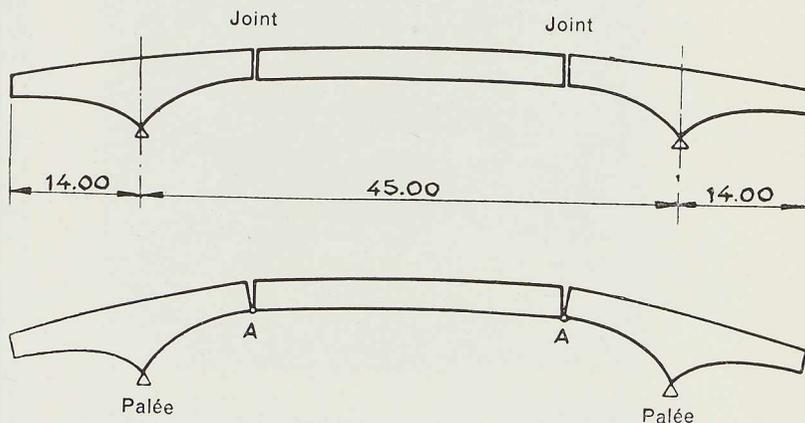


Fig. 168. Schéma montrant la méthode d'exécution des soudures.

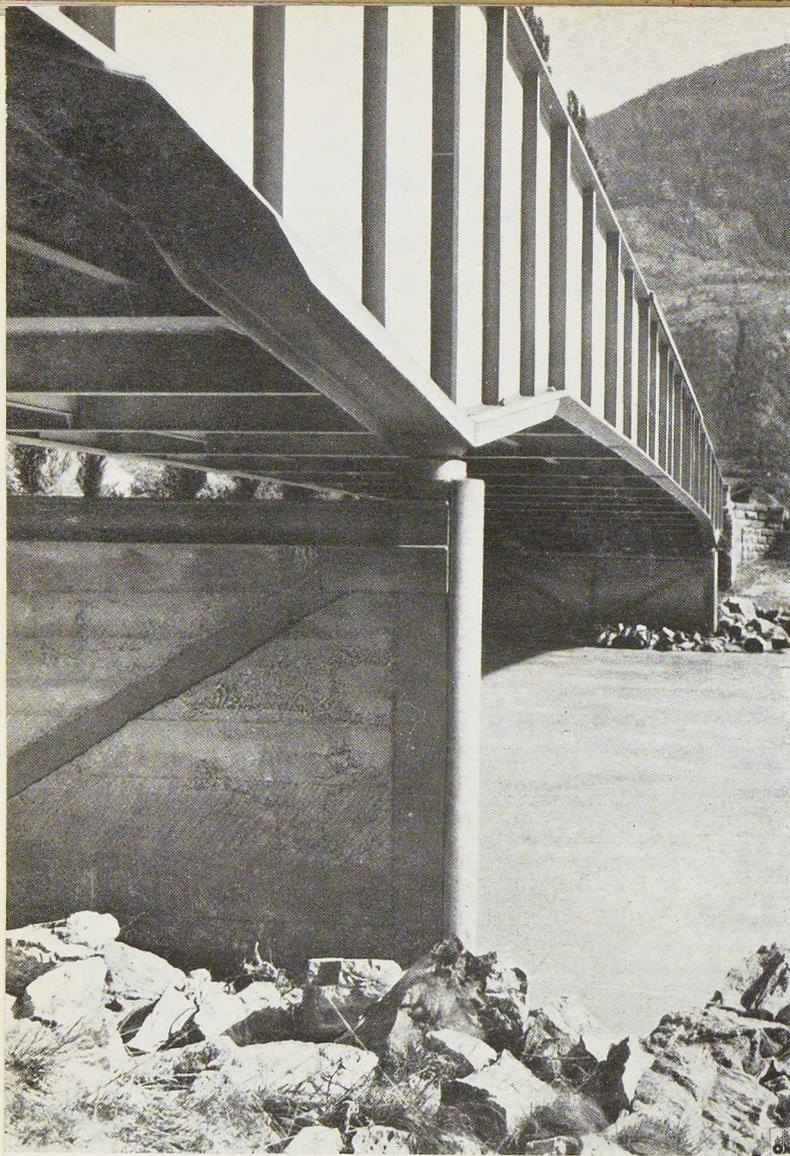


Fig. 169. Vue du pont sur le Rhône à Granges.

de la chaussée ont également été calculés pour un rouleau compresseur tel que celui défini à l'article 9.

La majoration concernant les actions dynamiques a été calculée suivant la formule :

$$\varphi_3 = \frac{550 + 5L}{10 + L}$$

Ce qui donne pour les longerons :  $L = 4^m50$ ,  $\varphi_3 = 40 \%$ , pour les entretoises  $L = 6^m90$ ,  $\varphi_3 = 35 \%$  et pour les poutres principales  $L = 45$  mètres,  $\varphi_3 = 14 \%$ .

Pour ce qui est de la neige et du vent, leur action a été négligée étant donné la grande rigidité que la dalle en béton donne au pont.

### Construction

La longueur des tronçons de poutres terminés en atelier a été de 23 mètres. Pour le montage du pont, on a laissé subsister deux joints (fig. 165). Les joints ont été choisis dans une région de la poutre où les moments fléchissants sont réduits.

Au moyen de vis de réglage que portait le pont sur l'échafaudage, on a laissé les joints plus ouverts dans la partie supérieure que dans la partie inférieure, on exagéra ainsi la forme cintrée du pont vers le haut.

Les éléments inférieurs des poutres ont été soudés en premier lieu. Le retrait des ailes inférieures pouvait donc se faire librement. Ensuite, on a continué par la soudure en X des âmes, en allant du bas vers le haut. Au fur et à mesure que cette soudure avançait, le pont avait tendance à se fermer, et, simultanément aussi, les vis supports étaient manœuvrées pour permettre cette rotation autour du point A (fig. 168).

La soudure des joints a été terminée par les ailes supérieures. On a pu, par ce moyen, éviter probablement les tensions supplémentaires, au moins dans la région des ailes inférieures. Ces joints, avec les renforcements prévus, ont donné jusqu'à présent, toute satisfaction.

Toutes les soudures, tant en atelier qu'au montage, ont été effectuées avec les électrodes et les machines de la Société Sécheron, de Genève.\*

Le nouveau pont de Granges, par ses lignes simples et élégantes, cadre admirablement avec la nature du paysage valaisan dans lequel il se trouve.

A. L.

### Base des calculs

Les surcharges ont été calculées conformément à l'article 9 de l'Ordonnance fédérale concernant les ponts pour camions lourds, soit :

1° Pour le calcul des poutres principales : deux bandes de 2<sup>m</sup>50 de largeur chargées avec  $p_1 = 1.050 - 65 \sqrt{L}$  (en kg/mm<sup>2</sup>) et les parties non occupées par les bandes, ainsi que les trottoirs, chargées avec  $p_2 = 500 - 2L$  (en kg/m<sup>2</sup>).

2° Pour le calcul des éléments de la chaussée et des trottoirs : deux convois types et une charge de 500 kg/m<sup>2</sup> sur les trottoirs, et sur les parties non occupées par le convoi type. Les éléments



# Développements récents dans l'entretien des ponts métalliques de portée moyenne

par D. J. Davies, B. Sc.,

Ingénieur en Chef à la British Steelwork Association

Les ingénieurs des ponts et les autorités responsables procèdent actuellement à l'étude des effets qu'ont eus les années de guerre sur la tenue des ouvrages métalliques, en raison du manque d'entretien de ces ouvrages. Les procédés de protection contre la corrosion, qui, avant les hostilités, devaient se limiter à un domaine plutôt restreint, ont vu leur champ d'application s'élargir d'une façon considérable. Il a été ainsi possible de juger des résultats de protection des différents procédés sur un grand nombre d'ouvrages. Cependant l'examen objectif des résultats de cette expérience doit être fait avec une certaine circonspection, surtout lorsqu'il s'agit de subordonner le prix de revient à la qualité du produit fini, car les conditions en temps de guerre ne se comparent pas avec les conditions qui existent en temps ordinaire.

Le fait que l'acier traité d'une façon convenable peut avoir une durée quasi-illimitée, mais à un prix de revient incompatible avec les conditions du temps de paix, présente fort peu d'intérêt pour l'ingénieur des ponts. C'est pour cela que seuls les procédés susceptibles d'une application industrielle sur une grande échelle sont examinés par le présent mémoire. Il est essentiel, dans l'examen des avantages techniques et économiques de tout procédé de traitement des surfaces métalliques avant peinture, de considérer également le rôle que ce traitement jouera pour prolonger la durée d'une couche de protection.

## Préparation des surfaces

### Nettoyage des surfaces métalliques à la flamme

Ce procédé s'est avéré particulièrement bien adapté au nettoyage des surfaces métalliques sur place. Il est facile à appliquer, et l'outillage n'exige que des bombones d'oxygène et d'acétylène, reliées aux brûleurs par des tuyaux en caoutchouc. Un dispositif portable comporte toute une

variété de chalumeaux donnant différentes flammes et l'opérateur peut choisir la dimension du jet selon la nature de l'acier qu'il a à nettoyer.

L'opération consiste à faire jaillir la flamme oxy-acétylénique et à l'appliquer à la surface métallique dans un ordre déterminé par le genre de construction qu'il s'agit de préparer pour la peinture. Cela ne demande pas une grande expé-

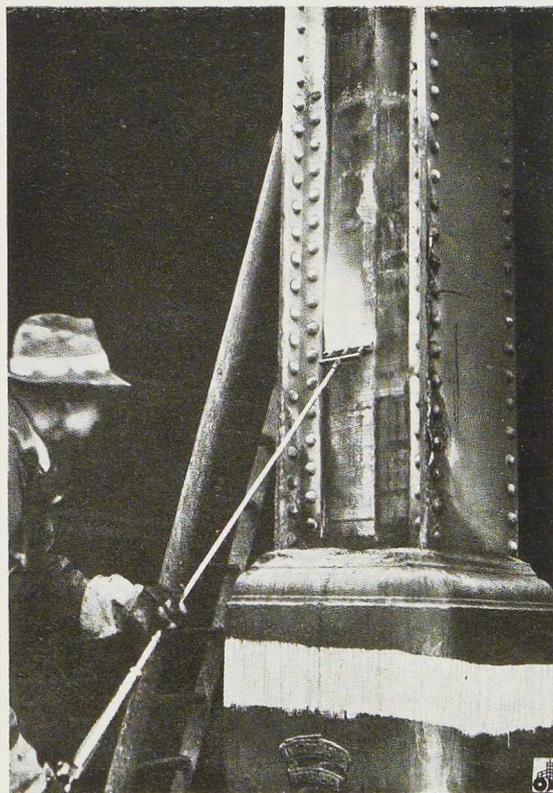


Fig. 170. Nettoyage d'une colonne métallique au moyen d'un chalumeau oxy-acétylénique.



**Fig. 171.** Tôle d'acier avant d'être décapée à la flamme oxy-acétylénique.

observations qui ont été faites, que la durée de la peinture est prolongée si on l'applique sur une surface d'acier chaude et propre, mais non surchauffée. Ceci s'explique par le fait que la peinture prend mieux en raison de l'élimination de toute humidité qui risquerait de causer l'oxydation.

Le prix de l'opération varie sensiblement suivant le genre de travaux à effectuer. Il est évident que l'expérience et un calcul minutieux du coût de l'opération permettront d'arriver à un prix plus ou moins stable. Au cours des recherches effectuées dans l'application du procédé à des ponts en acier, avant qu'ils n'aient été livrés par l'atelier de construction, on a pu constater que les prix en Angleterre variaient entre 5,3 pence à 16,1 pence par pied carré (42 à 128 fr. b. par m<sup>2</sup>). En moyenne, les prix sont de l'ordre de 9 pence par pied carré (70 fr. b. par m<sup>2</sup>).

Les chiffres indiqués ci-dessus ne s'appliquent qu'à l'opération de nettoyage à la flamme proprement dite, et ne comprennent pas les frais d'échafaudage, la location du matériel, l'amortissement et les frais généraux.

#### Décapage au jet de sable

Bien que l'existence de ce procédé soit déjà assez ancienne, son application aux ponts en Grande-Bretagne a été jusqu'ici assez restreinte. Des exemples d'emploi de cette méthode sur des éléments de ponts difficiles à atteindre, ont présenté un certain intérêt et les surfaces décapées ont pu recevoir des couches de peinture métallique de fond très résistantes avant l'application des couches de peinture définitives. Les surfaces métalliques ainsi préparées sont susceptibles de recevoir une couche de peinture de protection, mais il faut veiller soigneusement à ce que les éléments métalliques des ouvrages existants soient entièrement nettoyés de toutes traces d'oxydation, surtout lorsqu'on a constaté l'existence de piqûres. Le coût du décapage proprement dit revient approximativement de 6 à 9 pences par pied carré (43 à 70 fr. b. par m<sup>2</sup>), y compris la main-d'œuvre, l'air comprimé, les pertes dues aux corps étrangers, et les frais généraux. La première mise de fonds pour l'achat du matériel n'est pas excessive lorsqu'il s'agit de décapage à la main d'éléments légers ou moyens.

Pour les grosses et lourdes pièces d'acier qui entrent généralement en ligne dans la construc-

rience, et n'importe quel ouvrier intelligent peut facilement apprendre à faire un travail de ce genre.

Aussitôt que la flamme a passé sur la surface et a détaché les matières inutiles, on procède à un brossage énergique à la main ou mécaniquement. Plus l'ouvrage se présente sous forme d'un système compliqué, plus le coût de l'opération est élevé. Dès que l'opération de nettoyage est terminée, les peintres commencent leur travail, et donnent la première couche de peinture, à une surface métallique encore chaude (fig. 170 à 173).

L'application d'une flamme rapide et de température élevée provoque le chauffage instantané de la surface qui se dilate en faisant craquer les incrustations ou toutes matières adhésives. L'humidité prédominante dans les procédés d'oxydation disparaît et la surface ayant été nettoyée à la brosse métallique, peut alors recevoir une couche de peinture, la température de l'acier étant alors d'environ 40° C. Il ressort des études et des



**Fig. 172.** Tôle d'acier après décapage à la flamme oxy-acétylénique et nettoyage à la brosse métallique.

tion des ponts, la mise de fonds nécessaire pour l'équipement des ateliers en machines semble être assez élevée.

### Décapage et phosphatation

Ces procédés, destinés à préparer les surfaces métalliques à recevoir des couches de peinture de protection, bien que plus coûteux comme première mise de fonds, et exigeant un outillage plus compliqué, présentent des avantages qui méritent d'être pris en considération. Une fois l'installation faite, le coût de l'opération est inférieur à celui des autres procédés. Les avantages sont les suivants :

- 1° Coût plus bas du traitement des surfaces;
- 2° Surfaces en acier revêtues d'un phosphatage de protection intégrale;
- 3° Main-d'œuvre réduite au minimum;
- 4° Courte durée des opérations;
- 5° La surface ainsi préparée reçoit aisément la couche de peinture de protection.

Le procédé consiste à détartrer l'acier dans un récipient contenant de l'acide sulfurique dilué à 3-6 % et élevé à une température d'environ 65° C, à le plonger dans un second récipient d'eau courante à la même température pour enlever l'acide, puis enfin, plonger l'acier dans un troisième récipient contenant une solution à 2 % d'acide phosphorique, à une température d'environ 65° C. La durée de l'opération complète varie de 20 à 30 minutes.

