

# L'OSSATURE METALLIQUE

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 »

13<sup>e</sup> ANNÉE

N° 9

SEPTEMBRE 1948

## S O M M A I R E

La reconstruction du pont Marguerite à Budapest, par Ch. Széchy . . . . .	357
Le gazomètre soudé de Västerås (Suède) . . . . .	367
L'évolution des soudotechniques américaines et euro- péennes en dix ans, par Ed. Henrion . . . . .	369
Application des charpentes tubulaires en Italie, par U. Biffignandi . . . . .	384
L'école de médecine vétérinaire de l'Université de Gand	389
XI <sup>e</sup> Congrès des Centres d'Information de l'Acier (Ashorne Hill, du 12 au 17 juillet 1948) . . . . .	393
CHRONIQUE : Le marché de l'acier pendant les mois de juin et juillet 1948. - La reconstruction du viaduc de Moresnet. - L'in- dustrialisation du bâtiment au premier Congrès de l'Union Inter- nationale des Architectes. - Travaux de la Jonction Nord-Midi, à Bruxelles. - Congrès International des Fabrications mécaniques. - Travaux de l'Institut Belge de Normalisation. - Il y a dix ans.	401
BIBLIOTHÈQUE . . . . .	405
BIBLIOGRAPHIE . . . . .	406

ABONNEMENTS 1948 (11 numéros) :

**Belgique, Grand-Duché de Luxembourg, Congo belge** : 200 francs belges.

**France et ses Colonies** : 1.600 francs français, payables au dépositaire général  
pour la France : Librairie des Sciences, GIRARDOT & Co, 27, quai des  
Grands-Augustins, Paris 6<sup>e</sup> (Compte chèques postaux : Paris n° 1760.73).

**Etats-Unis d'Amérique et leurs possessions** : 8 dollars, payables à M. Léon  
G. RUCQUOI, Technical Consultant to the Steel and Mechanical Indus-  
tries of Belgium & Luxembourg, 30 Rockefeller Plaza, New York 20, N. Y.

**Autres pays** : 350 francs belges.

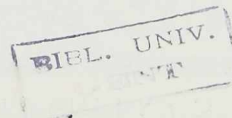
Tous les abonnements prennent cours le 1<sup>er</sup> janvier.

PRIX DU NUMÉRO :

**Belgique, Grand-Duché de Luxembourg, Congo belge** : francs belges 25,-,  
**France** : francs français 180,-, **autres pays** : francs belges 40,-.

DROIT DE REPRODUCTION :

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



# tous les techniciens s'accordent pour dire...

QUE tout problème de soudure à l'arc peut être résolu par l'emploi d'une électrode **OK**.

QUE les électrodes **OK** satisfont aux cahiers des charges les plus rigoureux,

QUE les électrodes **OK** constituent des outils merveilleusement au point pour l'exécution en atelier et sur chantier.

QUE seuls les transformateurs et les groupes de soudure **ESAB** permettent une fusion douce et stable de l'électrode.



# ESAB

SOCIÉTÉ ANONYME

116 - 118, RUE STEPHENSON

BRUXELLES - TÉLÉPHONE : 15.91.26



ELECTRO SOUDURE ' AUTOGENE BELGE S. A.

# *Assemblez vos charpentes tubulaires et semi-tubulaires...*

Ponts - Passerelles - Pylônes - Fermes  
Fuselages d'avions - Remorques automobiles  
Cadres de bicyclettes et de chariots divers  
Rampes - Balustrades - Plongeoirs, etc...



... par le procédé  
le mieux adapté  
à ce genre de  
construction :



*la soudure  
oxy-acétylénique*



OXYGÈNE, ACÉTYLÈNE,  
APPAREILS, MÉTAUX D'APPORT:

**L'OXHYDRIQUE  
INTERNATIONALE**

S. A., 31, rue P. Van Humbeek, BRUXELLES. Tél. 21.01.20 (5 L.)



**SOUDOMETAL**

S. A.

livre la

**CITOBEST-S 48**

NOUVELLE ÉLECTRODE  
UNIVERSELLE

CHAUSSÉE DE RUYSBROECK, 83

FOREST-BRUXELLES

TÉLÉPHONE : 43.45.65 - 44.09.02

*Vertil*

# SOBEMI

S.A.

**UN EMBALLAGE  
POUR CHAQUE PRODUIT**

*Siège Social:*  
22, BOULEVARD EMILE BOCKSTAEL - BRUXELLES  
USINES: BRUXELLES - TÉL: 26.49.55 - 3 LIGNES  
LINT-LEZ - ANVERS: TÉL: 124.31 ET 121.14

## La reconstruction du pont Marguerite à Budapest

par Ch. Széchy,

Docteur ès sciences techniques,  
Directeur de la Section des Ponts-routes au Ministère des Communications

### Ancien pont

Le premier pont Marguerite à Budapest avait été construit en 1872-1876 d'après le projet de l'ingénieur français E. Gouin, lauréat d'un concours international. Le projet avait apporté au problème une solution extrêmement satisfaisante. Il était caractérisé par une pile massive au centre reliant les tronçons, franchissant les deux bras du Danube. Le rapport flèche-portée avait pu être maintenu pour toutes les travées, malgré la différence des portées. L'ancien ouvrage était

composé de 8 travées à arc, dont deux de 20 mètres de portée franchissant les quais et six de 74<sup>m</sup>50, 83<sup>m</sup>30, 88<sup>m</sup>50, 88<sup>m</sup>50, 73<sup>m</sup>50 et 83<sup>m</sup>30. Chaque arche comprenait un arc encastré en fer puddlé supportant, par l'intermédiaire de montants, des longerons qui servaient en même temps de poutres de rigidité. Les arcs prenaient appui sur les piles par l'intermédiaire de puissantes plaques d'assise avec coins de réglage à faible pente. L'ensemble était complété par des diagonales en croix de Saint-André.

Le tablier avait une largeur de 16<sup>m</sup>86, la chauss-

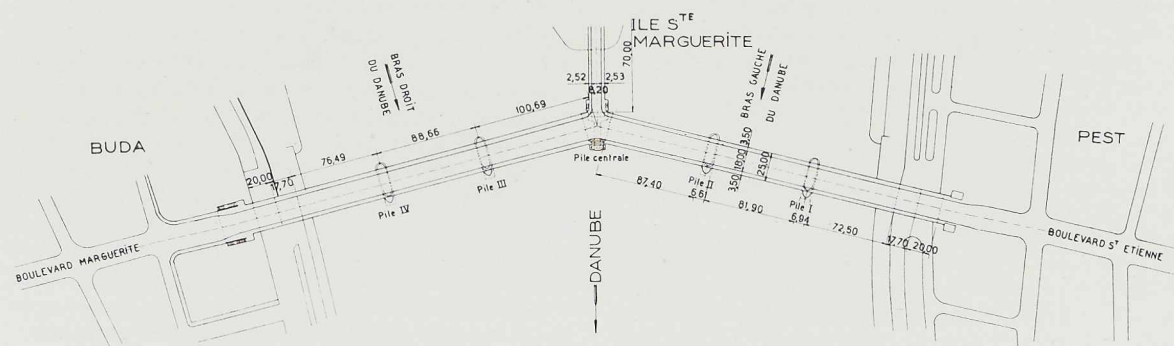
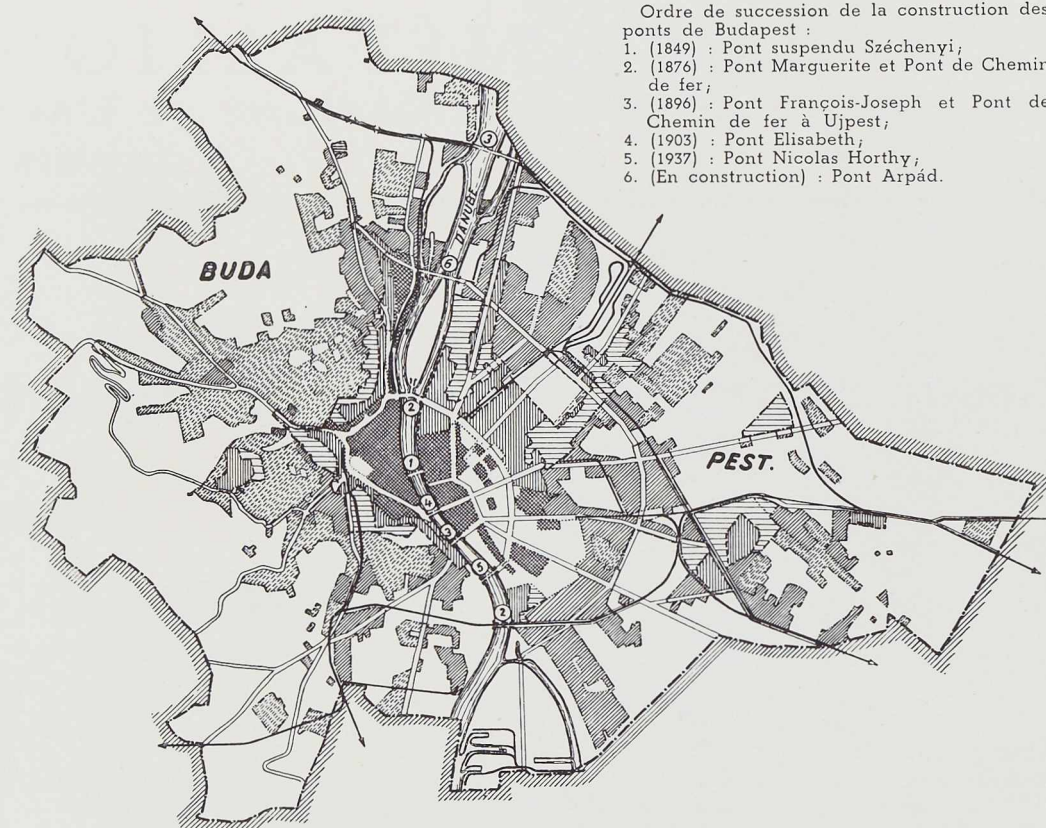


Fig. 511. Plan du nouveau pont Marguerite à Budapest (Hongrie).