### Application de peintures de fond

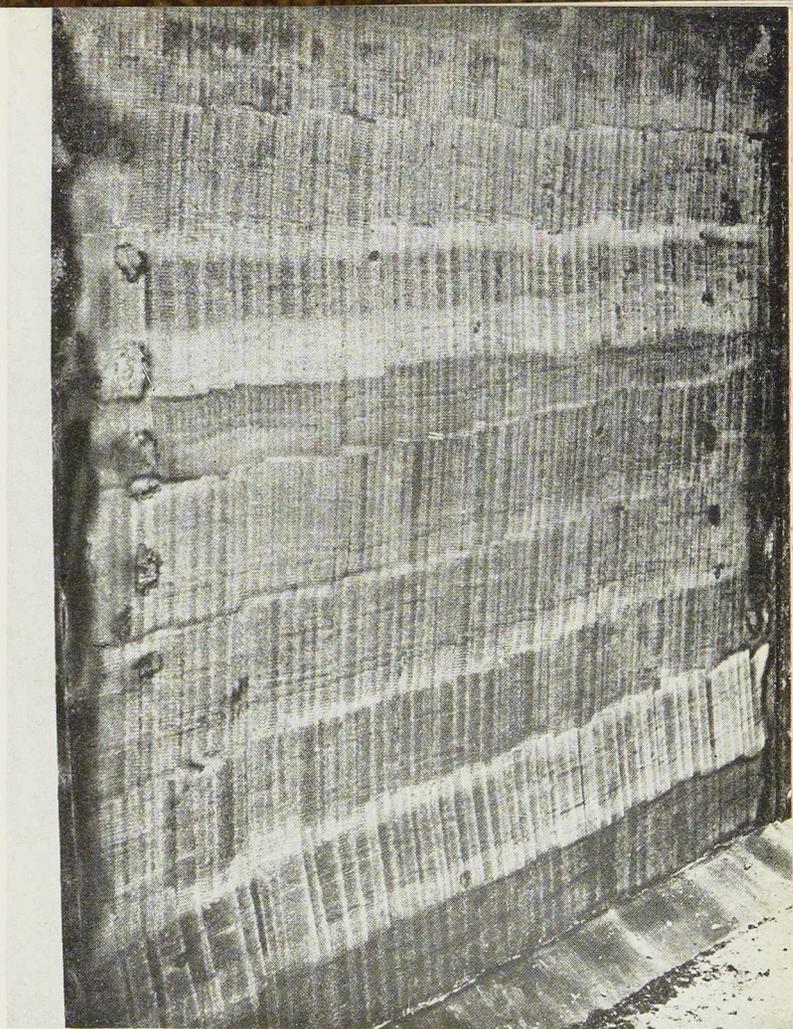
Les améliorations apportées au cours des dernières années aux différents genres de peintures ne peuvent être estimées que par le temps pendant lequel les objets traités sont restés exposés dans des conditions naturelles et dans des atmosphères variées.

En ce qui concerne les ponts métalliques, il faut considérer les divers genres de peintures suivants :

- 1° Peintures appliquées au pistolet;
- 2° Peintures appliquées à froid.

### Applications de peintures au pistolet

Ce procédé a été très souvent employé au cours des années de guerre pour la protection des aciers

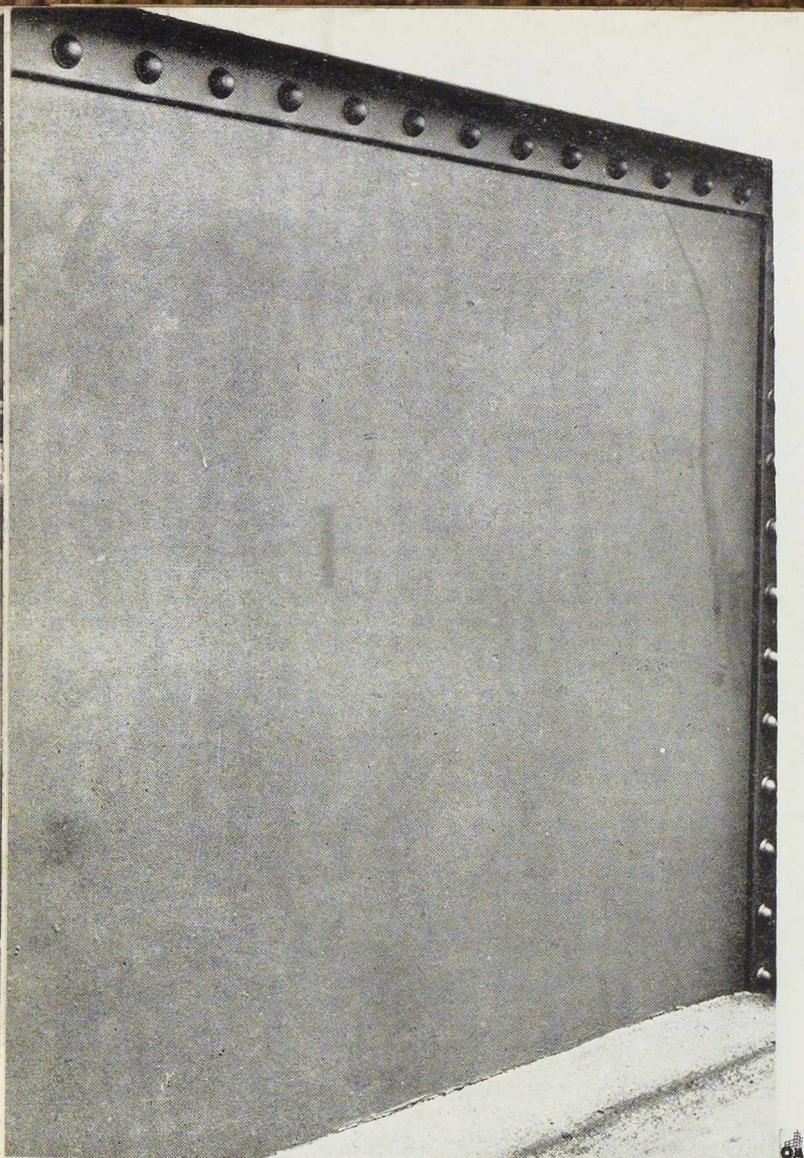


et une variété de constituants métalliques ou organiques ont été utilisés selon la nature de l'exposition aux intempéries que devaient subir les ouvrages en question.

Le *zinc fondu* semble présenter quelques avantages pour certains éléments de ponts métalliques. On en trouve des exemples dans les mailons du pont suspendu du Détroit de Ménéai en Grande-Bretagne, et du pont de la Baie d'Oakland à San Francisco aux Etats-Unis.

On étudie sérieusement l'emploi de cette méthode dans la protection d'autres ponts. Il sera intéressant de comparer les résultats au point de vue durée entre la nouvelle méthode et la peinture.

Les autres méthodes de métallisation au pistolet semblent pour le moment trop chères pour les travaux de ponts. Le prix par pied carré est de 1 shilling 6 pences pour une couche de zinc (130 fr. b. par m<sup>2</sup>), et de 2 shillings 6 pences (215 fr. b. par m<sup>2</sup>) pour une couche d'alumi-



(Photo The British Oxygen Co. Ltd.)

**Fig. 173.** Tôle d'acier après application de la peinture.

fait remarquer que le nettoyage des surfaces revient à environ 11 fois plus cher que le coût des peintures. Eu égard à ce fait, il est intéressant d'étudier les propriétés protectrices des différentes peintures récemment agréées par les ingénieurs des ponts et les services gouvernementaux britanniques.

#### *Peintures à l'aluminium*

Cette peinture a fait l'objet d'une étude spéciale en tant que couche de finition sur les couches de fond à base de minium. Dans la plupart des Etats de l'Amérique, les services des travaux publics recommandent l'emploi de la peinture à l'aluminium comme couche de finition. On emploie généralement une couche de peinture au minium comme couche de fond et deux couches de peinture à l'aluminium. On a constaté que les constructions peintes de cette façon ne nécessitent pas d'autre entretien pendant une période de 5 à 10 ans, selon qu'elles se trouvent dans des régions à atmosphère industrielle, ou dans des régions où l'atmosphère est plus propre et moins humide.

Les ingénieurs britanniques préconisent également l'emploi de cette peinture, et on a constaté d'heureux résultats sur le pont Kincardine-on-Forth (Ecosse) et sur le pont de Storstrøm (Danemark).

Sur le premier de ces ponts, la peinture à l'aluminium a été appliquée sur trois couches de fond de minium, de graphite et d'aluminium graphité.

Le traitement employé pour le pont de Storstrøm comprenait l'application de mesures de protection contre les agents atmosphériques 12 mois avant le décapage sur place. On a ensuite appliqué trois couches de peintures au pistolet.

#### *Peintures à base de zinc*

Les peintures de ce genre ont été employées pendant la guerre en construction navale comme couches de fond appliquées aux tôles les plus exposées, à la ligne de flottaison où la durée des couches de peinture est sensée être de 4 à 5 ans.

En Grande-Bretagne, un nombre toujours croissant de services gouvernementaux s'intéressent à ce genre de peintures en tant que couches de fond, qu'ils estiment supérieures aux autres. Le prix d'une couche est d'environ 1 penny par pied carré (7,79 fr. b. par m<sup>2</sup>).

nium. Ces prix s'entendent pour le traitement de 25 tonnes d'acier au moins, pratiqués en dehors de l'usine. Ils peuvent être réduits si le spécialiste exécutait le travail dans ses propres ateliers.

#### *Peintures appliquées à froid*

L'Iron & Steel Institute britannique a procédé à des recherches approfondies sur la durée de protection des surfaces métalliques par peintures. La sous-commission de cet Institut, chargée d'étudier la question, souligne les dangers de fausse économie des peintures bon marché, et



**Fig. 174.** Charpente métallique après décapage au jet de sable.

### Aciers à haute résistance

Il y a déjà longtemps que les ingénieurs britanniques s'intéressent au développement et à l'emploi d'aciers spéciaux dans la construction des ponts, surtout des ponts de grande portée.

Il est surprenant de constater que tant de variétés d'aciers spéciaux aient été favorablement accueillies dans différentes parties du monde. Il est hors de doute que l'on peut attribuer cet accueil au fait que le développement des aciers à haute résistance est de date relativement récente. Dans bien des cas, ils ont été employés dans les constructions des ponts. La variété d'aciers spéciaux qui ont été employés au cours de ces dernières années pour construire les ouvrages d'art, devrait fournir une riche source de documentation, pouvant servir de guide aux métallurgistes et aux ingénieurs, en vue du développement futur de ces aciers.

Les propriétés chimiques et physiques de quelques aciers à haute résistance sont consignées dans le tableau I (page 134) :

Eu égard à une production d'un coût relativement raisonnable, il faut rechercher dans les aciers à haute résistance les qualités suivantes :

Résistance élevée; soudabilité convenable; possibilité de travail à froid; résistance suffisamment élevée à la corrosion.

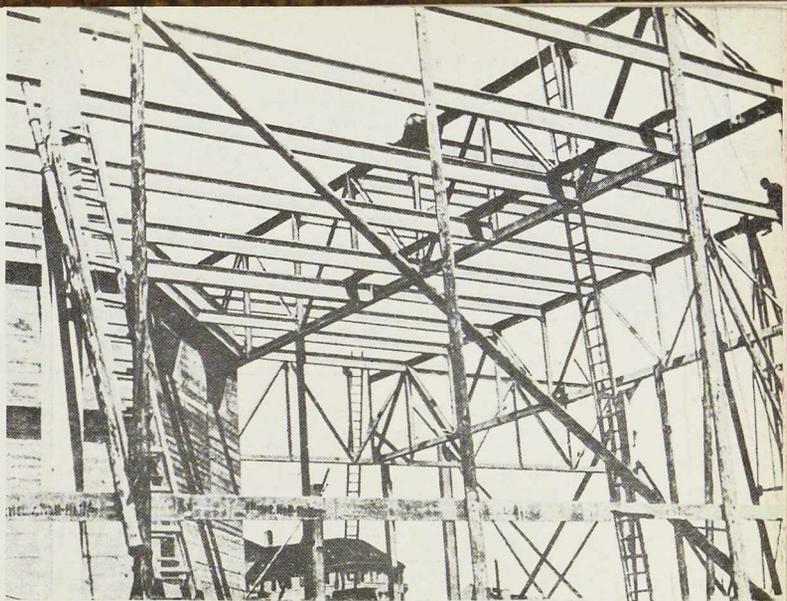
Sur ce dernier point, les ingénieurs devraient être mieux à même d'établir la relation entre la composition chimique et la résistance à la corrosion.

Quel meilleur terrain de recherches pourraient-ils trouver que l'examen approfondi des milliers de ponts importants qui existent de par le monde? Des informations recueillies dans tous les pays, et centralisées sur l'efficacité de la conception, la durée des matériaux et des couches de peinture de ces ponts, auraient une valeur documentaire précieuse.

L'auteur de cet article a fait des recherches intéressantes sur l'emploi des aciers à haute résistance dans la construction d'un pont-route de petite portée, à travée unique.

Les plans d'une construction en acier doux et d'une construction en acier à haute résistance,

**Fig. 175.** Poutres métallisées par le procédé Schori.

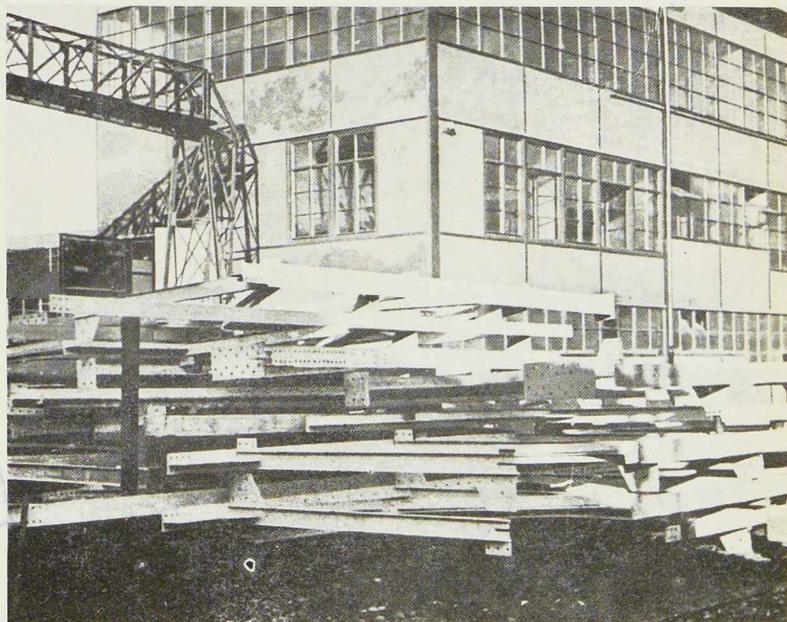


ont été étudiés et comparés schématiquement (fig. 177 et 178).

D'autre part, le tableau II (page 135) donne les économies auxquelles conduit l'emploi d'un acier à haute résistance.

La résistance à la corrosion de ces aciers est très importante. La nuance d'acier à haute résistance Cor-Ten employée aux Etats-Unis dans la construction du matériel roulant, a donné à ce sujet les résultats suivants, après six années de service (tableau III, p. 135).

Il n'est pas sans intérêt de terminer cette étude sur la protection contre la corrosion par quelques réflexions générales sur deux aspects récents de la construction des ponts. Car d'une part la standardisation permet une étude plus poussée des solutions à donner au problème de la peinture, et d'autre part la tendance, sous l'influence de



BIBL. UNIV.  
GENT

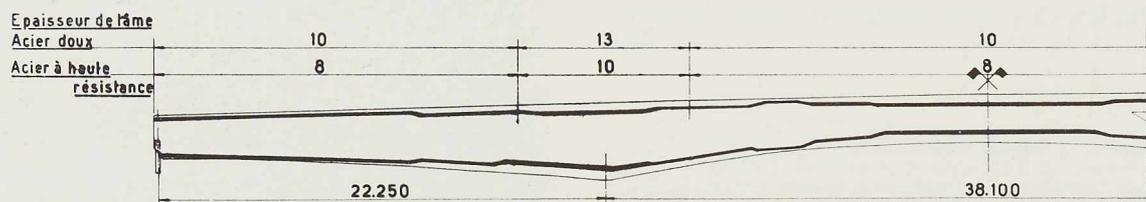


Fig. 176. Ponts-routes de portée moyenne. Comparaison entre les solutions en acier doux (contour extérieur) et celles en acier à haute résistance (contour intérieur gras).

Tableau I. - Caractéristiques de quelques aciers à haute résistance

Désignation	Pays	Résistance à la traction kg/mm <sup>2</sup>	Limite élastique kg/mm <sup>2</sup>	Allongement %	Composition chimique (en %)							
					C	Mn	P	S	Si	Cu	Cr	Ni
BSS. 548 1934	Grande-Bretagne	58-67	30-36	22-14	0,3	—	0,05	0,05	—	≤ 0,6	—	—
BSS. 968 1941	Grande-Bretagne	52-67	30-36	22-14	0,23	0,8 à 1,8	0,06	0,06	0,35	≤ 0,60	0,35 à 1,0	0,5
St. 52	Allemagne	52-63	34-36	20-18	0,20	1,2 à 1,5	0,06	0,06	0,50	0,55 à 0,95	—	—
Acier au silicium	Danemark (Pont de Storstrøm)	58-67	32-36	17-15	0,3	0,7 à 1,0	0,05	0,05	0,2	0,25 à 0,50	0,7 à 1,1	—
Manganèse	U. S. A. (Pont Kill van Kull)	63	39	—	—	1,8	—	—	0,1 à 0,3	—	—	—
Ducal	Grande-Bretagne (Pont de Chelsea)	61-72	36-44	26-18	0,24 à 0,26	1,4 à 1,67	0,03 à 0,04	0,02 à 0,03	0,10 à 0,15	0,35 à 0,38	—	—
Atlantis	Grande-Bretagne (Pont de Chelsea)	58-65	37-44	25-18	0,22 à 0,28	0,74 à 0,98	0,02 à 0,04	0,03 à 0,04	0,05 à 0,17	0,4 à 0,53	0,04 à 0,48	—
Acier COR-TEN	U. S. A.	49-56	35	21,4	0,10	0,1 à 0,5	0,1 à 0,2	0,05	0,5 à 1,0	0,3 à 0,5	0,5 à 1,5	—
Ac 54	France	54-64	36	20	—	—	0,07	0,06	—	≥ 0,25	—	—
A 52 (*)	Belgique	52-62	34-36	21-17	0,20	1,50	0,05	0,05	0,25	—	—	—

(\*) La composition chimique de cet acier n'est imposée que pour la qualité soudable dénommée A 52 HS.

Ponts de la figure 176.

Fig. 177. Sections au droit des appuis.  
Fig. 178. Sections au milieu de la travée centrale.

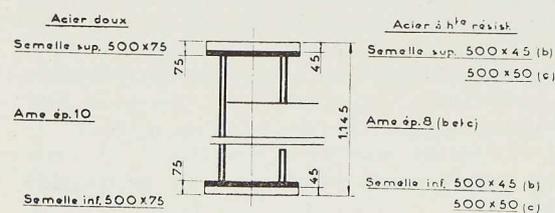
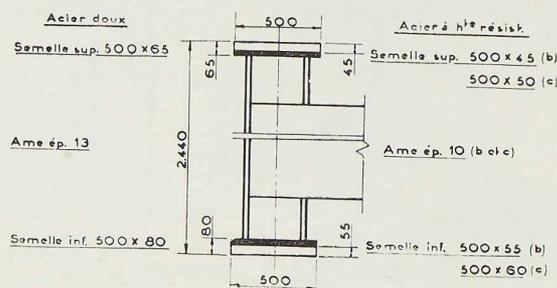


Tableau II

Nombre	Désignation	Acier doux tonnes	Acier à haute résistance (A.H.R.)		Economie	
			21,8 kg/mm <sup>2</sup>	18,8 kg/mm <sup>2</sup>	A.H.R. 21 8	A.H.R. 18,8
			tonnes	tonnes	%	%
2	Maitresses-poutres	120,0	99,1	107,7	17	10,2
23	Entretoises intérieures	24,6	18,1	20,3	26	17,3
2	Entretoises extrêmes	1,1	0,8	0,9	24	16,7
2	Entr. extrêmes obliques	3,0	2,1	2,3	31	22,4
2	Fers U pour bordures de trottoirs (acier doux seulement)	7,7	7,7	7,7	—	—
	Rotules (acier coulé) sommiers à H. R.)	8,3	7,8	8,1	6	2
	Total	164,7	135,6	147,0	17,5 %	10,7 %

facteurs esthétiques, à construire des ouvrages aux lignes simples, est très favorable à l'entretien des ponts métalliques.

#### Standardisation dans la construction

La guerre a permis d'acquérir une grande expérience concernant la standardisation de la cons-

Tableau III

Nuances d'acier	Cuivre %	Chrome %	Pertes en grammes par éprouvettes de 10 x 15 cm après six années de service
Cor-Ten	0,3-0,5	0,5-1,5	11,2
Acier Martin-Siemens au Cu	0,2	—	28,8
Acier de construction	0,025	—	58,8

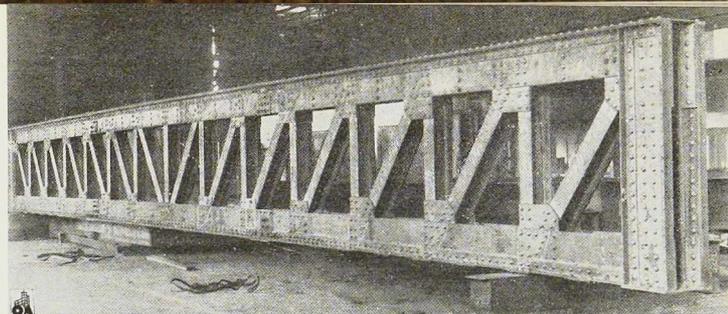


Fig. 179. Poutre standard pour ponts-routes et entretoises.

truction des ponts militaires. Les ponts de ce genre n'étaient évidemment pas destinés à durer longtemps, et les procédés de standardisation étaient nécessaires, pour la production en série.

Cependant, de nombreux problèmes de reconstruction de diverses parties du monde demandent une solution non moins urgente, solution dont dépend la construction rapide des ponts destinés à dégager les communications, ou à en ouvrir de nouvelles.

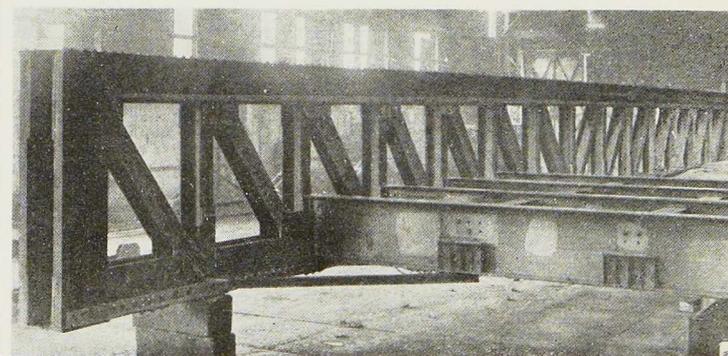
Ainsi par exemple, on a étudié récemment les plans pour 293 ponts en treillis, basés sur quatre modèles standard. Chaque pont est destiné à porter une voie unique (B. S. S.) avec un équipement de voies de 1<sup>m</sup>45. Ces quatre types de ponts sont considérés comme pouvant convenir pour une variété d'ouvrages à ériger dans des endroits différents; leur fabrication a été grandement simplifiée par une conception uniforme. Bien qu'il ne soit généralement pas possible d'obtenir une telle uniformité de construction dans les pays, en temps de paix, il est cependant très désirable que les types de construction soient de conception semblable, tout en conservant leurs qualités esthétiques individuelles.

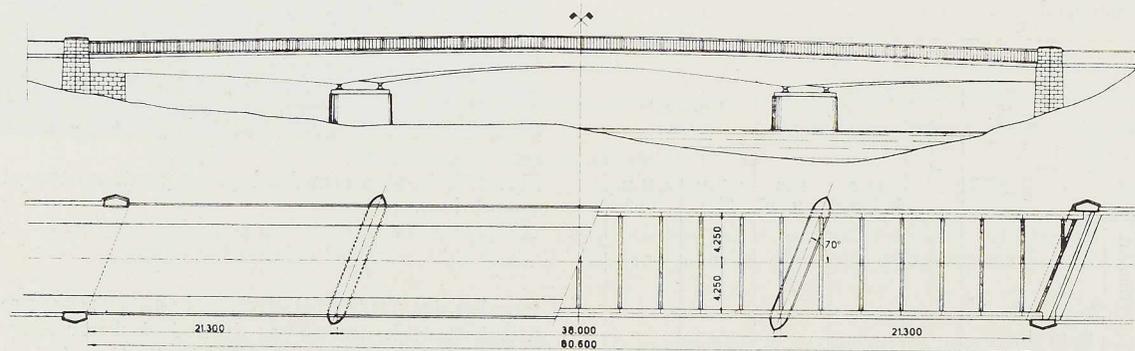
Des conceptions de ce genre ont récemment été adoptées pour des ponts d'autostrades et de canaux. Leur avantage particulier dépend de l'emploi de l'acier pour une fabrication et une pose rapides, et c'est par ce moyen qu'on obtiendra une solution satisfaisante au problème que pose la pénurie de main-d'œuvre spécialisée.

#### Traitement esthétique des ponts métalliques

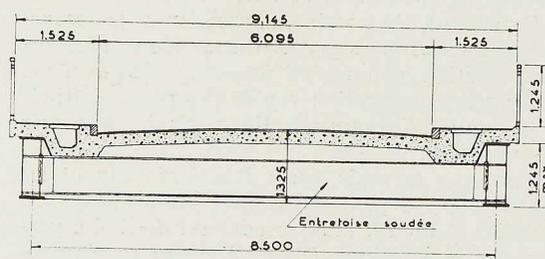
Un développement intéressant se dessine actuellement dans la conception de nouveaux types de

Fig. 180. Poutre standard pour ponts-routes.

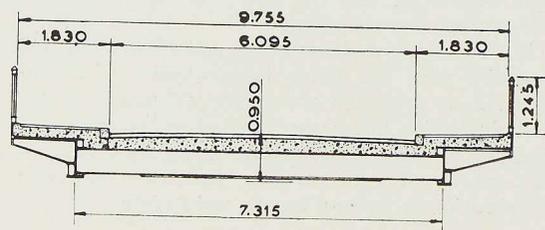




**Fig. 181** (ci-dessus). Projet d'un pont, dont les maîtresses-poutres sont constituées par des poutres continues à trois travées.



**Fig. 182** (ci-contre). Coupe transversale du pont de la figure 181. Des entretoises sont assemblées aux maîtresses-poutres par soudure. Le tablier est en béton armé, revêtu d'une chape imperméable.



**Fig. 183** (ci-contre). Section transversale du pont de la figure 184. Tous les assemblages sont réalisés par soudure. Le tablier est en béton armé, recouvert d'une couche de « Tarmac ».

**Fig. 184** (ci-dessous). Projet de pont au-dessus des grandes routes et canaux.

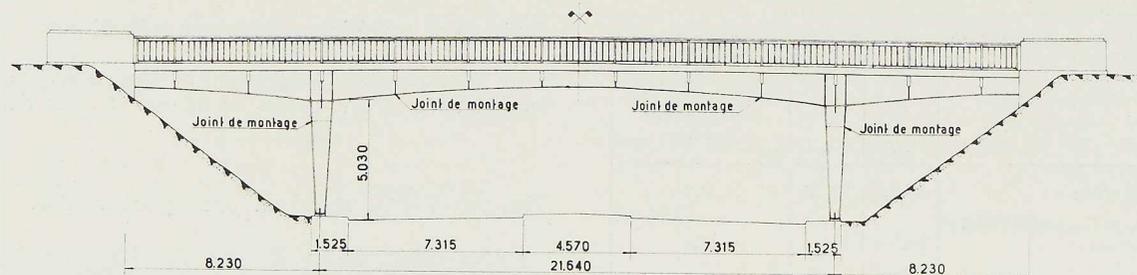




Fig. 185. Éléments en acier destinés au pont suspendu de Menai (Grande Bretagne) métallisés au zinc par le procédé Schori.

poutres pour ponts métalliques. Cela est dû au fait que les autorités municipales se préoccupent, de plus en plus, de l'esthétique des ouvrages.

Actuellement, on expérimente deux nouveaux systèmes de poutres de pont. Dans l'un des systèmes, la poutre-maitresse est munie de raidisseurs disposés le long de sa face intérieure. Grâce à ce système, il est possible d'avoir une surface extérieure lisse, sauf au droit des piles, où les charges exigent des raidisseurs des deux côtés de l'âme de la poutre.

Le pont Sainte-Rose, sur la rivière des Mille Îles, près de Montréal, au Canada, constitue un exemple intéressant de ce système. Cet ouvrage a une largeur de 15<sup>m</sup>85; il est composé de 14 travées, dont les parties varient de 27<sup>m</sup>45 à 38<sup>m</sup>45. Le système portant est constitué par des poutres continues à 14 travées. Le tonnage de l'acier mis en œuvre pour la construction de ce pont est de 1.180 tonnes.

L'auteur du présent article étudie en ce moment un autre système de poutre continue pour un pont de trois travées, de 21<sup>m</sup>75, 38<sup>m</sup>15 et 21<sup>m</sup>75 de portée. Le tablier est prévu pour porter une chaussée de 6<sup>m</sup>10 et deux trottoirs de 1<sup>m</sup>50. Ce système portant est constitué par des poutres à âme pleine à intrados parabolique. Les poutres sont espacées de 8<sup>m</sup>50 d'axe en axe. La hauteur des poutres est de 2<sup>m</sup>50 au droit des piles, et de 1<sup>m</sup>15 au milieu de la portée. Les dimensions maxima des poutres sont de 500 × 75 mm (fig. 181). En vue de donner une surface extérieure lisse, on a employé deux poutres jumelées, reliées entre elles par des entretoises. La paroi extérieure de la poutre est à âme pleine tandis que la paroi intérieure peut être du type Vierendeel. Ce système permet d'obtenir un plus bel aspect extérieur que les systèmes à âme pleine.

D. J. D.



# Bases du calcul des assemblages par points soudés

par Artémy S. Joukoff,

Ingénieur A.I.Br.

## Introduction

### Généralités

Les assemblages par points soudés occupent actuellement une place importante dans différentes branches de la construction métallique et leur champ d'application ne cesse de s'étendre à de nouveaux domaines. Cependant, on constate que, dans bien des cas, leur rôle se limite aux assemblages secondaires, non soumis à des efforts calculés, comme cela se présente, par exemple, pour les soudures assemblant les tôles de revêtement aux éléments de l'ossature porteuse dans le matériel roulant.

Il semble que cette limitation puisse être attribuée, tout au moins dans une certaine mesure, à une insuffisance de données concernant les conditions de résistance des points soudés, les sollicitations admissibles que l'on peut leur attribuer et les méthodes de calcul des assemblages réalisés par ce procédé.

En effet, si la littérature fournit un grand nombre de publications se rapportant à la technique de réalisation des points soudés et relatant les progrès atteints dans ce domaine, elle contient par contre très peu d'indications sur la façon de calculer les assemblages.

Pourtant, bien que ce problème ne soit pas encore complètement résolu par les recherches expérimentales, on dispose actuellement d'un ensemble de données qui paraît suffisant pour poser certaines bases du calcul des points soudés, tout au moins en ce qui concerne les assemblages de plats ou tôles en acier doux, d'épaisseur comprise entre 1 et 8 ou 10 mm. C'est ce qui constitue l'objet du présent article.

### Données utilisées

L'étude présentée ici est basée sur les éléments suivants :

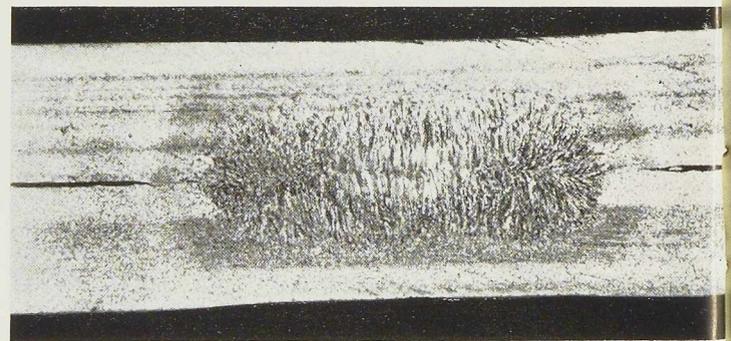


Fig. 186. Macrographie d'un point soudé, assemblant deux plats de 5 mm d'épaisseur.