- Ordre de succession de la construction des ponts de Budapest :
1. (1849) : Pont suspendu Széchenyi;
  2. (1876) : Pont Marguerite et Pont de Chemin de fer;
  3. (1896) : Pont François-Joseph et Pont de Chemin de fer à Ujpest;
  4. (1903) : Pont Elisabeth;
  5. (1937) : Pont Nicolas Horthy;
  6. (En construction) : Pont Arpád.

Fig. 512. Plan de la ville de Budapest montrant l'extension prise par cette ville au courant des cent dernières années.

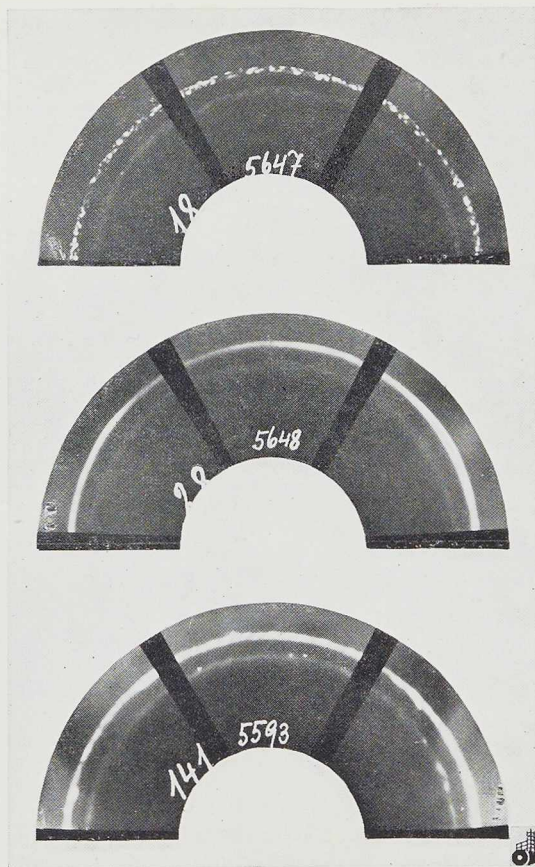


sée 11<sup>m</sup>06 et les deux trottoirs 2<sup>m</sup>90 de largeur chacun. La dalle du tablier était constituée par des plaques en fer de 1<sup>m</sup>10 × 1<sup>m</sup>50; ces plaques, d'une épaisseur de 7 mm, étaient remplies de béton; le platelage d'usure était constitué par des blocs en bois.

La surcharge maximum prévue était de 400 kg/m<sup>2</sup>, sans aucune majoration dynamique. Après la construction de l'ouvrage, le trafic n'a cessé de croître, notamment par la pose de voies de tramways. Pour tenir compte de l'augmentation des charges, on avait d'abord remplacé les blocs de bois par des blocs de basalte. Ces modifications ont entraîné une augmentation du poids mort de l'ordre de 40 %; par ailleurs, le

poids des véhicules n'a cessé, lui aussi, d'augmenter constamment. Les calculs de vérification auxquels on avait procédé en 1920 ont montré que le taux du travail atteignait 15 kg/mm<sup>2</sup>; aux naissances, ce taux était voisin de 20 kg/mm<sup>2</sup>. Par suite du grand développement de la ville de Budapest, le pont Marguerite était le pont où la circulation était la plus intense et le nombre quotidien de véhicules atteignait le chiffre de 20 000. Le grand nombre de voitures à chevaux gênait considérablement la vitesse de circulation sur le pont parce que la largeur de la chaussée ne permettait pas de séparer le trafic des voitures rapides de celui des voitures lentes.





**Fig. 513.** Spectroradiographies par la méthode du professeur Regler de Vienne (1) utilisée lors du contrôle de l'ouvrage. Cette méthode est basée sur l'examen de la structure interne de la matière : lorsque le matériau est sollicité par des efforts, l'orientation de ses cristaux se modifie et les taches de diffraction s'allongent. Les trois radiographies ci-dessus caractérisent du haut en bas : l'état non sollicité (texture de points dispersés), l'état sollicité (ligne d'interférence régulière), l'état de fatigue (ligne d'interférence irrégulière).

Cette ligne d'interférence présente une certaine épaisseur proportionnelle à la tension, au moment de la rupture cette épaisseur atteint une certaine constante. L'examen de cette épaisseur permet d'estimer la fatigue du matériau.

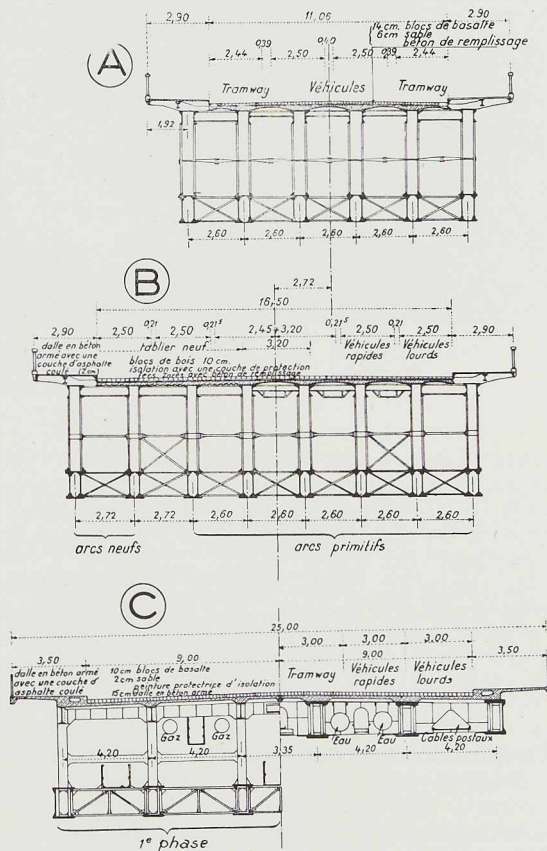
L'épaisseur critique étant de 6,3, des essais du fer forgé du pont Marguerite ont donné une valeur de l'ordre de 5,0, le maximum atteint étant de 6,05 aux extrémités des longerons où le taux de travail est faible.

(1) Voir Dr REGLER : Röntgenographische Feingefügeunter-

### Elargissement du pont

Pour remédier à cette situation, il fut décidé d'élargir et de transformer le pont Marguerite. Les travaux furent exécutés en 1935-1937 (2). Ces travaux comportaient l'addition d'une chaussée de 5m44 supportée par deux nouveaux arcs placés sur pile élargie du côté Sud (fig. 514).

Les nouveaux arcs avaient le même aspect que les anciens, exécutés en acier doux A 37. Ces arcs sont également en treillis. Toutefois, les diagonales ne jouent qu'un rôle décoratif, des boulonniers étant prévues pour la libre dilatation de celles-ci.



**Fig. 514.** Coupe transversale du pont Marguerite :

- A. Ouvrage primitif,
- B. Situation après l'élargissement du pont,
- C. Pont reconstruit.

suchungen an Brückentragwerken (Zeitschr. für Elektrochemie 43-1937) et Dr BRANDENBERGER : Materialprüfung mit Röntgenstrahlen (Schweizerische Bauzeitung, juillet 1933).

(2) Voir article du Dr SZECHY dans la revue Structural Engineers, mars 1932.