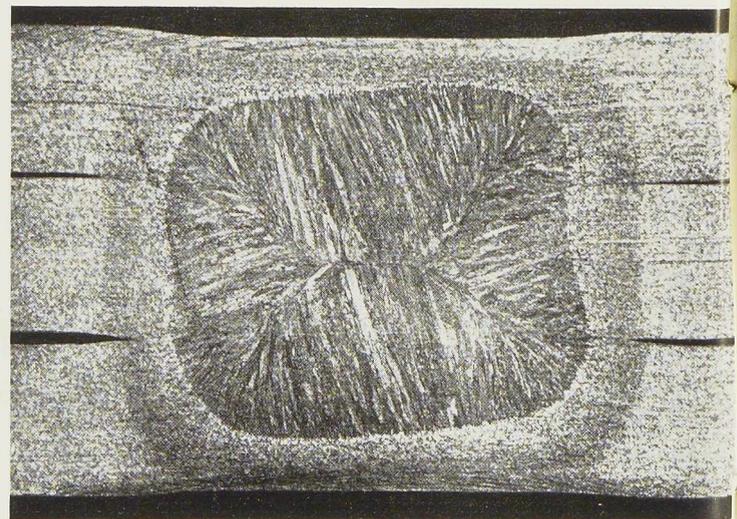
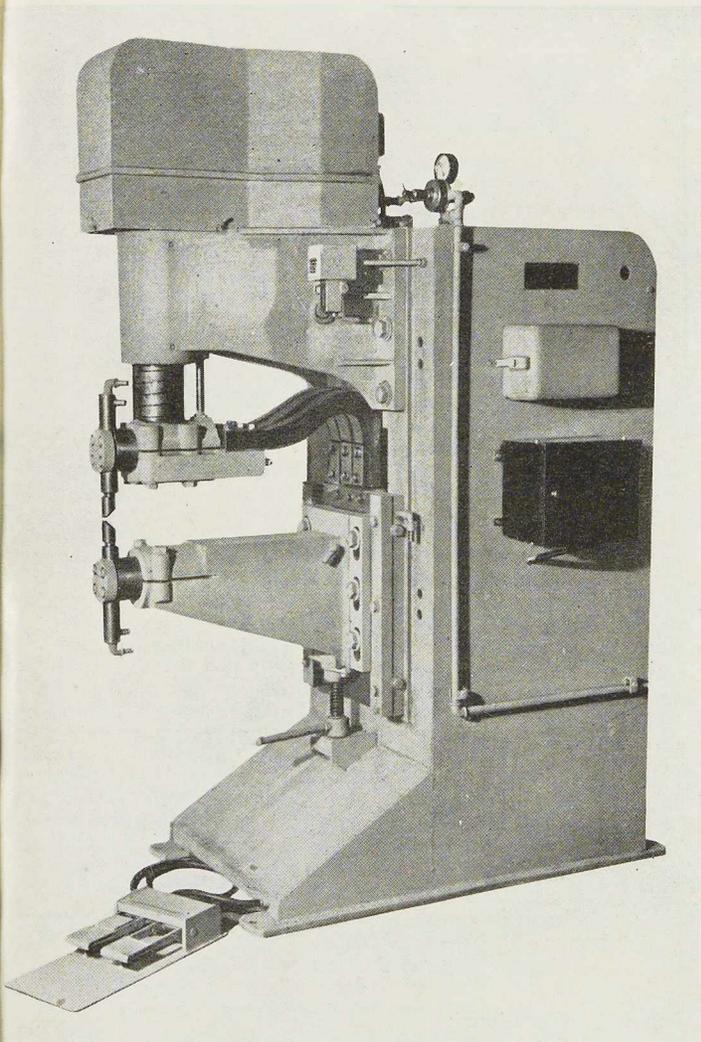


Fig. 187. Macrographie d'un point soudé, assemblant trois plats de 5 mm d'épaisseur.





**Fig. 188.** Soudeuse par points, étudiée spécialement pour les charpentes.

Puissance réglable de 45 à 175 KVA.

Capacité de soudure :

2 × 8 mm en régime continu,  
2 × 10 mm en régime intermittent.

Les électrodes sont à pointes excentrées, pour permettre la soudure dans l'angle des cornières, au voisinage de l'axe d'inertie.

Constructeur : S. A. Electromécanique.

1° Une importante recherche expérimentale effectuée par la S. A. Electromécanique, avec l'appui du Fonds national de la Recherche scientifique et sous la direction de MM. les professeurs L. Vandepierre et E. Warnant. La majeure partie des résultats de cette recherche a été publiée en 1939 dans le Bulletin n° 2 du Laboratoire de Connaissance des matériaux de l'Université Libre de Bruxelles.

2° Des essais complémentaires effectués par la S. A. Electromécanique avec la collaboration de l'auteur.

#### Domaine d'application

L'étude se rapporte à l'acier doux de construction, nuance 37-45 kg/mm<sup>2</sup> de résistance à la rupture, tôles et plats de qualité courante du commerce. Les résistances individuelles pour chaque série d'éprouvettes, mesurées par des essais de traction sur plats témoins, ont, en fait, varié entre 28,3 et 47,2 kg/mm<sup>2</sup>.

Les épaisseurs expérimentées couvrent une gamme de 1 à 7 mm environ.

Les points soudés utilisés étaient des points soudés ordinaires, réalisés dans des conditions



**Fig. 189.** Assemblage à 3 épaisseurs de 1 mm. Rupture du plat couvert, commencée par compression sur tranche avec voilement et achevée par traction à l'arrière du point soudé.

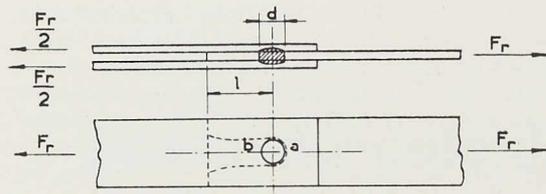
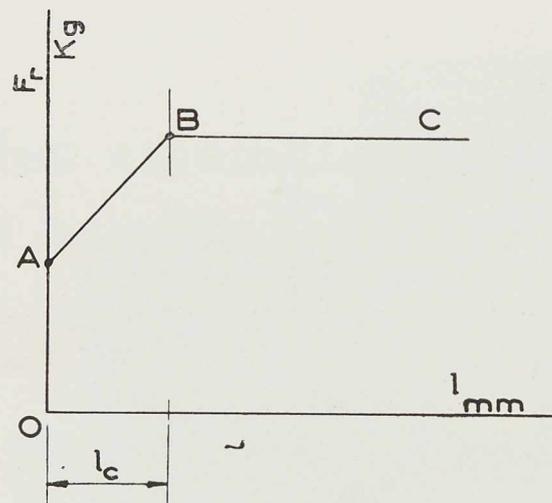


Fig. 190. Eprouvette à trois plats.

Fig. 191. Diagramme schématique des charges de rupture des éprouvette à trois plats.



de bonne fabrication normale, sans emploi de procédés spéciaux tels que soudure pulsatoire, soudure avec recuit durant l'exécution, etc.

L'étude correspond donc à des points soudés normaux, tels qu'on peut les obtenir en pratique, dans l'assemblage de tôles ou plats de qualité courante ordinaire. Elle est limitée aux sollicitations statiques et n'envisage donc pas le problème de sollicitations dynamiques ni celui de l'endurance.

#### Modes de rupture des éprouvette assemblées par points soudés

##### Eprouvette à trois plats

Pour la clarté de l'exposé qui va suivre, il est nécessaire de rappeler brièvement ici les divers modes de rupture des éprouvette comportant trois plats assemblés par un point soudé. Pour une analyse détaillée de ces modes de rupture, ainsi que pour la justification théorique des formules, on se reportera au chapitre III du Bulletin n° 2 déjà cité.

Si l'on soumet à l'essai de traction une série d'éprouvette comportant trois plats de même épaisseur (fig. 190) et identiques entre elles en ce qui concerne les dimensions des plats, mais ayant des recouvrements  $l$  variables, on constate que les charges de rupture varient en fonction de la valeur du recouvrement d'après le diagramme schématique de la figure 191.

La première partie de ce diagramme, caractérisée par la droite oblique AB correspond à des ruptures dites par *cisaillement sur tranche* du

plat couvert (plat intérieur de l'éprouvette). Dans ce mode de rupture, le noyau soudé reste adhérent aux deux plats couvrants (plats extérieurs) et cisaille le plat couvert suivant le contour indiqué en pointillé à la figure 190.

La charge de rupture  $F_r$  croît linéairement en fonction du recouvrement et sa valeur est donnée par la relation

$$F_r = de(R + R'') + 2elR'' \quad (1)$$

Cette relation reste valable tant que le recouvrement  $l$  ne dépasse pas le recouvrement critique  $l_c$  donné par

$$l_c = \frac{d}{2} \left[ \frac{R'}{R''} + 1 \right] \quad (2)$$

Dans ces expressions :

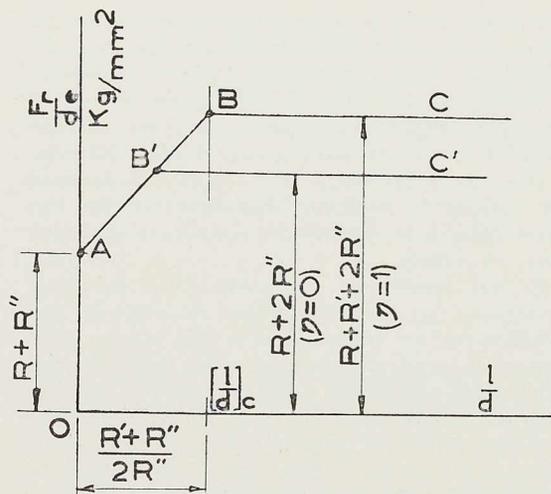
$R$  est la résistance du plat à la traction sur tranche, qui se produit dans la zone  $a$  (fig. 190) se trouvant à l'arrière du point soudé. D'après les résultats des essais, la valeur de  $R$  est comprise entre 64 et 72  $\text{kg}/\text{mm}^2$  pour des plats en acier doux de construction ordinaire. Elle est donc plus élevée que la résistance à la traction telle qu'elle est déterminée par les essais courants.

$R'$  est la résistance du plat à la compression sur tranche, qui se produit à l'avant du point, dans la zone  $b$  de la figure 190. Elle est comprise entre 106 et 115  $\text{kg}/\text{mm}^2$  d'après les essais.

$R''$  est la résistance du plat au cisaillement sur tranche. Elle varie entre 24 et 27  $\text{kg}/\text{mm}^2$ .

Lorsque le recouvrement dépasse la valeur cri-





tique  $l_c$  la rupture se produit par *compression sur corps*, accompagnée ou non du voilement du plat couvert. La valeur de la charge de rupture est alors donnée par la formule

$$F_r = de(R + R' + 2R'') \quad (3)$$

lorsqu'il ne se produit pas de voilement.

Si les proportions de l'assemblage sont telles que le plat intérieur est soumis au voilement, la charge de rupture s'en trouve diminuée, ce qui se traduit par l'introduction dans la formule (3) d'un coefficient réducteur de voilement  $\tau$ , affectant la résistance à la compression sur tranche. La charge de rupture devient alors

$$F_r = de(R + \tau R' + 2R'') \quad (4)$$

Le coefficient  $\tau$  est compris entre 0 et 1, limites correspondant respectivement au cas où le plat n'oppose pratiquement aucune résistance à la compression et au cas où le plat reste plan après rupture.

Enfin, si la résistance du plat intérieur est plus grande que celle des points soudés, la rupture de l'assemblage se produira par cisaillement de ceux-ci suivant les plans de séparation des trois plats (double cisaillement).

La charge de rupture s'exprimera par

$$F_r = 2 \cdot \frac{\pi d^2}{4} R_p'' \quad (5)$$

$R_p''$  étant la résistance des points soudés au cisaillement. Les essais ont montré que, pour des points soudés exécutés dans des conditions normales convenables, la valeur de  $R_p''$  est comprise entre 38 et 66,8 kg/mm<sup>2</sup>.

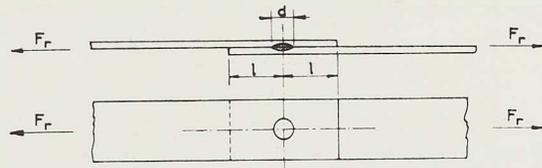


Fig. 192. Eprouvettes à deux plats.

Fig. 193. Diagramme généralisé des charges de rupture des éprouvettes à trois plats.

La position des charges de rupture par cisaillement des points par rapport au diagramme de la figure 191 dépend évidemment des dimensions des plats et du diamètre du point soudé.

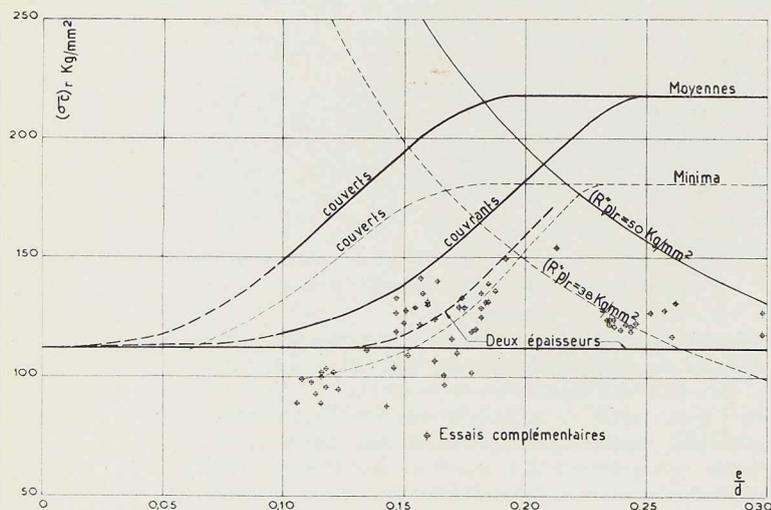
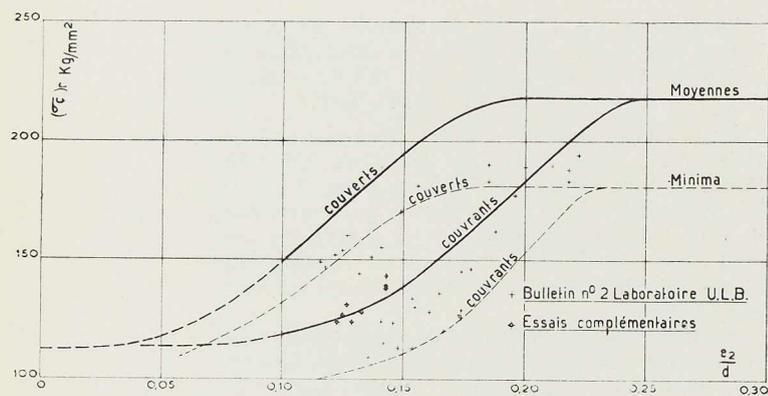
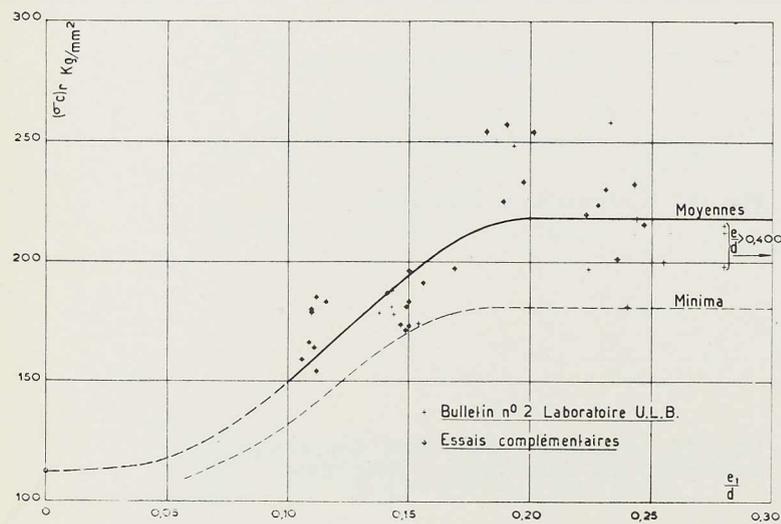
On constate d'ailleurs que les expressions caractérisant les deux droites de la figure 191 contiennent, non seulement les constantes  $R$ ,  $R'$  et  $R''$  du métal utilisé, mais encore les dimensions  $d$ ,  $e$  et  $l$  de l'éprouvette. Un tel diagramme ne peut donc représenter les charges de rupture que d'une série déterminée d'éprouvettes et n'est donc pas général.