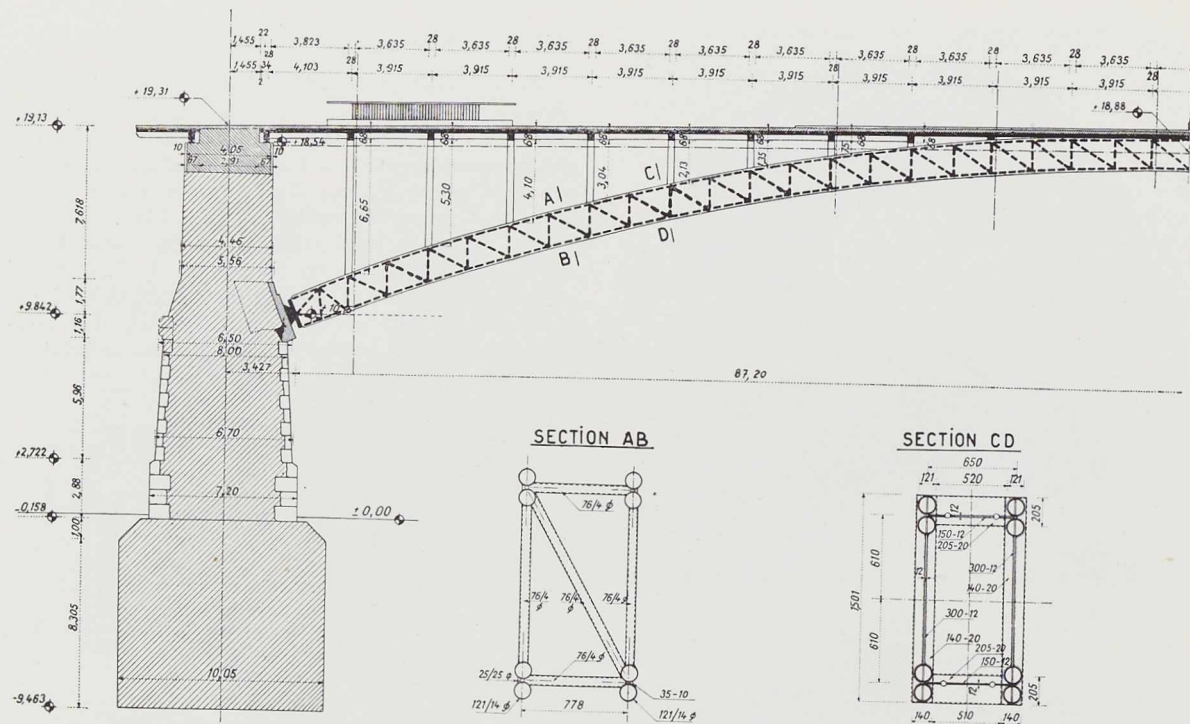


Fig. 515 et 516. Premier projet (1945) de la reconstruction du pont Marguerite comportant des arcs en béton armé avec cintre métallique incorporé.

Les nouveaux arcs sont articulés au lieu d'être encastrés. Avant de procéder à l'exécution de travaux d'élargissement, l'état de l'ancienne construction métallique a été soumise à des contrôles minutieux (fig. 513).

La figure 514 donne la coupe transversale du pont élargi. Cet ouvrage, avec une chaussée de 16<sup>m</sup>50 et deux trottoirs de 2<sup>m</sup>90, livrait passage à 30 % du trafic total de tous les ponts de Budapest.

#### Projets de reconstruction du pont après la guerre

Au cours de la seconde guerre mondiale, les Allemands en retraite firent sauter le pont Marguerite en novembre 1944. Le problème de la reconstruction du pont s'est posé immédiatement après la fin de la guerre, mais les débris qui encombraient le fleuve ainsi que la pénurie d'acier, de bois et d'outillage qui sévissait à ce moment n'ont pas permis de passer à la réalisation rapide du projet.

Etant donné l'état de fatigue du fer forgé et l'étendue des destructions, il n'était pas ques-

tion de réutiliser l'ancien ouvrage. C'est pourquoi le Ministère des Communications a accepté, en juillet 1945, un projet permettant la reconstruction immédiate, sans relevage et sans échafaudage, qui nécessitait, par ailleurs, un minimum d'acier.

Le projet prévoyait la construction d'un pont en construction mixte acier-béton avec arche à armature rigide du système Melan-Spangenberg <sup>(1)</sup> (fig. 515). La charpente métallique était constituée par des éléments en tubes soudés, faciles à enrober. Le montage était prévu à l'aide de grues flottantes, à l'exclusion de tous échafaudages.

On avait déjà commencé le laminage des tubes et la fabrication des éléments de charpente à l'atelier, lorsque les recherches relatives à l'état des piles ont révélé que les dégâts que celles-ci avaient subi étaient extrêmement sérieux. Les piles n'étaient donc pas suffisamment solides pour pouvoir supporter une construction aussi

<sup>(1)</sup> Dans ce système l'arc comporte, en dehors de l'armature habituelle, un cintre métallique autoportant noyé dans le béton.







**Fig. 517.** Vue générale du pont Marguerite après sa destruction au cours de la deuxième guerre mondiale.

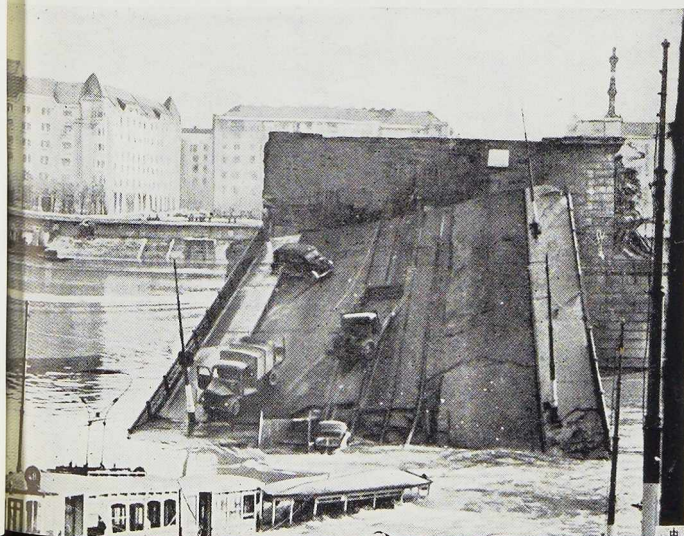
délicate que le système Melan-Spangenberg. Après avoir examiné soigneusement le problème, le Ministère des Communications a pris la décision de construire un ouvrage métallique.

Le projet, dû aux Etablissements Ganz & C<sup>o</sup>, prévoit un pont à six arcs métalliques supportant, par l'intermédiaire de montants, poutres transversales et longerons, une dalle en béton armé recevant un pavage en blocs de basalte. Toute la charpente métallique était prévue en acier

doux A 37. L'assemblage des arcs devait être assuré par rivure tandis que ceux des montants, des poutres transversales et des longerons étaient prévus en construction soudée. Les arcs s'appuyaient sur les piles et les culées par l'intermédiaire d'appareils en acier moulé à rotule.

Par les différents changements apportés au projet de l'ouvrage ainsi que par l'élévation du taux de travail admissible, porté de 11 kg/mm<sup>2</sup> à 14 kg/mm<sup>2</sup>, il a été possible de réduire sensiblement le poids de la superstructure métallique. Malgré l'augmentation de la largeur du tablier, on a réussi à ramener le tonnage mis en œuvre de 6.700 tonnes à 5.000 tonnes, soit une économie de 25 %.

La décision du Ministère des Communications d'adopter une construction métallique était due notamment au procédé de montage proposé, qui devait être assuré à l'aide de grues flottantes et d'un seul appui central (fig. 521 et 522). Cela



**Fig. 518.** Etat du pont Marguerite après sa démolition par les Allemands en 1944.

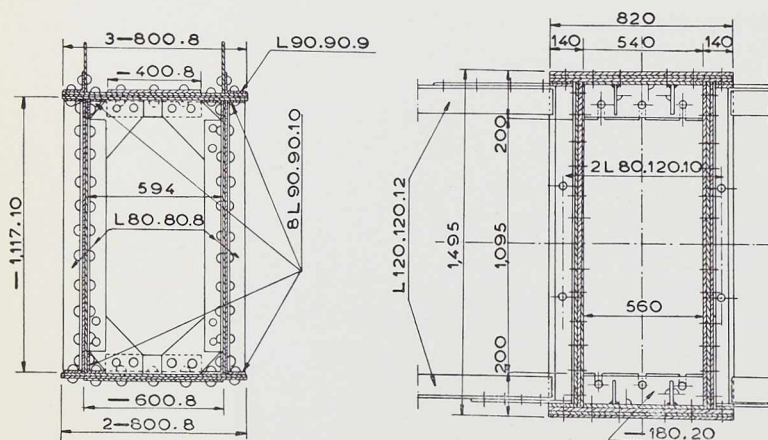


Fig. 519. Retombée des arcs montrant les détails de la nouvelle charpente métallique soudée (à droite) comparée à l'ancienne charpente rivée (à gauche).

permettait d'éviter la construction d'un échafaudage, long à réaliser et par ailleurs assez coûteux.

Le délai d'achèvement de la demi-largeur du pont était fixé à la fin de l'année 1947, tandis que la seconde moitié devait être achevée pour la fin 1948.

Etant donné ce délai très court et la surcharge des ateliers de construction hongrois, il a été nécessaire de pousser l'étude du pont et la collaboration entre les différents ateliers du pays au maximum.

C'est ainsi que les poutres-maitresses furent exécutées dans quatre grands ateliers du pays (Mávag, Ganz, Magyar Waggons, és Gepyár)

tandis que cinq ateliers de construction d'importance moindre se voyaient chargés de la réalisation des poutres du tablier.

Les plans furent achevés en deux mois; le laminage de l'acier a eu lieu en janvier-mars 1947. En mars également, la fabrication de la première moitié de la construction métallique fut commencée dans les ateliers de construction et achevée au mois d'août 1947. Enfin, pour la seconde moitié, la fabrication, commencée en septembre 1947, fut entièrement achevée au mois d'avril 1948.

### Le nouveau pont

Un détail de la nouvelle construction est donné à la figure 519.

On remarque que les arcs à deux articulations, d'un rayon moyen variant entre  $123^m80$  et  $126^m70$ , sont constitués de deux âmes de  $1\ 374 \times 10$  mm, huit cornières de  $100 \times 100 \times 12$  ainsi que par un certain nombre de semelles de  $820 \times 12$  mm. Les montants, espacés de 6 mètres d'axe en axe, prennent appui sur l'extrados des arcs et soutiennent les poutres transversales et les longerons portant la dalle en béton armé de 17 cm d'épaisseur. Les longerons et les poutres transversales sont des poutres à âme pleine assemblées par soudure. Les arcs sont entretoisés tous les six mètres.

Les entretoises se trouvant près des naissances des arcs sont des poutres en treillis tandis que dans la partie centrale, on a utilisé des poutres à âme pleine. Les montants voisins des naissances ont été exécutés en poutres du type Vierendeel. Les arcs complets, d'un poids de 90 à 110 tonnes, ont été transportés en 6 ou 10 tronçons aux

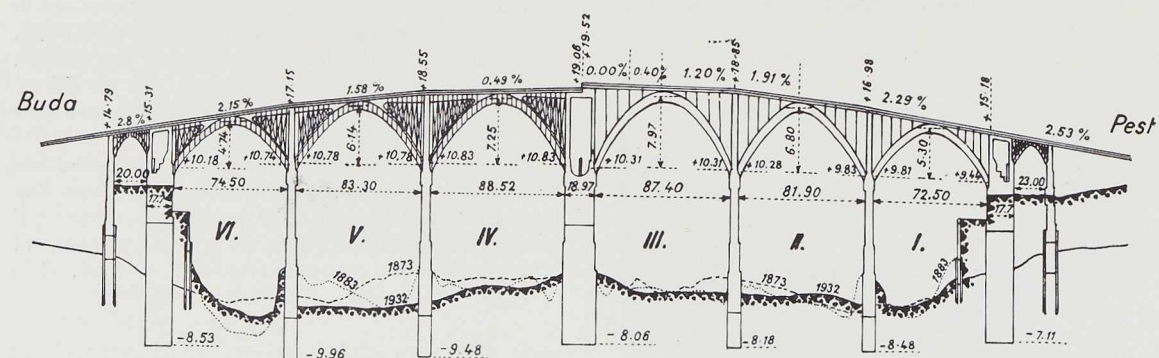


Fig. 520. Demi-coupes longitudinales de l'ancien (à gauche) et du nouveau pont (à droite).



chantiers où ils ont été assemblés sur la rive et où tous les joints ont été rivés excepté le joint central. La mise en place des deux demi-arcs a été effectuée ensuite au moyen de deux grues flottantes. Les demi-arcs prenaient appui sur les naissances ainsi que, provisoirement, sur une palée en bois se trouvant au milieu de la portée. Cette façon de faire permettait de réaliser un réglage très précis.

Les palées étaient fondées sur des pieux métalliques tubulaires battus en rivière malgré les décombres restés encore dans le lit du fleuve. Les piles ayant subi des dégâts pendant la guerre furent tout d'abord mises à sec, l'une dans une enceinte de palplanches, l'autre dans un caisson.

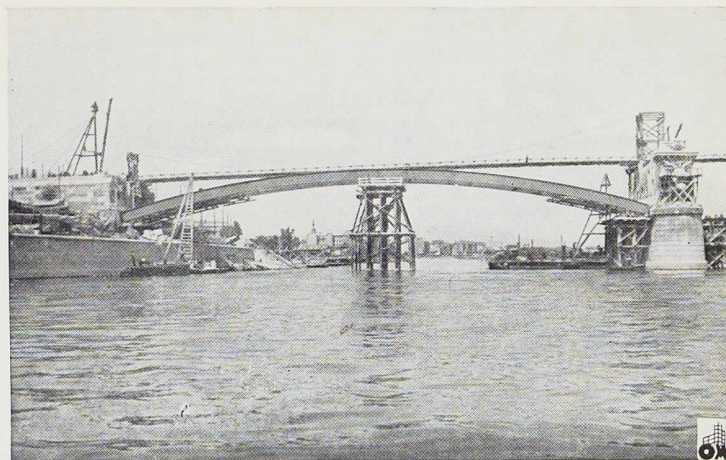


Fig. 521. Montage des arcs.



Fig. 522. Mise en place des demi-arcs.

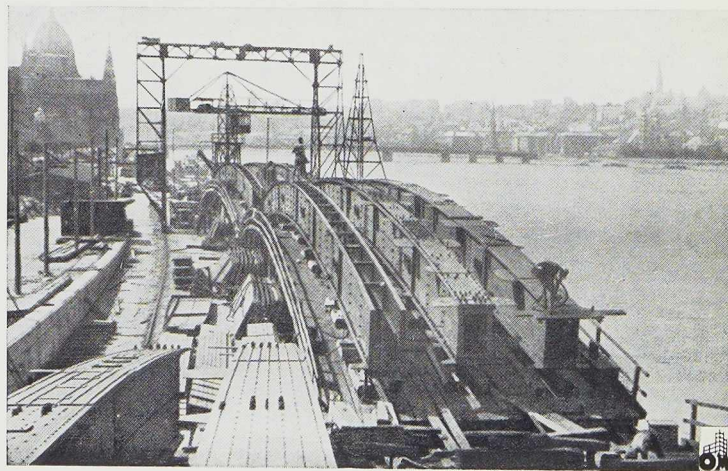
L'examen des piles a révélé la présence de crevasses assez importantes. Ces crevasses ont été remplies avec du béton.

La première phase des travaux consista à monter les trois arcs, côté Sud, l'un après l'autre. Les trois arcs une fois placés, ils furent rendus solidaires au moyen d'entretoises et de contreventements. Les cintres furent enlevés ensuite et le montage des poutres du tablier effectué à l'aide de grues mobiles, s'avancant le long des longerons.

Le décentrement des arcs exigeait du soin et beaucoup de précautions.

L'ordre de succession de mise en place des arcs a été le suivant :

Fig. 523. Assemblage des arcs sur la rive.



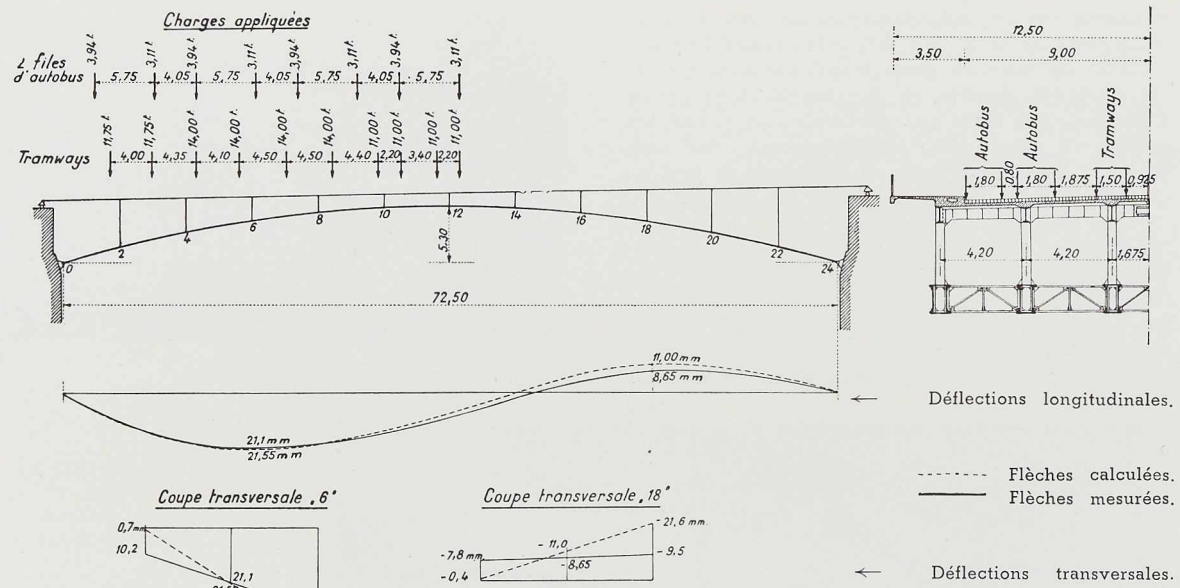


Fig. 524. Résultats de l'essai du pont (Travée I).

Travée I	10 juin
Travée II	5 juillet
Travée III	20 juillet
Travée IV	4 août
Travée V	31 août
Travée VI	23 septembre

La largeur du tablier était fixée à 25 mètres, soit une chaussée de 18 mètres et deux trottoirs de 3<sup>m</sup>50 chacun. La chaussée livre passage à six voies de circulation routière soit : une pour les véhicules lents et lourds, une pour les véhicules rapides et légers et une troisième au milieu destinée aux voies de tramways.