On peut le généraliser dans une certaine mesure en prenant comme ordonnées les charges de rupture divisées par le produit  $de$  (section diamétrale du point) et, comme abscisses, le rapport  $\frac{l}{d}$  entre le recouvrement et le diamètre du point soudé.

On obtiendra ainsi le diagramme de la figure 193 qui ne dépend plus des dimensions de l'éprouvette en ce qui concerne les ruptures par cisaillement sur tranche. On remarquera cependant que l'ordonnée de la droite représentant les ruptures par compression sur corps peut être comprise entre

$$(R + 2R'') \quad \text{et} \quad (R + R' + 2R'')$$

suivant la valeur que prend, dans chaque cas déterminé, le coefficient réducteur de voilement  $\tau$ . Or, ce coefficient dépend des caractéristiques de l'éprouvette, ce qui fait que le diagramme généralisé de la figure 193 n'est pas encore suffisant pour déterminer à priori les charges de rupture de tous les assemblages.



Lorsque les trois plats constituant l'éprouvette n'ont pas la même épaisseur mais si, par exemple, l'épaisseur du plat couvert est égale ou supérieure à la somme des épaisseurs des deux plats couvrants, la rupture se produira dans ceux-ci suivant les mêmes modes que ceux décrits ci-dessus.

Dans les expressions (1), (3) et (4) donnant les charges de rupture, l'épaisseur  $e$  devra être prise égale à la somme des épaisseurs des deux plats couvrants.

Il faut remarquer que deux plats couvrants présentent les mêmes charges de rupture par cisaillement sur tranche qu'un plat couvert dont l'épaisseur est égale à la somme des épaisseurs des deux plats couvrants. Leur résistance à la rupture par compression sur corps pourra cependant être plus faible car, n'étant pas maintenus transversalement comme le plat couvert, ils seront plus exposés aux effets de voilement.

#### Eprouvettes à deux plats

Lorsque l'on soumet aux essais des éprouvettes ne comportant que deux plats de même épaisseur assemblés par un point soudé (fig. 192) on constate que, pour des dimensions usuelles de plats et de points, il n'y a pas de droite oblique correspondant aux ruptures par cisaillement sur tranche. La charge de rupture est sensiblement constante quel que soit le recouvrement.

La rupture se produit par compression sur corps avec voilement ou bien par cisaillement des points soudés ou bien par une combinaison des deux modes précédents.

#### Résistance à la compression sur corps des éprouvettes assemblées par points soudés

#### Généralités

Les diagrammes des charges de rupture donnés aux figures 191 et 193 montrent que les assemblages qui se rompent par cisaillement sur tranche n'épuisent pas, du fait d'un recouvrement insuffisant, la pleine capacité de résistance offerte par un point soudé.

Il sera donc intéressant, au point de vue de l'utilisation pratique de ce mode d'assemblage,

**Fig. 194.** Résultats expérimentaux pour les plats couverts des assemblages à trois épaisseurs.

**Fig. 195.** Résultats expérimentaux pour les plats couvrants des assemblages à trois épaisseurs.

**Fig. 196.** Résultats expérimentaux pour les assemblages à deux épaisseurs.



de réaliser un recouvrement supérieur au recouvrement critique afin de pouvoir compter sur la résistance à la compression sur corps. Par conséquent, afin de dégager les principes de calcul, il est nécessaire d'examiner plus en détail cette résistance, d'après les résultats des essais dont on dispose actuellement.

Il est bien entendu que l'on examinera les assemblages dont le recouvrement satisfait à la relation

$$l \gg \frac{d}{2} \left[ \frac{R'}{R''} + 1 \right]$$

ce qui correspond, d'après les valeurs de  $R'$  et  $R''$  données plus haut à la proportion approximative

$$l \geq 2,90 d.$$

On étudiera séparément les trois cas principaux suivants.

1° Assemblages à trois épaisseurs, plats couverts ;

2° Assemblages à trois épaisseurs, plats couvrants ;

3° Assemblages à deux épaisseurs.

Pour la facilité de l'exposé, on utilisera la notation  $(\sigma_c)_r$  que l'on désignera par tension conventionnelle de rupture par compression sur corps.

Si l'on appelle :

$e_1$  épaisseur du plat couvert ;

$e_2$  épaisseur de chacun des plats couvrants ;

$e$  épaisseur de chacun des plats d'un assemblage à deux épaisseurs,

on aura

plats couverts

$$(\sigma_c)_r = \frac{F_r}{e_1 d}$$

plats couvrants

$$(\sigma_c)_r = \frac{F_r}{2 e_2 d}$$

assemblage à deux épaisseurs

$$(\sigma_c)_r = \frac{F_r}{e d}.$$

D'autre part, d'après ce qui précède, on aura toujours

$$(\sigma_c)_r = R + \tau_1 R' + 2 R'' . \quad (6)$$

Les résultats des essais seront représentés graphiquement en portant les valeurs de  $(\sigma_c)_r$  en fonction du rapport  $\frac{e}{d}$  entre l'épaisseur d'un

plat (qui sera, suivant les cas,  $e_1$ ,  $e_2$  ou  $e$ ) et le diamètre du point soudé  $d$ .

### Résistance des plats couverts

Le diagramme de la figure 194 donne les valeurs de  $(\sigma_c)_r$  pour des plats couverts dont l'épaisseur est comprise entre 1 et 7 mm et pour une gamme de variation du rapport  $\frac{e_1}{d}$  de 0,100 à 0,400 environ, c'est-à-dire couvrant largement l'étendue des points soudés normaux correspondant à ces épaisseurs.

La dispersion des résultats est assez forte et provient de différents facteurs. En premier lieu, les essais ont été effectués sur des plats et des tôles de qualité commerciale ordinaire qui présentaient, ainsi qu'il a été indiqué ci-dessus, des écarts assez forts en ce qui concerne leur résistance à la rupture et leur limite apparente d'élasticité. Ces écarts influent sur le terme  $F_r$  de l'expression donnant  $(\sigma_c)_r$ .

Ensuite, l'épaisseur des plats n'étant pas toujours très régulière, il n'a pas été possible de la déterminer exactement au droit du point soudé. Enfin, les points soudés eux-mêmes n'ayant pas une section absolument circulaire, la mesure de leur diamètre est également entachée d'une certaine erreur. Ces deux erreurs de mesure influencent évidemment les deux facteurs du dénominateur de l'expression donnant  $(\sigma_c)_r$ .

Malgré ces écarts, il est cependant possible de dégager de ce diagramme une courbe moyenne qui confirme nettement l'allure théorique donnée par la figure 24 (p. 47) du Bulletin n° 2 déjà cité. On constate ainsi que les plats couverts sont exposés au voilement jusqu'au voisinage de  $\frac{e_1}{d} = 0,200$ . Au delà de cette limite, l'assemblage présente sa pleine résistance à la compression sur corps qui atteint, en moyenne, la valeur

$$(\sigma_c)_r = 218 \text{ kg/mm}^2.$$

### Résistance des plats couvrants

Le diagramme de la figure 195 donne les valeurs de  $(\sigma_c)_r$  pour des plats couvrants de 1 et 2 mm et une variation de  $\frac{e_2}{d}$  de 0,100 à 0,250 environ. On constate la même allure de variation que pour les plats couverts mais l'influence du voilement se manifeste jusque  $\frac{e_2}{d} = 0,250$ . Au delà de cette valeur, la résistance des plats couvrants atteint celle des plats couverts, c'est-à-dire  $(\sigma_c)_r = 218 \text{ kg/mm}^2$ .



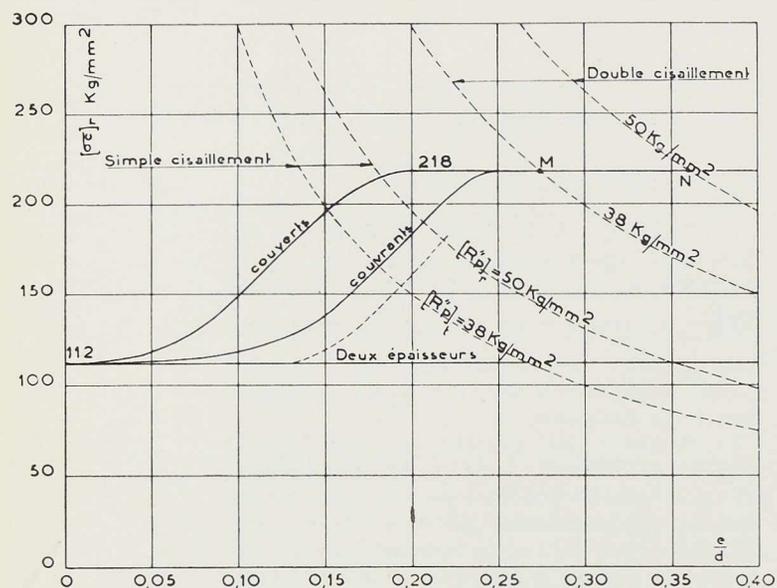


Fig. 197. Diagramme récapitulatif de la tension conventionnelle de rupture par compression sur corps.

#### Résistance des assemblages à deux épaisseurs

Le diagramme de la figure 196 donne les valeurs de  $(\sigma_c)_r$  pour des assemblages comportant deux plats de 1, 2 et 4 mm d'épaisseur et un rapport  $\frac{e}{d}$  compris entre 0,100 et 0,350 environ.

On constate que les points représentatifs des charges de rupture de ces assemblages suivent sensiblement l'allure de variation de la courbe des minima des plats couvrants jusqu'au voisinage de  $\frac{e}{d} = 0,210$  pour redescendre ensuite vers des valeurs de  $(\sigma_c)_r$  plus faibles. Les points de cette dernière région représentent des assemblages de deux plats de 4 mm d'épaisseur, dont la rupture était une combinaison de rupture par compression sur corps et par cisaillement des points.

Il a été indiqué précédemment que la rupture d'un assemblage par compression sur corps des plats ne peut se produire que si la résistance des points soudés au cisaillement lui est supérieure. Par conséquent, la tension conventionnelle de rupture par compression sur corps ne peut jamais dépasser une limite supérieure fixée par la résistance du point soudé au cisaillement, qui, dans le cas d'un assemblage à deux épaisseurs, n'est qu'un cisaillement simple.

Cette limite supérieure peut se calculer en exprimant l'égalité des charges de rupture par compression sur corps et par cisaillement du point soudé.

On aura ainsi

$$\frac{\pi d^2}{4} (R_p'') = de (\sigma_c)_r$$

ce qui donne

$$(\sigma_c)_r = \frac{1}{e} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot R_p'' \quad (7)$$

La figure 196 comporte le tracé de deux courbes limites supérieures de  $(\sigma_c)_r$ , calculées d'après la relation (7) pour la valeur minimum de  $R_p'' = 38 \text{ kg/mm}^2$  ainsi que pour une valeur moyenne de  $R_p'' = 50 \text{ kg/mm}^2$ . On constate ainsi que les points représentatifs des essais sur assemblages à plats de 4 mm correspondent bien à ces cas limites.

Pour les calculs pratiques des assemblages à deux plats, on a négligé l'accroissement de  $(\sigma_c)_r$  qui se produit entre  $\frac{e}{d} = 0,150$  et 0,200 et il a été admis qu'elle serait représentée par une droite horizontale, ayant la même ordonnée à l'origine que les courbes moyennes des plats couverts et couvrants, c'est-à-dire  $(\sigma_c)_r = 112 \text{ kg/mm}^2$ .

Un certain nombre de points se trouvent quelque peu en dessous de cette droite: ils correspondent aux essais sur plats de 1 mm dont la résistance à la traction simple n'était que de l'ordre de 30 kg/mm<sup>2</sup>.

#### Récapitulation et valeurs numériques

La figure 197 donne une superposition des courbes des valeurs moyennes de  $(\sigma_c)_r$  pour les plats couverts, les plats couvrants et les assemblages à deux épaisseurs. Elle donne également les courbes des limites supérieures de ces tensions pour les cas de points soumis à simple cisaillement (deux épaisseurs assemblées) et au double cisaillement (trois épaisseurs assemblées).

Si l'on examine les courbes des plats couverts et couvrants en partant de l'axe des ordonnées on constatera que la tension conventionnelle de rupture par compression sur corps, caractérisant la résistance de l'assemblage, augmente progressivement avec le rapport  $\frac{e}{d}$ . Pour un plat d'une épaisseur déterminée, la tension de rupture augmente donc lorsque le diamètre du point soudé diminue.

D'autre part, lorsque l'on atteint la zone MN de la droite représentant la valeur constante de la compression sur corps sans voilement, une rupture par cisaillement des points soudés peut se produire si ceux-ci ont une résistance au cisaillement inférieure à la valeur moyenne de



50 kg/mm<sup>2</sup>. Au delà du point N ce sera la résistance au cisaillement des points soudés qui déterminera celle de l'assemblage.

Pratiquement donc, un contrôle de l'assemblage au point de vue du cisaillement des points soudés, ne sera opérant que pour des valeurs de  $\frac{e}{d}$  supérieures à 0,300 ou 0,350.

Pour les assemblages à deux épaisseurs, on constate la même allure générale de variation de la tension conventionnelle ( $\sigma_c$ ), mais le cisaillement des points soudés intervient beaucoup plus rapidement, ceux-ci n'ayant dans ce cas, qu'une seule section résistante.

En ce qui concerne les valeurs numériques, celles de l'ordonnée à l'origine (112 kg/mm<sup>2</sup>) et de l'ordonnée finale (218 kg/mm<sup>2</sup>) correspondent aux valeurs suivantes des caractéristiques du métal des pièces assemblées :

Résistance à la traction sur tranche

$$R = 64 \text{ kg/mm}^2 ;$$

Résistance à la compression sur tranche

$$R' = 106 \text{ kg/mm}^2 ;$$

Résistance au cisaillement sur tranche

$$R'' = 24 \text{ kg/mm}^2 .$$

#### Coefficients de voilement

D'après les courbes de la figure 197 on peut calculer les coefficients de voilement  $\tau_i$  pour les plats couverts et les plats couvrants. Ils sont donnés par le graphique de la figure 198 en fonction du rapport  $\frac{e}{d}$ .

Pour les assemblages à deux épaisseurs, on adopte, conformément à ce qui a été dit ci-dessus, la valeur uniforme  $\tau_i = 0$ .

#### Coefficients de sécurité et sollicitations admissibles

##### Cisaillement des points soudés

D'après les essais relatés dans le Bulletin n° 2 du Laboratoire de Connaissance des matériaux de l'Université libre de Bruxelles, il a été trouvé que les points soudés assemblant des plats en acier doux de construction (aciers 37-44) et exécutés dans des conditions normales convenables (refroidis sous pression maintenue), présentent une résistance au cisaillement de

$$R_b'' = 38,0 \text{ à } 66,8 \text{ kg/mm}^2 .$$

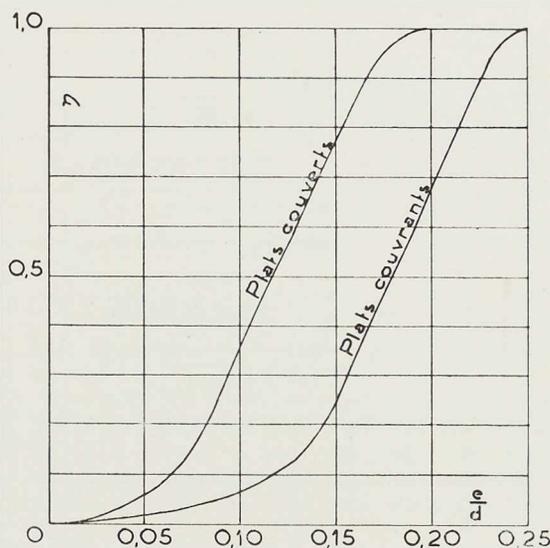


Fig. 198. Coefficients de réduction de voilement.