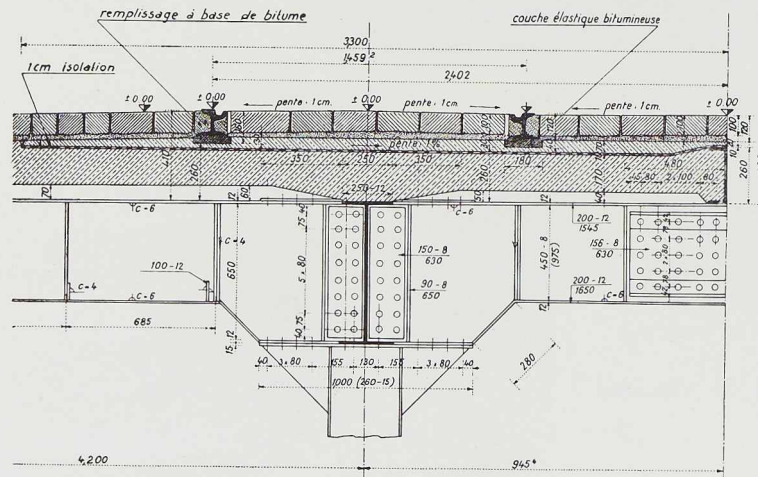
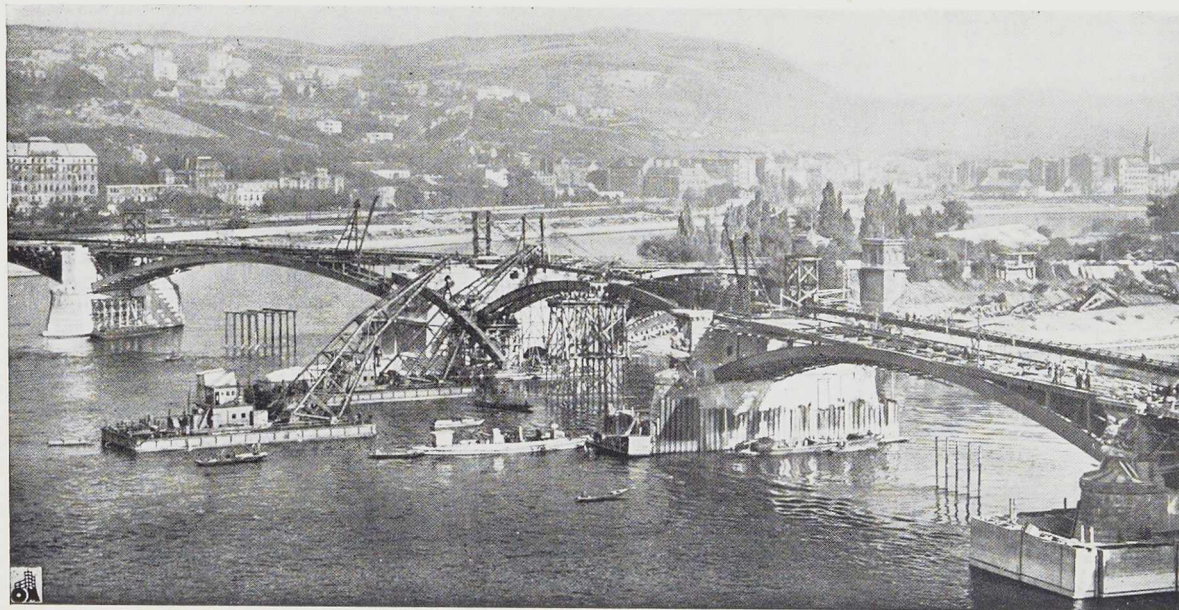


Fig. 525. Disposition des rails du tramway sur le tablier du pont Marguerite.





**Fig. 526.** Vue générale du chantier montrant le montage d'un arc, la construction du tablier ainsi que la protection des piles par palplanches et caissons.

La nécessité de prévoir des refuges pour un arrêt de tramways au droit de la pile centrale a conduit les ingénieurs à augmenter la largeur du tablier en cet endroit, en la portant à 27<sup>m</sup>50.

En vue de réaliser cet élargissement, les arcs médians des travées centrales furent placés en éventail. Cette solution est beaucoup plus constructive que celle consistant à faire porter les trottoirs par des consoles allongées se traduisant par des charges supplémentaires pour les arcs extrêmes.

Le passage entre les refuges de tramways et les trottoirs est assuré par un passage souterrain dans la pile centrale, pourvu d'escaliers pour piétons.

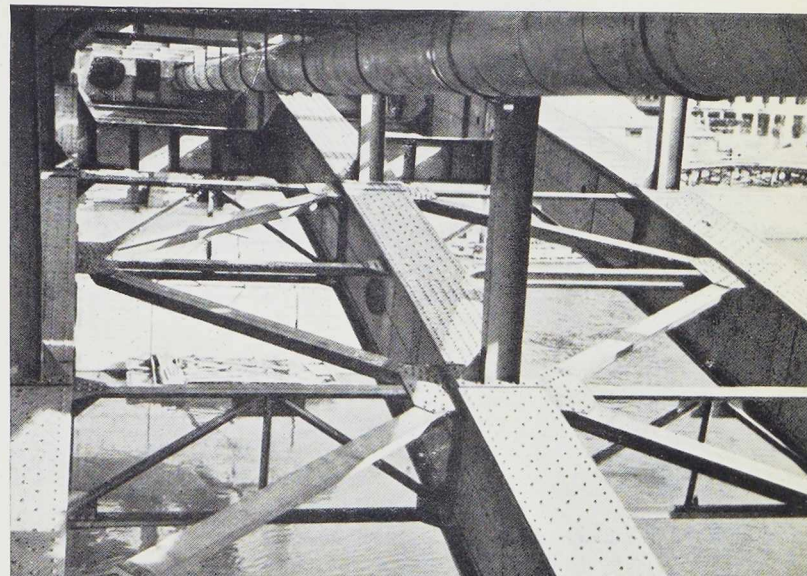
Des passages souterrains ont été également prévus au-dessus des rampes du pont sur les deux rives du Danube.

La pose des rails de tramways sur la dalle fut simplifiée par l'emploi de rails spéciaux à large patin, s'appuyant directement sur une couche élastique de 2 cm posée sur la dalle (fig. 525).

Afin de réduire le poids du tablier, on n'avait

pas employé de couche isolante sur la surface de la dalle, excepté à l'endroit du passage des voies de tramways. Pour ces dernières, il a été prévu une sorte d'émulsion froide coulée immédiatement sur la couche de sable de 10 cm et des pavés de basalte de 10 cm. Cette façon de faire a réduit le poids du tablier à 550 kg/m<sup>2</sup>, malgré l'adoption d'un platelage lourd. Il est intéressant de comparer ce chiffre avec le poids précédent du tablier du pont qui s'élevait à 520 kg/m<sup>2</sup> et fut porté par la suite à 750 kg/m<sup>2</sup>. Le poids total de la nouvelle construction métal-

**Fig. 527.** Vue intérieure de la charpente métallique.



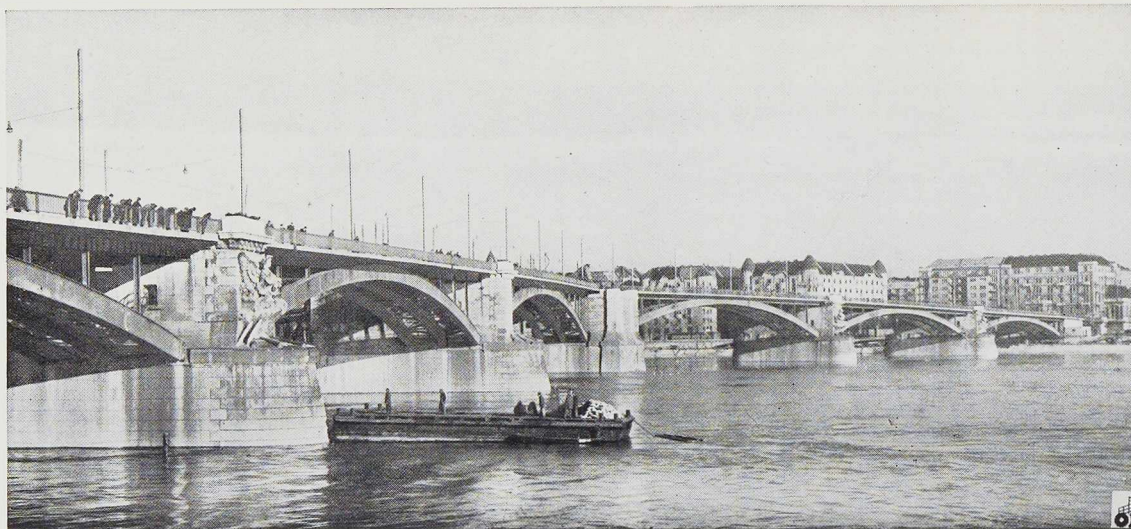


Fig. 528. Vue du nouveau pont Marguerite à Budapest.