D'autre part, il a été constaté également que la résistance au cisaillement des boulons en acier doux est de

$$R_b'' = 29,2 \text{ à } 41,6 \text{ kg/mm}^2 .$$

D'après les prescriptions actuellement en vigueur pour les constructions métalliques, on peut admettre pour les boulons une tension au cisaillement de 11 kg/mm<sup>2</sup> dans le cas I de sollicitation, c'est-à-dire lorsque l'on tient compte de l'ensemble des charges agissant sur la construction à l'exclusion des surcharges climatiques et de l'action du vent.

Le coefficient de sécurité minimum des boulons est donc de  $\frac{29,2}{11} = 2,655$ .

Etant donné que les résultats des points soudés présentent des écarts plus importants que ceux des boulons, il semble nécessaire d'admettre un coefficient de sécurité minimum plus élevé, par exemple de l'ordre de 3. D'après cela, la tension de cisaillement admissible sur les points soudés serait de  $\frac{38}{3} = 12,7 \text{ kg/mm}^2$ , soit pratiquement 12 kg/mm<sup>2</sup>.

La valeur moyenne du cisaillement des points soudés est d'environ 50 kg/mm<sup>2</sup>. Le coefficient de sécurité moyen sera donc de  $\frac{50}{4,16} = 12,02$ . Il est plus élevé que le coefficient de sécurité moyen des boulons qui est de l'ordre de 3,79.



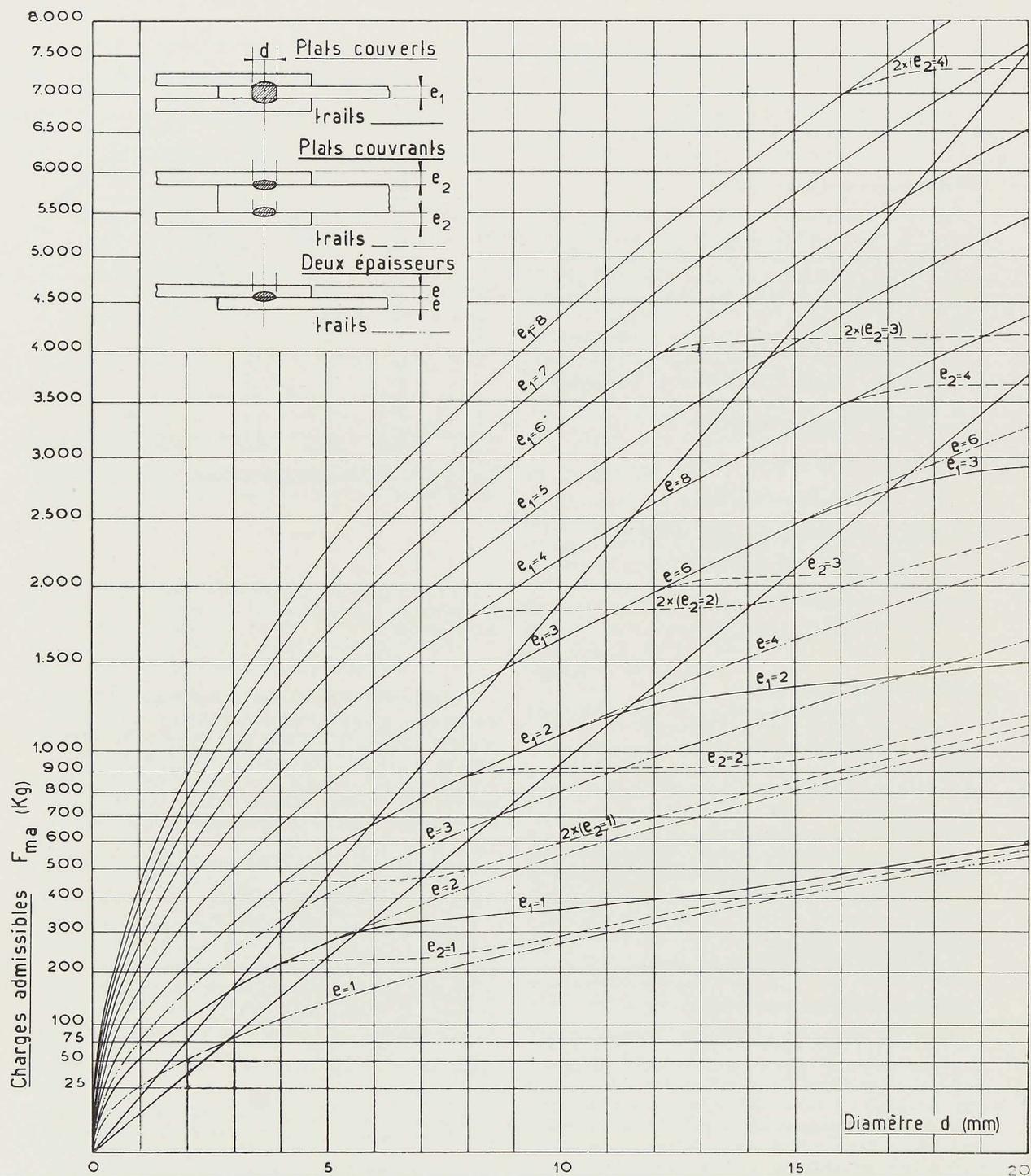


Fig. 199. Graphique des charges admissibles pour les assemblages à deux et trois épaisseurs; les courbes cotées en  $e_2$  donnent la charge admissible pour un plat couvrant, celles cotées en  $2 \times e_2$  donnent la charge admissible pour deux plats couvrants.



## Résistance des plats

Il a été montré que la résistance des plats au cisaillement sur tranche de même qu'à la compression sur corps dépend des coefficients caractéristiques de la matière  $R$ ,  $R'$  et  $R''$ . Or, d'après les prescriptions actuelles qui autorisent le calcul des constructions métalliques avec une tension de  $14 \text{ kg/mm}^2$ , le coefficient de sécurité de l'acier utilisé est de l'ordre de 3.

Cependant, toujours pour tenir compte des écarts plus grands constatés pour les assemblages par points soudés, on admettra un coefficient de sécurité de 4 pour les valeurs des coefficients caractéristiques donnés au paragraphe 3. On pourra ainsi admettre les tensions suivantes :

### Traction sur tranche

$$(R)_{ma} = 16,0 \text{ kg/mm}^2 ;$$

### Compression sur tranche

$$(R')_{ma} = 26,5 \text{ kg/mm}^2 ;$$

### Cisaillement sur tranche

$$(R'')_{ma} = 6,0 \text{ kg/mm}^2 .$$

En ce qui concerne ces valeurs numériques on peut faire remarquer que la traction sur tranche n'a pas d'équivalent dans les prescriptions officielles actuelles. Le chiffre de  $16 \text{ kg/mm}^2$  ne constitue pas une limite trop élevée puisque les règlements l'admettent comme tension de sécurité en traction ordinaire lorsque l'on tient compte de l'ensemble des charges agissant sur une construction, y compris le vent et la neige. Pourtant, la résistance de l'acier à la traction ordinaire est plus faible que celle à la traction sur tranche à l'arrière du point soudé.

Le chiffre de  $26,5 \text{ kg/mm}^2$  admis pour la compression sur corps peut se comparer, dans une certaine mesure, aux valeurs admises par les règlements pour la pression de contact exercée par les boulons sur la tranche des tôles assemblées. On sait que actuellement cette pression varie, lorsque l'on tient compte de toutes les charges, entre  $27$  et  $36 \text{ kg/mm}^2$  dans le cas du double cisaillement et entre  $21,6$  et  $28,8 \text{ kg/mm}^2$  dans le cas du simple cisaillement.

Enfin, la tension de cisaillement sur tranche n'est pas, elle non plus, fixée par les règlements actuels. La valeur limite imposée pour le cas général de cisaillement est de  $8,4 \text{ kg/mm}^2$  dans le cas de l'acier calculé avec  $14 \text{ kg/mm}^2$  comme tension de sécurité.

## Compression sur corps

Tenant compte du coefficient de sécurité fixé ci-dessus, la figure 200 donne le diagramme des valeurs admissibles pour la tension conventionnelle de compression sur corps  $(\sigma_c)_{ma}$ , caractérisant la charge admissible d'un assemblage ayant un recouvrement supérieur au recouvrement critique.

Les assemblages par points soudés calculés à l'aide de ces valeurs admissibles présenteront donc un coefficient de sécurité moyen de 4 contre la rupture sous charges statiques.

La figure 200 donne en outre les courbes limitant les valeurs admissibles pour la compression sur corps d'après la résistance des points soudés au cisaillement. Ces courbes ont été établies d'après la tension admise pour les points, c'est-à-dire  $12 \text{ kg/mm}^2$ .

On constate ainsi que la résistance des points soudés au cisaillement n'intervient dans le calcul de l'assemblage que lorsque  $\frac{e}{d}$  est supérieur à  $0,346$  pour le cas de trois épaisseurs et à  $0,335$  pour celui de deux épaisseurs assemblées.

## Calcul des assemblages par points soudés

### Conditions générales

Un assemblage par points soudés doit satisfaire aux conditions générales suivantes :

1° La tension conventionnelle de compression sur corps ne doit pas dépasser la valeur admissible correspondant au rapport  $\frac{e}{d}$  du cas ;

2° Le diamètre des points soudés doit être tel qu'ils ne soient pas en danger de rupture par cisaillement ;

3° Le recouvrement doit être tel que les plats assemblés ne soient pas en danger de rupture par cisaillement sur tranche.

Il reste bien entendu que ceci suppose remplie la condition préalable que les barres assemblées sont suffisantes pour l'effort qui les sollicite.

### Calcul par la tension conventionnelle de compression sur corps

Les paragraphes qui précèdent fournissent tous les éléments permettant le contrôle d'un assemblage au point de vue de sa résistance à la compression sur corps. Cependant, comme l'expression de la tension conventionnelle  $(\sigma_c)_{ma}$  contient le coefficient de voilement  $\tau$ , et que, d'autre part, celui-ci n'est pas exprimé par une relation



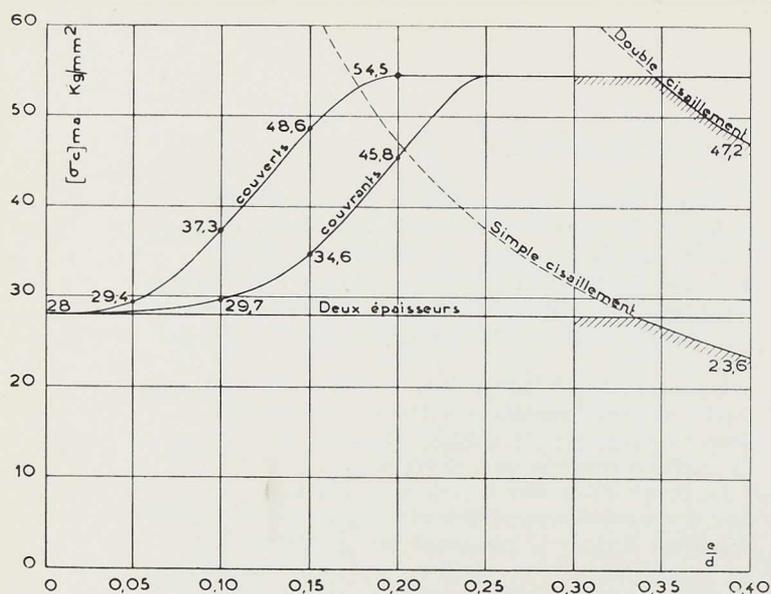


Fig. 200. Valeurs admissibles de la tension conventionnelle de compression sur corps.

simple en fonction du rapport  $\frac{e}{d}$ , ces relations ne permettent pas un *calcul direct d'établissement*.

Pour faciliter ces calculs, on a établi le graphique de la figure 199 qui donne directement les charges admissibles sur un plat d'une épaisseur déterminée, assemblé par un point soudé d'un diamètre donné. Ce graphique comporte des courbes relatives aux plats couverts, couvrants ou assemblages à deux épaisseurs. Les courbes données correspondent à des plats de 1 à 8 mm. L'axe des abscisses indique les diamètres des points soudés, variant de 0 à 20 mm.

L'axe des ordonnées donne les charges admissibles qui ont été représentées par des quantités proportionnelles à leurs racines carrées, afin d'assurer une lisibilité suffisante dans la région des petites valeurs,

Les charges admissibles ont été calculées en fonction des tensions  $(\sigma_c)_{ma}$  données par la figure 200, sauf en ce qui concerne les assemblages à deux épaisseurs pour lesquels on a adopté une tension de 27,25 kg/mm<sup>2</sup> au lieu de 28 kg/mm<sup>2</sup>. Ceci a été fait dans un but de simplification des tracés car, de cette façon, la courbe d'un plat d'une certaine épaisseur coïncide avec celle d'un plat couvert d'épaisseur moitié, lorsqu'il n'est pas soumis au voilement.

Le graphique donne également les droites correspondant aux charges admissibles d'après le cisaillement des points soudés: double cisaillement pour les assemblages à trois épaisseurs et simple cisaillement pour ceux à deux épaisseurs.

Les points d'intersection des différentes courbes

avec les droites correspondantes représentent des assemblages dans lesquels on utilise au maximum à la fois la résistance des points soudés au cisaillement et celle des plats à la compression sur corps.

La partie des courbes située en dessous des droites de cisaillement correspond au cas où il n'est pas possible d'utiliser la pleine capacité de résistance des points soudés car elle correspondrait à une sollicitation excessive des plats.

Enfin, la partie des courbes située au-dessus des droites représente des assemblages inutilisables parce que les points soudés seraient en danger de rupture par cisaillement avant que les plats atteignent la charge admissible d'après la compression sur corps. Cette partie des courbes n'a été dessinée que pour compléter l'aspect d'ensemble des conditions de résistance des assemblages.

#### Contrôle du cisaillement des points soudés

Il a été indiqué précédemment que le contrôle des points soudés au cisaillement ne doit être effectué que lorsque le rapport  $\frac{e}{d}$  dépasse la valeur de 0,346 pour les assemblages à trois épaisseurs et celle de 0,335 pour les assemblages à deux épaisseurs.

Ce contrôle se fait comme pour les boulons ou les rivets, soumis au simple ou au double cisaillement, en divisant l'effort sollicitant par la section totale cisailée. La tension de cisaillement ne doit pas dépasser 12 kg/mm<sup>2</sup>.

Lorsque l'on détermine les charges admissibles en utilisant le graphique de la figure 199, ce contrôle est assuré automatiquement.

#### Contrôle du cisaillement sur tranche des plats

Il a été indiqué au paragraphe 2 que la charge de rupture par cisaillement sur tranche est donnée par la relation (1). En divisant les valeurs de R et de R'' par le coefficient de sécurité 4, on obtient l'expression suivante, donnant la limite qui ne doit pas être dépassée par la tension conventionnelle de compression sur corps pour que l'assemblage ne soit pas en danger de cisaillement des plats

$$(\sigma_c)_{ma} \leq R_{ma} + R''_{ma} + 2 \frac{l}{d} R''_{ma} \quad (8)$$

soit, avec les valeurs numériques adoptées

$$(\sigma_c)_{ma} \leq 22 + 12 \frac{l}{d} \quad (9)$$



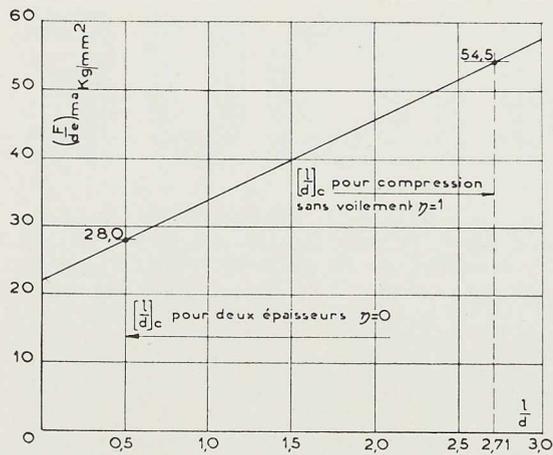


Fig. 201. Limites de la tension  $(\sigma_c)_{ma}$  d'après le recouvrement.