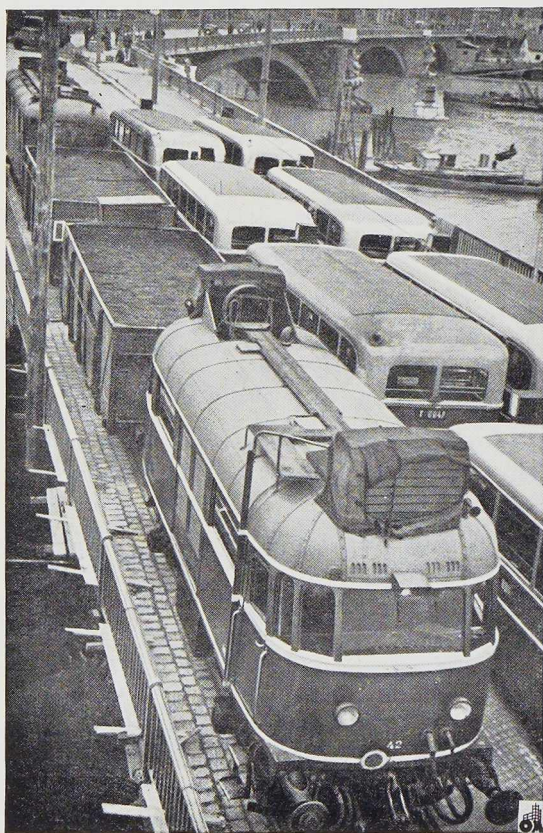


Fig. 529. Essai de réception du nouveau pont Marguerite.

lique est de 5.000 tonnes, soit 325 kg par mètre carré du tablier.

#### Essais et coût du nouveau pont

L'essai du pont de la première moitié de l'ouvrage fut effectué entre le 12 et le 15 novembre 1947. Les résultats de ces essais sont donnés à la figure 524.

On constata que la flèche moyenne n'atteignait pas la valeur calculée, ce qui prouvait une grande rigidité de la construction métallique.

La flèche transversale indique que la torsion était également inférieure à la valeur calculée, ce qui démontre, une fois de plus, la bonne tenue des ouvrages métalliques. Cela est dû à la rigidité transversale des maîtresses-poutres.

Les dépenses totales engagées pour la reconstruction du pont Marguerite à Budapest se sont élevées à 44.000.000 de forints (environ 90 millions de francs belges). Le prix de la construction métallique comprend 30 millions de forints pour le renforcement des piles, 10 millions pour la construction métallique, le restant était réservé pour la construction du tablier.

La première moitié du pont, côté Sud, fut terminée le 16 novembre 1947. La deuxième moitié est encore en construction. On espère que l'ouvrage sera achevé en automne 1948, plusieurs mois avant le délai fixé par le cahier des charges. Ce résultat est dû à la collaboration parfaite des ateliers de construction, des ingénieurs, des ouvriers et de la Direction du Ministère des Communications de Hongrie.

C. S.



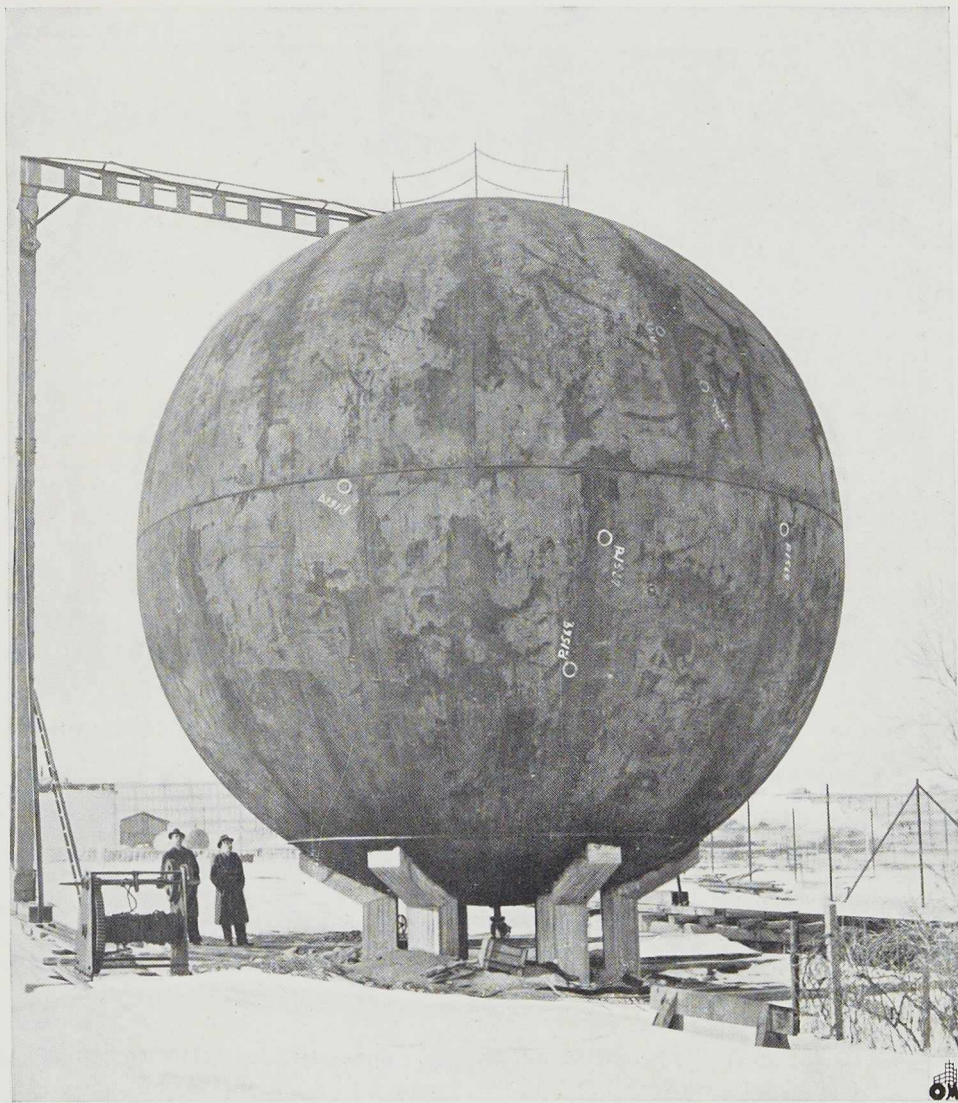


Fig. 530. Le nouveau gazomètre de Västerås.

## Le gazomètre soudé de Västerås (Suède)

Les services techniques de la ville de Västerås (Suède centrale), agglomération industrielle d'environ 45.000 habitants, située à une centaine de kilomètres au Nord-Ouest de Stockholm, viennent de doter leur ville d'un gazomètre d'un type original. Le nouvel ouvrage se présente sous la forme d'une sphère métallique de 10<sup>m</sup>35 de dia-

mètre, prenant appui sur quatre piliers en béton armé de faible hauteur, munis de consoles (fig. 530). Le gazomètre, calculé pour une pression de gaz de 7 kg/cm<sup>2</sup>, a une capacité effective totale de 4.000 m<sup>3</sup>. L'ouvrage a été réalisé en tôle d'acier de 20 mm d'épaisseur.

Comme matériau de construction on a utilisé

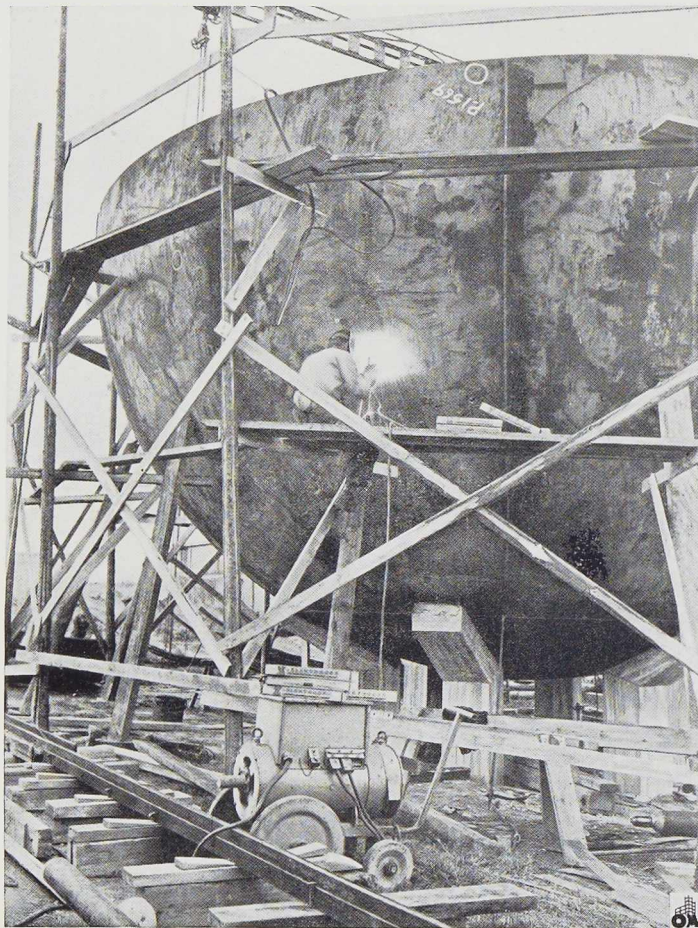


Fig. 531. Réservoir sphérique en cours de soudure.

de l'acier Siemens-Martin St 44 <sup>(1)</sup>. Les soudures, dont la longueur totale atteint quelque 225 mètres, ont été réalisées au moyen d'électrodes de 3,25, 4 et 5 mm de diamètre, fournies par la Société ASEA. Ces électrodes, spécialement étudiées pour des travaux mettant en œuvre des tôles de forte épaisseur, engendrant des tensions de retrait importantes, possèdent les caractéristiques suivantes :

Résistance à la rupture :  $R = 47 \text{ kg/mm}^2$  ;

Allongement (sur 5 diamètres) : 30 % ;

Résilience :  $k = 16 \text{ à } 19 \text{ kgm/cm}^2$ .