Le recouvrement critique correspond à l'égalité des deux membres de cette relation. Il est donc fonction de  $(\sigma_c)_{ma}$  et, par conséquent, du coefficient de voilement  $\tau_1$ .

On trouve que

$$\left[ \frac{l}{d} \right]_c = \frac{R'_{ma}}{2R''_{ma}} \cdot \tau_1 + \frac{1}{2} = 2,21 \tau_1 + 0,5. \quad (10)$$

La figure 201 donne une représentation graphique de la limite de  $(\sigma_c)_{ma}$  en fonction du recouvrement, d'après la relation (8). En pratique, il suffira donc, ayant calculé  $\frac{F}{ed}$  d'adopter un recouvrement correspondant à ce diagramme. Si, pour des raisons constructives, il n'est pas possible de donner au recouvrement la valeur ainsi déterminée, il faudra modifier le diamètre du point soudé de façon à réduire la tension de compression sur corps.

La figure 201 permet de constater que, pour les assemblages à deux épaisseurs, il n'y a pas lieu de contrôler le cisaillement sur tranche. En effet, ces assemblages se calculent pour  $(\sigma_c)_{ma} = 28 \text{ kg/mm}^2$  et, pour cette valeur, le recouvrement critique n'est que de  $0,5 \cdot d$ , c'est-à-dire que le bord du point soudé coïncide avec le bord de la pièce assemblée. En pratique, tel n'est jamais le cas et, par conséquent, tous les recouvrements que l'on peut réaliser pour des assemblages à deux épaisseurs sont supérieurs au recouvrement critique.

Cette constatation concorde bien avec les résultats des essais sur assemblages à deux épaisseurs qui n'ont pas donné de rupture par cisaillement sur tranche, même pour de petits recouvrements.

### Assemblages à points multiples

Ainsi qu'il a été indiqué au début de cet article, les données expérimentales dont on dispose ont été obtenues sur des éprouvettes ne comportant qu'un point soudé. On ne possède donc pas encore d'éléments concernant les assemblages à points multiples.

Si cependant, l'effort sollicitant est tel qu'un seul point soudé n'est pas suffisant, on pourra obtenir une solution approchée du problème en admettant que l'effort se répartit en parts égales entre tous les points soudés constituant l'assemblage.

On appliquera alors à chaque point les principes de calcul exposés ci-dessus. On examinera particulièrement les conditions de résistance au cisaillement sur tranche.

### Assemblage des profilés

Les essais ayant été effectués sur des tôles et des plats, on n'a pas de données expérimentales sur la résistance des assemblages de profilés. Il n'y a cependant guère de raison de supposer qu'en leur appliquant les principes de calcul ci-dessus on obtienne une sécurité moindre que pour des plats.

Au contraire, il est possible que, du fait de la rigidité plus grande des profilés, ils soient moins affectés par le voilement.

### Conclusions

Le but du présent article était d'examiner si les données expérimentales dont on dispose actuellement permettaient de poser des bases suffisantes pour le calcul des assemblages à points soudés, tout au moins en ce qui concerne les épaisseurs de pièces assemblées comprises entre 1 et 8 mm.

Les principes de calcul exposés dans ce qui précède constituent une tentative de résolution de ce problème. Ils montrent que le calcul des points soudés peut être effectué d'une manière suffisamment simple pour les besoins de la pratique.

Toutefois, ce calcul doit se limiter pour le moment aux sollicitations statiques, les résultats expérimentaux faisant défaut en ce qui concerne les sollicitations dynamiques et l'endurance.

Pour terminer, qu'il soit permis de remercier ici la S. A. Electromécanique, et plus particulièrement son directeur technique, M. Klopfer, qui a bien voulu marquer son accord pour la publication du présent travail, basé, ainsi qu'il a été rappelé au début, sur les résultats des importantes recherches qu'elle avait effectuées.

A. J.

# CHRONIQUE

## Marché de l'acier pendant le mois de janvier 1947

La réduction de la production sidérurgique belgo-luxembourgeoise est faible par rapport à décembre. C'est notamment au Grand-Duché de Luxembourg que le manque de coke a eu une influence déplorable; l'Arbed a dû éteindre trois hauts fourneaux et la production du pays a diminué de 20 %.

La production de janvier s'établit comme suit :

	Production acier lingot en tonnes		
	Belgique	Luxembourg	Total
Janvier 1946	152.801	70.383	223.184
Janvier 1947	225.493	96.787	322.280

La diminution de la production n'est évidemment pas faite pour réduire la tension existant sur le marché. La cessation de la grève au port d'Anvers a permis la livraison rapide des commandes en instance pour l'exportation. Les arrivages de minerai sont suffisants. Quant aux mitrilles, les prix ont une tendance à la hausse. Au courant de 1946, ces prix sont passés de 950 à 1.600 francs à la tonne.

Une grosse émotion vient d'être créée à Luxembourg et en Belgique par une information de l'agence Reuter, suivant laquelle le Général Clay, commandant en chef de la zone américaine d'occupation, aurait interdit l'accès de la zone aux dirigeants de l'Arbed. La presse de nos deux pays a fait justice des arguments mis en avant pour motiver cette mesure; il faut espérer que le Gouvernement luxembourgeois réussira à aplanir l'incident dont la gravité pour le Grand-Duché et toute l'Union Economique est évidente, car il

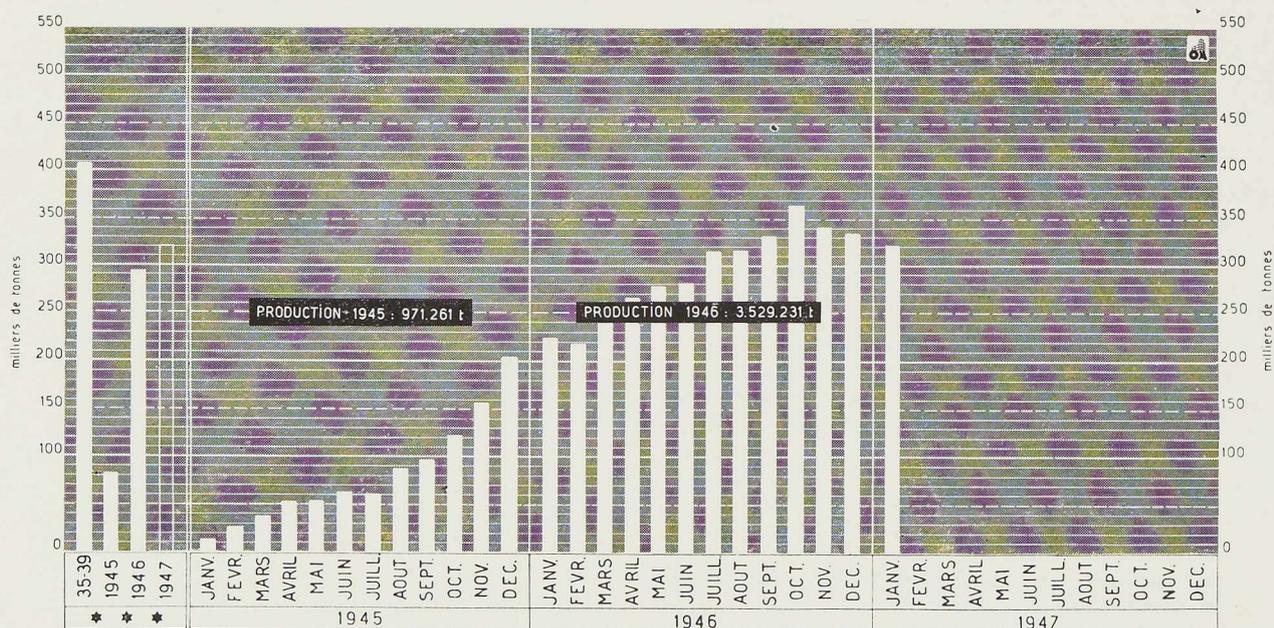


Fig. 202. Production des aciéries belges et luxembourgeoises.

\*\*\* Moyennes mensuelles des années 1935-1939, 1945, 1946 et production du mois de janvier 1947.



pose un problème de principe sur la structure économique de notre industrie sidérurgique.

#### Marché intérieur

Contrairement à ce qui était attendu, la question des prix n'a pas encore trouvé de solution; en effet, la hausse des salaires dans les charbonnages a amené de nouvelles difficultés, toute augmentation du prix de charbon ayant sa répercussion immédiate sur les prix de revient de la sidérurgie.

Ainsi que nous l'avons signalé, un gros effort pour l'assainissement des carnets de commande pour l'étranger a été fait pour les producteurs. Afin de normaliser également le marché intérieur et pour réduire sensiblement les délais de livraison, le Comité de Priorités, malgré les protestations de certains usagers qui demandent que leur soient réservés par priorité des contingents importants, a décidé de ne permettre que l'enregistrement des commandes ayant un caractère d'urgence absolue. Les producteurs font d'ailleurs valoir que les fournitures qui continuent au rythme des mois précédents dépassent celles des meilleures années d'avant-guerre et qu'il est indispensable de respecter les engagements pris à l'étranger. On peut craindre dès le retour à une situation plus normale que la concurrence de l'étranger dans la plupart des produits manufacturés soit plus active que les produits bruts. Il serait donc manquer de prudence que de négliger maintenant la clientèle traditionnelle à l'exportation. Dans ce domaine seule une plus forte production pourra fournir la clef du problème. Remarquons d'ailleurs qu'avant-guerre l'écoulement des produits finis se faisait à environ 40 % à l'intérieur et 60 % à l'extérieur, alors que pour 1946 ces proportions sont de 52 % à l'intérieur contre 48 % à l'exportation.

D'un autre côté, un accord proposé aux transformateurs leur assure un approvisionnement suffisant, à charge pour eux d'exécuter certaines fournitures pour l'exportation directe ou dans le cadre des accords commerciaux.

#### Marché extérieur

Le marché maintient sa fermeté et les usines ont peine à suivre leurs obligations contractuelles.

La nouvelle convention belgo-suédoise comporte 192.000 tonnes de produits sidérurgiques à fournir au courant de l'année. Les pourparlers avec l'Angleterre n'ont pas encore abouti à un accord. La Grande-Bretagne, selon certains rapports, aurait offert à la Belgique et au Luxembourg, l'achat pendant les prochaines années, de tout l'excédent de leur production en demi-produits; les négociations relatives à l'année 1947 vont reprendre incessamment.

Ainsi est posé le problème d'une expansion de la capacité de production de notre industrie. Signalons sous ce rapport que l'Arbed projette l'installation prochaine d'un grand laminoir de

tôles à froid qui ferait de ses usines un des plus grands producteurs d'Europe pour ce produit.

#### Produits exportés

Le tonnage total exporté en décembre 1946 a été de 102.000 tonnes contre 145.000 tonnes en novembre et 156.000 tonnes en octobre. Pour toute l'année 1946 les exportations se chiffrent à environ 1.340.000 tonnes. Parmi les principaux acheteurs figurent les pays suivants (les chiffres donnent les tonnages expédiés au cours du deuxième semestre 1946) :

Pays-Bas . . . . .	189.000 t
Suisse . . . . .	153.000 t
Argentine . . . . .	111.000 t
Suède . . . . .	87.000 t
Danemark . . . . .	58.000 t

Les produits exportés se décomposent comme suit :

Aciers marchands . . . . .	env. 31 %
Profilés . . . . .	» 18 %
Tôles . . . . .	» 16 %
Demi-produits . . . . .	» 12 %
Fils et verges . . . . .	» 9 %
Rails . . . . .	» 4 %

#### Les maisons métalliques en Angleterre

La réduction des temps de construction sur place apparaît nettement lors de la construction des maisons métalliques type A en Angleterre.

Le 2 janvier, 70 maisons seulement étaient achevées. A la date du 16 janvier, 14.377 étaient en construction. Pour 7.786 de ces maisons, les charpentes étaient montées; 4.326 étaient sous toit; le gros œuvre de 3.146 était terminé.

Ces maisons sont d'un type pratiquement identique à la maison type A décrite dans *L'Ossature Métallique*, N° 3-4, mars-avril 1945.

#### Centenaire de l'Association des Ingénieurs sortis de l'Université de Liège (A.I.Lg.)

L'Association des Ingénieurs sortis de l'Université de Liège (A. I. Lg.) célébrera dans le courant du mois de septembre son 100<sup>e</sup> anniversaire.

Un congrès très important tiendra ses assises à Liège, pendant tout ce mois. Il comprendra 14 sections, dont notamment une section de métallurgie, et une section du génie civil. Plus de 700 rapporteurs dresseront le bilan du passé, du présent et de l'avenir de l'industrie.

En outre, une exposition internationale de la recherche scientifique et du contrôle industriel sera ouverte à Liège. Elle mettra en évidence les méthodes, les appareils de recherche pure, et de contrôle industriel. Des laboratoires, notamment des laboratoires de métallurgie et du génie civil, seront en activité.



## Nouveaux bâtiments de la S. A. Baume et Marpent

La Société Baume et Marpent construit, à l'heure actuelle, d'importants bâtiments pour abriter ses magasins et ses bureaux. Ces bâtiments sont à charpentes métalliques entièrement soudées.

La figure 203 ci-contre montre un stade de l'assemblage par soudure de cette charpente.

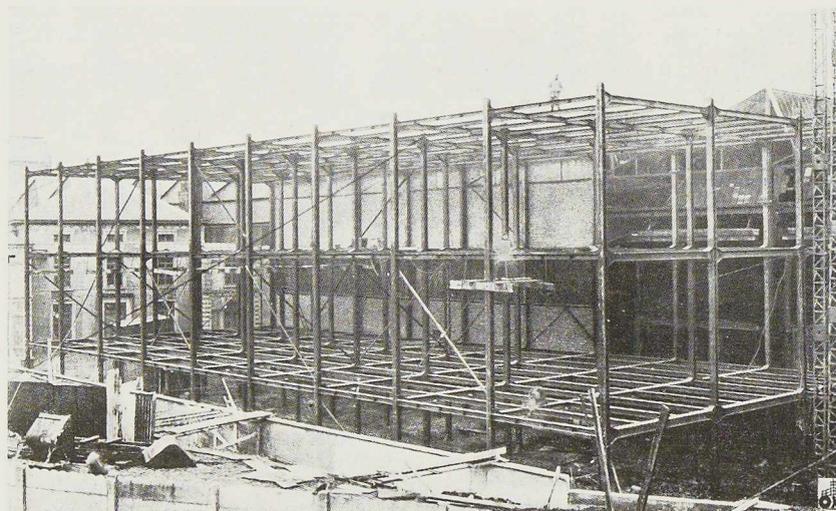


Fig. 203.

---

---

# Bibliothèque

## Nouvelles entrées (1)

### Dessins techniques

Un recueil de 22 planches, format 21 × 31 cm, édité par Fabrimétal, Bruxelles 1946. Prix : 20 francs.

La nécessité d'uniformiser les dessins et d'éliminer *ipso facto* la source des erreurs d'interprétation lors de la lecture des dessins se faisait sentir depuis longtemps dans les milieux industriels belges.

Le recueil édité par Fabrimétal est inspiré d'un document établi par la Commission technique du Matériel roulant. Il a été adapté aux constructions mécaniques et métalliques par une Commission composée de délégués de Fabrimétal et de la S. N. C. B. L'ouvrage traite des points suivants : format, cadre, pliage, disposition, cotation, indication des tolérances, symboles, etc.

(1) Tous les ouvrages analysés sous cette rubrique peuvent être consultés en notre salle de lecture, 14, rue Van Orley, à Bruxelles, ouverte de 8 h. 30 à 17 heures tous les jours ouvrables (les samedis de 8 h. 30 à 12 heures).

Le travail réalisé par Fabrimétal ne manquera pas de rendre des services aux dessinateurs en leur donnant des règles précises pour l'exécution des dessins techniques.