Les joints soudés en X ont tous été exécutés sur

<sup>(1)</sup> Acier comparable à l'acier A 42, ayant une résistance à la rupture de 42 à 50  $\text{kg/mm}^2$  et une limite élastique 26  $\text{kg/mm}^2$ .

place en position verticale et au plafond. Après achèvement des soudures, on a procédé à des contrôles au moyen de rayons X. Sur 120 films réalisés, 95 % ont été classés dans la catégorie 5 (excellent) et 5 % dans la catégorie 4 (très bon).

Les tôles ont été fournies estampées à forme par le laminoir.

Les résultats obtenus tant du point de vue construction, que comportement du gazomètre en service, ont valu à la Société Hammarqvists Plåtslageri, constructeur du gazomètre, la commande d'un second gazomètre pour la ville de Västerås, de deux autres pour la ville de Jönköping (au Sud-Ouest de Stockholm). De son côté, l'industrie chimique norvégienne, vient de décider la construction de douze réservoirs sphériques du même type.





# L'évolution des soudotechniques américaines et européennes en dix ans

par Ed. Henrion,  
Ingénieur-Soudeur E. S. S. A. (Paris)

## Introduction

Il est particulièrement instructif de jeter, de temps à autre, un coup d'œil rétrospectif sur l'évolution d'une technique dont les développements sont rapides et incessants. C'est précisément le cas de la soudure et des procédés connexes et il nous a paru, dès lors, intéressant de faire une pareille mise au point à l'occasion de la récente publication de l'édition 1947 de l'important ouvrage américain *The Welding Encyclopedia* (1). En comparant ce nouveau volume à la neuvième édition parue en 1938 et qui comportait 696 pages, on peut établir quelques critères caractéristiques des progrès et des modifications apportés par les recherches scientifiques et industrielles à la mise en œuvre de la technologie des méthodes d'assemblage par soudure autogène, ainsi que des multiples modes opératoires qui en sont dérivés plus ou moins directement : oxycoupage, brasure, rechargements, métallisation, trempe superficielle, formage, décapage, etc...

On sait que dans l'ouvrage considéré, la documentation relative aux soudo-techniques est pré-

sentée dans un ordre alphabétique permettant de retrouver facilement, comme dans un dictionnaire, la question technique au sujet de laquelle on recherche des éclaircissements; il serait évidemment possible de reclasser les éléments recueillis en consultant cette encyclopédie suivant un ordre idéologique, mais cela ne nous a guère paru nécessaire pour marquer spécialement certaines étapes caractéristiques du progrès au cours de cette dizaine d'années.

Les enseignements qui ressortent de chaque paragraphe examiné constituent un exemple particulier suffisamment efficace par lui-même pour pouvoir s'intégrer ainsi facilement dans la synthèse générale qui servira de conclusion à ce bref aperçu de dix années de progrès dans l'industrie de la soudure et des techniques connexes.

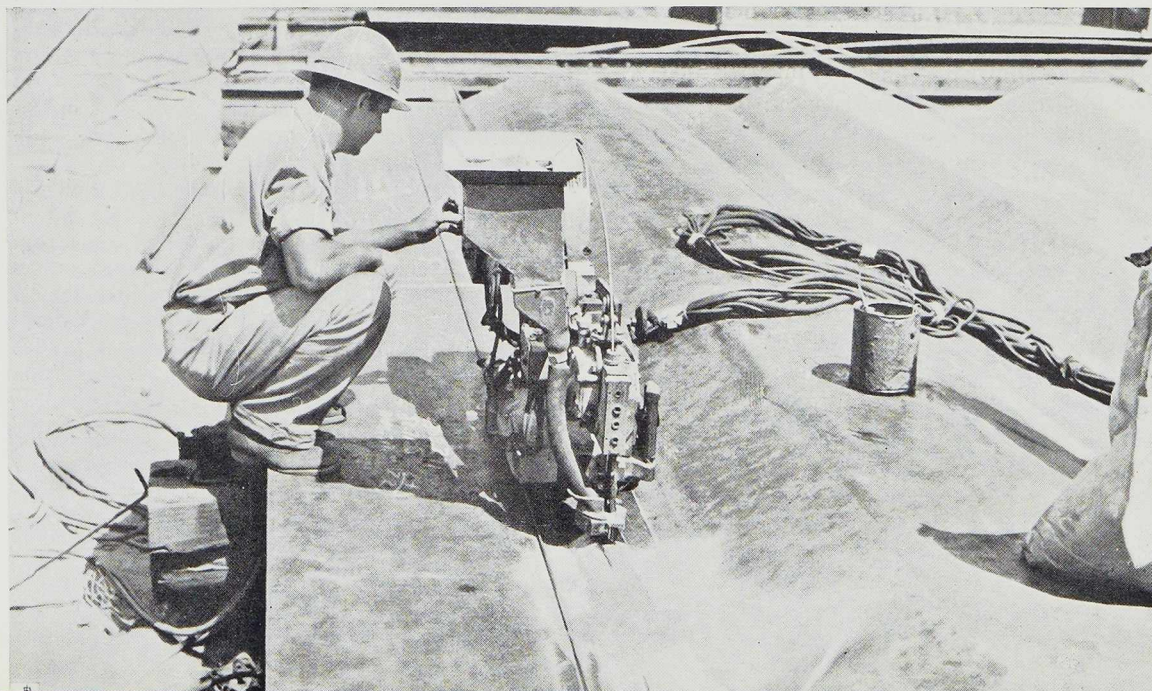
## Soudure automatique à l'arc

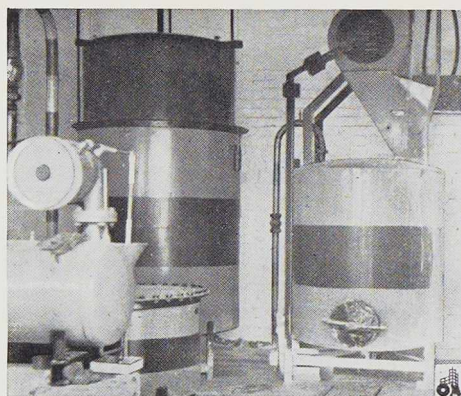
La mécanisation de la soudure électrique à

(1) *The Welding Encyclopedia*, 12<sup>e</sup> édition, 1947. Un ouvrage de plus de mille pages traitant des divers domaines d'application de la soudure.

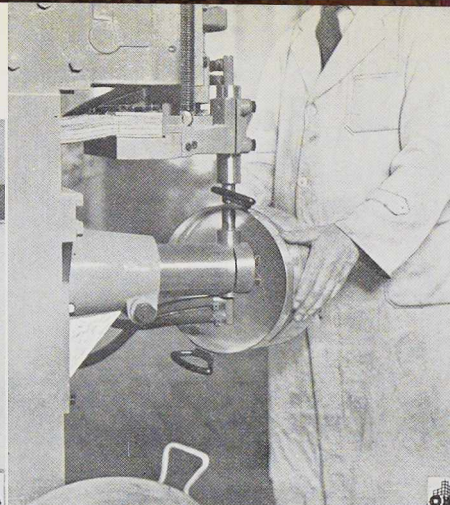
Fig. 532. Application de la soudure automatique à l'arc submergé.

Document Air Liquide.

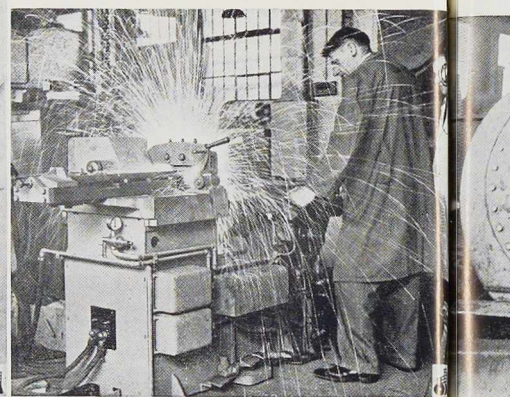




**Fig. 533.** Centrale d'acétylène.



**Fig. 534.** Soudure par point en quincaillerie.



**Fig. 535.** Soudure en bout à grande puissance.

l'arc, souvent expérimentée, rarement réussie, a enfin trouvé une forme vraiment pratique dont le développement industriel s'est trouvé rapidement considérable. Il s'agit du procédé de soudure à arc submergé, qui a apporté une solution effective au problème de la soudure automatique.