### Soudure électrique

par Fr. ULRICH et K. GLOOR

Un ouvrage de 80 pages, format 15 × 21 cm, illustré de 97 figures. Edité par la Librairie F. Rouge & C<sup>ie</sup>, Lausanne (Suisse) 1946.

L'ouvrage de MM. Ulrich et Gloor, d'un caractère essentiellement pratique, est destiné à servir de base à l'enseignement préparatoire et par la suite, de méthode de travail personnel. Les principaux chapitres du livre traitent des installations pour la soudure à l'arc, des électrodes, des appareils de soudure, de la préparation des pièces à souder, des tensions de retrait, etc.

Un chapitre spécial donne des instructions pour les exercices pratiques.



Les Presses Universitaires de France (Paris) nous ont envoyé trois ouvrages faisant partie de la collection « Que sais-je? ».

### **Les alliages métalliques**

par LÉON GUILLET

### **L'urbanisme**

par G. BARDET

### **Les procédés modernes de construction**

par M. BARBIER

Ces trois publications de quelque 130 pages chacune (format 11 × 17 cm), prix : 19 fr. 50 (en Belgique), font le point des connaissances actuelles dans leur sujet respectif.

Le livre de feu M. Guillet contient des données sur la constitution et les propriétés des principaux métaux et alliages, notamment les fontes, les aciers ordinaires et spéciaux, etc.

M. Bardet montre d'une façon magistrale le rôle très important dévolu à l'organisation de l'urbanisme en France, et brosse à larges traits les principes d'un plan national.

Les procédés modernes de construction font l'objet de l'ouvrage de l'ingénieur Barbier. On y trouve d'intéressants renseignements sur les sols et les fondations, le béton armé, les applications de l'air comprimé, les barrages, les ponts métalliques, etc.

### **Modellversuche über die Knickfestigkeit der Druckgurte offener Fachwerkbrücken mit trapezförmigen Hauptträgern** (Essais sur modèles concernant le flambement des poutres comprimées dans les ponts en treillis à tablier inférieur et à maîtresses poutres trapézoïdales)

par W. SCHIBLER

Communication de la S. A. Arnold Bosshard, Nâfels (Suisse) comprenant 20 pages, format 15 × 23 cm, illustrée de 12 figures. Prix : 3 francs suisses, édité par Gebr. Leeman et C<sup>o</sup>, Zurich.

Ce fascicule donne les principes et les résultats essentiels de la théorie et décrit l'installation d'essais, il complète la brochure n<sup>o</sup> 19 des « Mitteilungen aus dem Institut für Baustatik ».

### **Das Tragvermögen der Druckgurte offener Fachwerkbrücken mit parallelen Gurtungen** (Charges maxima à la compression des pou-

tres de pont en treillis à tablier inférieur et à membrures parallèles)

par W. SCHIBLER

Brochure de 79 pages, format 15 × 23 cm, illustrée de 51 figures, faisant partie des « Mitteilungen aus dem Institut für Baustatik », de l'Ecole polytechnique fédérale. Prix : 6 francs suisses, édité par Gebr. Leeman et C<sup>o</sup>, Zurich.

Cet ouvrage traite le problème de stabilité, suivant les théories les plus récentes et en le comparant aux résultats obtenus par la théorie d'Engesser. Quelques exemples numériques complètent la théorie, l'effet de certaines influences secondaires est également étudié.

### **Das Ausbeulen der auf einseitigen gleichmäßig verteilten Druck beanspruchten Platten im elastischen und plastischen Bereich** (Voilement des tôles comprimées uniformément et unilatéralement, dans le domaine élastique et plastique)

par C.-F. KOLLBRUNNER

Brochure de 86 pages, format 15 × 23 cm, illustrée de 35 figures, faisant partie des « Mitteilungen aus dem Institut für Baustatik » de l'Ecole polytechnique fédérale. Prix : 10 francs suisses, édité par Gebr. Leeman et C<sup>o</sup>, Zurich.

Après une introduction traitant ce problème de stabilité au point de vue théorique et en comparaison avec celui du flambement, l'auteur développe particulièrement la description des machines d'essais utilisées, ainsi que les résultats obtenus au laboratoire. Ces résultats peuvent être groupés en deux catégories, suivant qu'il s'agit de tôles minces dont le voilement se produit dans la zone élastique, ou de tôles épaisses pour lesquelles le voilement n'a lieu que dans la zone plastique.

### **Matières premières nouvelles**

par P.-M. RÖWDE

Édité par J.-B. Baillièrre & Fils, Paris, et par Georg & C<sup>o</sup>, S. A., Genève 1945.

Le rôle que jouent dans la vie des peuples modernes les matières premières, est énorme. Leur besoin devient de plus en plus urgent, au fur et à mesure que la population du globe croît. Par ailleurs, les guerres, par leur consommation dévastatrice, amenuisent fortement les réserves. Aussi, la nécessité de nouvelles matières premières est-elle devenue actuellement un mot d'ordre politique et militaire. Le livre de M. Röwde donne un aperçu général sommaire des dernières découvertes dans ce domaine.



# Bibliographie

## Résumé d'articles relatifs aux applications de l'acier <sup>(1)</sup>

### 17.3. - Sonnette de battage pour 13 pieux à la fois, montés sur le même ponton métallique

*Construction Methods*, J. Rich. STEERS, déc. 1946, pp. 88-90, 9 fig.

On a utilisé, aux Etats-Unis, un ponton carré d'environ 30 m  $\times$  10 m pour placer parallèlement 13 sonnettes permettant le fonçage simultané d'autant de poutrelles à larges ailes utilisées couramment comme pieux de fondations. Cet équipement facilite l'alignement des pieux et est particulièrement désigné pour la construction d'estacades et de murs de quais. Les guides de fonçage ont 13<sup>m</sup>50 de hauteur.

Généralement, on fonce les deux pieux en acier extrêmes les premiers, assurant ainsi le calage du ponton et l'alignement des 11 autres pieux. Pour les grandes longueurs, on soude sur place après fonçage d'une première longueur maximum de 20 à 24 mètres de poutrelles (maximum fourni normalement) un nouveau tronçon mis en place dans les guides au-dessus du pieu déjà foncé; on peut ainsi atteindre de très grandes profondeurs.

### 20.0. - Ponts tubulaires soudés

*Welding*, octobre 1946, pp. 460-468, 16 fig.

En vue d'établir des batteries de défense contre avions autour de certains ports anglais, l'ingénieur G. A. Maunsell proposa de construire des fortins en haute mer.

Sept de ces fortins, disposés en étoile, furent réunis entre eux par des passerelles tubulaires à poutres en treillis du type Warren de 2 m de hauteur et 1<sup>m</sup>20 de largeur. Deux d'entre elles ont une longueur de 31<sup>m</sup>50, les quatre autres, une longueur de 22<sup>m</sup>50. Leur partie supérieure est contreventée horizontalement par des tubes de 27 mm de diamètre.

(1) Les listes des périodiques reçus par notre Association ont été publiées dans les numéros 1/2-1946 et 2-1947 de *L'Ossature Métallique*. Ces périodiques peuvent être consultés en la salle de lecture du Centre Belgo-Luxembourgeois d'Information de l'Acier, 14, rue Van Orley, à Bruxelles ouverte de 8 h. 30 à 17 heures tous les jours ouvrables (les samedis de 8 h. 30 à 12 heures).

Les numéros d'indexation indiqués correspondent au système de classification, dont le tableau a été publié dans *L'Ossature Métallique*, n° 7/8, 1946, page 199.

Les quatre membrures de la poutre sont formées de tubes de 100 mm. Comme garde-corps, on a utilisé des tubes de 50 à 62 mm, qui servent de logement aux canalisations d'eau, d'électricité et de téléphone. Chaque passerelle est calculée pour porter 30 hommes.

Lors des essais, leur flèche a été pratiquement nulle. Les diverses sections interchangeables, qui ont chacune 9<sup>m</sup>15 de longueur, s'emboîtent parfaitement lors du montage en mer.

### 30.3. - Hangars à Cazau et Dijon

*L'Architecture d'Aujourd'hui*, n° 5-1946, B. LAFAILLE, p. 5, 5 fig.

Ces hangars remarquables sont en toiture en acier autoportante. Ils ont des dimensions de 67<sup>m</sup>50  $\times$  67<sup>m</sup>50 et bien qu'ils ne comportent qu'un seul appui intérieur, leur poids n'est que de 62 kg/m<sup>2</sup> couvert.

La construction est composée de coques en demi-cylindres de 3 mm d'épaisseur de tôle. Les coques sont raidies intérieurement par des cornières de 40  $\times$  40. Chaque demi-cylindre est autoportant sur 33<sup>m</sup>75. Une poutre centrale en tôle soudée reposant sur une seule béquille, supporte la toiture autoportante.

Cette béquille a été détruite par explosion provoquant l'effondrement de la toiture. On a pu relever, en une seule fois, toute la toiture et remettre en service tout le hangar rapidement en reconstruisant cet appui intérieur.

### 54.14. - Procédé de protection par verre plastique

*Engineering*, 28 décembre 1945, p. 534.

Le procédé d'application d'une fine couche de matière, en vue d'obtenir un effet décoratif ou une couche protectrice a été essayé avec succès en utilisant des résines synthétiques.

Le film plastique ainsi formé se durcit à la température normale et devient, dans la suite, insoluble dans l'eau fraîche, l'alcool, l'acétone, le benzol, le pétrole, l'huile, la térébentine ou d'autres dissolvants.

Il est appliqué notamment sur l'acier.



# Le décapage

# Oxy-Acétylénique

*Assure des surfaces*

- *sèches*
- *tièdes*
- *adhérentes*

*avant  
peinturage  
et*

# SUPPRIME

SOUFFLURES

ÉCAILLES

PIQÛRES DE ROUILLE

RIDES

par l'emploi des BRULEURS DE DÉCAPAGE DE  
**"L'AIR LIQUIDE, S.A."** 31, Quai Orban, Liège

TELEGRAPHIEZ OUTRE-MER

## VIA BELRADIO

La voie nationale belge rapide  
et sûre vers tous les continents

Renseignements et dépôt des  
messages dans tout bureau  
télégraphique belge

**TELEPHONES : A BRUXELLES 12.30.00; A ANVERS 399.50**

## MÉCANIQUE ET CHAUDRONNERIE DE BOUFFIOULX

Anciennement  
« LA BIESME »

Société Anonyme  
◆

BOUFFIOULX  
(Belgique)

Téléphone : Charleroi : 300.65 - 300.66 - 300.67 Adresse télégraphique : Biesme - Châtelineau

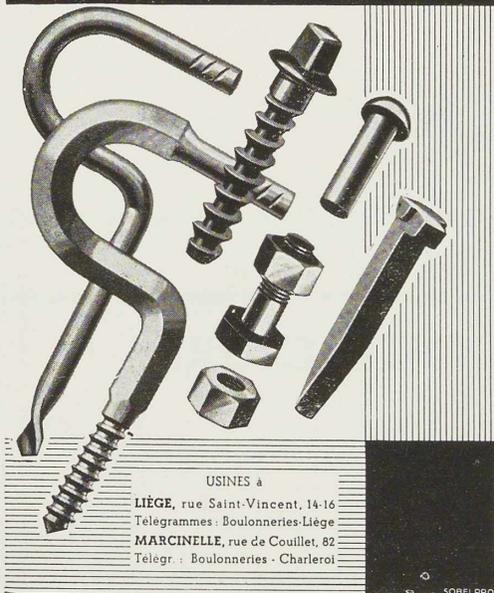
**GRUES** électriques ou à moteur Diesel, sur rails ou sur chenilles, avec équipement en pelle, dragline, grappin, crochet.

**GRUES A VAPEUR** sur rails à écartement normal  
Type 643 - 6 T. à 4 m                      Type 1243 - 12 T. à 4 m.  
à 1 et 2 tambours de lavage.

PONTS ROULANTS, SAUTERELLES, TRANSPORTEURS, GRAPPINS, APPAREILS DE  
LEVAGE ET DE MANUTENTION

**MECANIQUE GENERALE - CHAUDRONNERIE**

**SYSTÈME DES BOULONNERIES DE LIEGE  
ET DE LA BLANCHISSERIE**



**INDUSTRIELS**

La concurrence s'annonce âpre.  
Abaissez vos prix de revient!

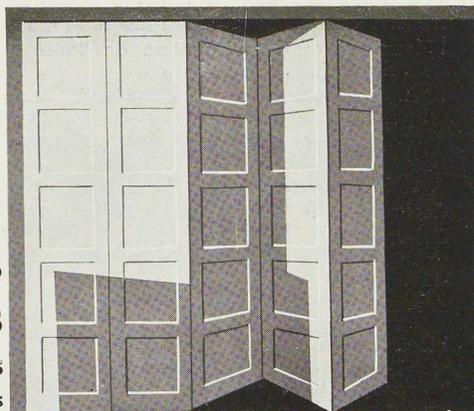


Spécialisé en  
 ÉLECTRICITÉ  
 MÉCANIQUE  
 THERMO-DYNAMIQUE  
 GÉNIE CIVIL  
 Se charge d'étudier  
 l'ORGANISATION  
 l'AMÉLIORATION  
 la TRANSFORMATION  
 l'AGRANDISSEMENT  
 de vos usines

Bureau d'Etudes Industrielles **F. COURTOY**  
 S. A. — 43, rue des Colonies, BRUXELLES

*portes industrielles  
 métalliques*

maniabiles  
 rigides  
 légères  
 tous modèles  
 toutes dimensions



**VANDERPLANCK**

Tél: MANAGE 124 • FAYT • LEZ • MANAGE S. P. R. L.  
 Studio Simar-Stevens

Les Ateliers de construction

# Ventola

S. A. **GAND, 155, Haut-Chemin. Tél. 516.19**

VENTILATEURS - TOLERIE - AÉROTHERMES SECHAGE  
TRANSPORT PNEUMATIQUE - FILTRAGE - ETC., ETC

## INDEX DES ANNONCEURS

	Pages		Pages
A. C. E. C. . . . .	25	Société Métallurgique d'Enghien-Saint-Eloi . . . . .	couv. IV
L'Air Liquide . . . . .	27	E.S.A.B. . . . .	14
Arcos, «La Soudure Electrique Auto-gène» . . . . .	2	S. A. Ateliers de Construction Jambes Namur . . . . .	24
Ateliers Métallurgiques Nivelles . . . . .	16	Laminoirs de Longtain . . . . .	13
B.E.I. . . . .	29	Marigrée, Société Commerciale d'Ougrée . . . . .	7
Belradio . . . . .	28	Nobels-Peelman. . . . .	26
Usines Gustave Boël . . . . .	21	L'Oxydrique Internationale . . . . .	23
Ateliers de Bouchout et Thirion Réunis. Mécanique et Chaudronnerie de Bouffioulx, S. A. . . . .	17	S. I. M. A. . . . .	6
S. A. des Boulonneries de Liège et de la Blanchisserie . . . . .	28	Someba . . . . .	12
La Brugeoise et Nicaise & Delcuve . couv.	II	Soudométal . . . . .	16
P. & M. Cassart . . . . .	5	S. A. Hauts-Fourneaux, Forges et Aciéries de Thy-le-Château et Marcinelle . . . . .	15
Cockerill . . . . .	10	Usines à Tubes de la Meuse . . . . .	18
Columeta . . . . .	8-9	Ucométal . . . . .	11
Davum . . . . .	22	Ateliers Vanderplanck, S.P.R.L. . . . .	29
Alexandre Devis & C° . . . . .	couv. III	Ventola . . . . .	30
Electromécanique . . . . .	19	Anciens Ets Paul Würth . . . . .	20



Nous rachetons à l'heure actuelle, à Frs 25,- l'exemplaire, les numéros suivants de L'OSSATURE MÉTALLIQUE :

1932 : n° 1, 2, 4.  
1933 : n° 2, 3, 6.  
1934 : n° 2, 4, 6.

1936 : n° 4.  
1940 : n° 1.  
1946 : n° 1.

Sur votre envoi, prière d'indiquer vos nom et adresse et le numéro de votre Compte Ch. Postaux.  
L'OSSATURE MÉTALLIQUE, 38, boulevard Bischoffsheim, Bruxelles.