Par les caractéristiques du matériel mis en œuvre, sous forme d'une tête de soudure mobile progressant le long du joint à souder, et du métal déposé, sous forme d'un épais cordon de soudure en une passe d'excellentes propriétés mécaniques, grâce au laitier protecteur, le procédé de soudure à l'arc submergé se devait de rencontrer le succès dans tous les ateliers de constructions chaudronnées. La description détaillée de la technologie de cette méthode de soudure automatique montre nettement que l'on se trouve devant un procédé directement applicable dans l'industrie sur une large échelle, d'autant plus qu'il est particulièrement bien approprié à la parfaite réussite de soudures sur toute une gamme d'aciers de nuances assez différentes.

C'est ainsi que la souplesse du soudage automatique union-melt permet l'assemblage :

- a) Des aciers à bas carbone :  
 $R = 46 \text{ kg/mm}^2$ ;  $R_e = 29 \text{ kg/mm}^2$ ;  $A = 36 \%$ .
- b) Des aciers à haute résistance :  
 $R = 53 \text{ kg/mm}^2$ ;  $R_e = 30 \text{ kg/mm}^2$ ;  $A = 33 \%$ .
- c) Des aciers pour boîtes à feu :  
 $R = 47 \text{ kg/mm}^2$ ;  $R_e = 33 \text{ kg/mm}^2$ ;  $A = 31 \%$ .
- d) Des aciers demi-durs :  
 $R = 54 \text{ kg/mm}^2$ ;  $R_e = 36 \text{ kg/mm}^2$ ;  $A = 18 \%$ .
- e) Des aciers à 0,5 % de molybdène :  
 $R = 58 \text{ kg/mm}^2$ ;  $R_e = 43 \text{ kg/mm}^2$ ;  $A = 27 \%$ .
- f) Des aciers à 5 % de chrome :  
 $R = 55 \text{ kg/mm}^2$ ;  $R_e = 36 \text{ kg/mm}^2$ ;  $A = 30 \%$ .

### Métaux de base

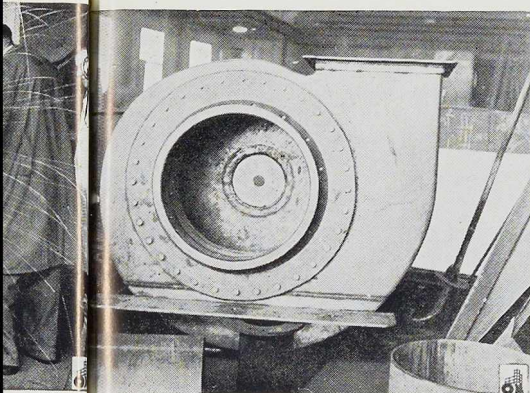
On s'oriente tout spécialement vers l'exécution de soudures réputées difficiles sur des aciers relativement durs. C'est précisément à l'excellente qualité métallurgique du métal déposé, qui diffuse largement dans le métal de base pour provoquer la formation d'une zone de liaison étendue et de propriétés lentement variables, que l'on doit de résoudre de façon relativement facile les difficultés de soudabilité spécifique des métaux de base.

Il y a certainement là une indication précieuse quant au choix du métal de base et de la méthode de soudure. Il est en effet indiqué, dans toute la mesure du possible, de ne faire appel qu'aux nuances d'acier courantes produites normalement par les procédés métallurgiques les plus usuels, donc sans devoir recourir à des spécifications spéciales et à des conditions supplémentaires susceptibles d'exiger d'autres modes d'élaboration et des frais supplémentaires qui deviennent rapidement prohibitifs.

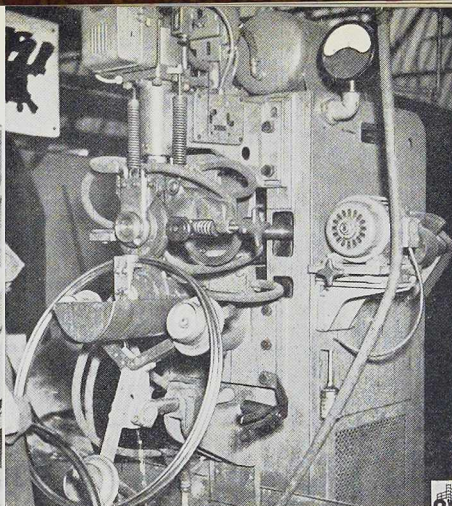
Le processus technique normal consiste donc bien à mettre au point une technologie du soudage appropriée aux qualités normales des aciers courants; l'appropriation des métaux d'apport ou des électrodes, ainsi que des conditions opératoires, a été nettement orientée dans ce sens aux Etats-Unis, avec un succès notoire.

L'importance capitale de ce fait se doit de retenir l'attention, car il est évident que si l'on avait exigé l'élaboration de qualités spéciales, en fonction de chaque genre de construction à entreprendre ou de chaque procédé de soudure à mettre en œuvre, on ne serait jamais arrivé à développer les applications des assemblages soudés comme on peut le constater par les réalisations multiples de ces dernières années.

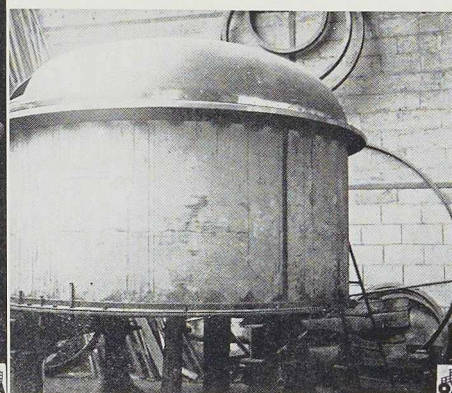




**Fig. 536.** Ventilateur en acier inoxydable soudé à l'arc.



**Fig. 537.** Soudure au galet de jantes.



**Fig. 538.** Cuve de brasserie en acier inoxydable soudé.

C'est donc bien parce que la technologie de la soudure s'est parfaitement adaptée aux caractéristiques courantes des métaux de base usuels que son essor a été aussi rapide.

Ces considérations ressortent nettement de l'ensemble de la documentation relative à ce point de vue et il était particulièrement indiqué de les faire ressortir à l'occasion des résultats obtenus dans cet ordre d'idée par la soudure automatique à l'arc.

#### Acétylène

Cet hydrocarbure gazeux particulièrement riche reste, depuis son introduction, dans l'industrie de la soudure, le combustible le plus utilisé. L'étude de ses propriétés chimiques a été poussée, tant au point de vue de l'amélioration des processus de fabrication dans de nouveaux types de générateurs d'acétylène que de la recherche d'une sécurité de fonctionnement parfaite des installations alimentées par des appareils fixes ou portatifs ou par des bouteilles d'acétylène dissous. On peut maintenant constater l'absolue efficacité des mesures et des règlements adoptés en cette matière puisque après des années d'utilisation industrielle intensive, il a suffi de conserver l'ensemble des prescriptions considérées.

En ce qui concerne la construction des générateurs d'acétylène, l'évolution a été marquée aux Etats-Unis par le développement considérable d'un nouveau type d'appareil à haute pression et à chute de carbure d'un fin calibre granulé spécial dans l'eau. Moyennant une construction particulièrement soignée des organes manométriques de commande de l'alimentation en carbure, on est arrivé à obtenir des appareils de grande souplesse de production qui ont surtout rendu de grands services comme appareils transportables pendant les hostilités. Si leur principe

même basé sur la chute d'un carbure spécialement granulé dans l'eau est discutable, ces réalisations ont cependant fait leurs preuves et semblent maintenant considérées comme le prototype classique de générateur portatif, à propos duquel on expose toute la technique de la production de l'acétylène aux dépens du carbure de calcium.

#### Soudure par résistance

Ce procédé de soudure électrique a connu un tel développement qu'il serait vain d'en vouloir condenser même les caractéristiques essentielles en quelques lignes. Pour les trois modalités de soudure au point, au galet et en bout, on a poussé dans des proportions considérables les valeurs des facteurs essentiels, énergie, vitesse, puissance, et les nouvelles machines à souder exécutent, en des temps extrêmement courts, des travaux importants en mettant en œuvre des intensités de courant considérables.

Il en résulte qu'il a fallu introduire des méthodes électroniques de contrôle des temps; des mécanismes à pression hydraulique, des appareillages puissants d'alimentation en énergie électrique.

Les véritables machines-outils qui résultent de cette évolution surclassent, dans une proportion étonnante, les réalisations d'il y a dix ans, aussi faut-il prévoir un amortissement rapide des soudeuses par résistance appropriées surtout aux travaux de série et aux productions intensives.

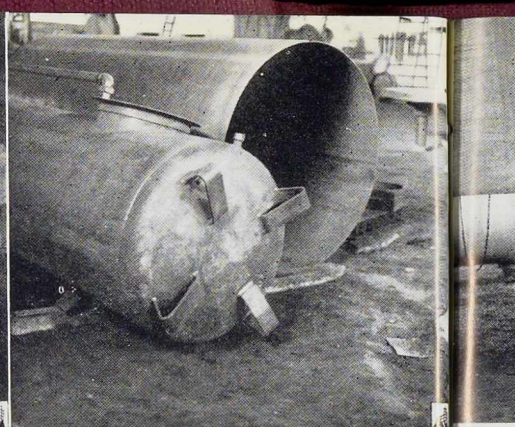
Des réalisations spectaculaires, comme la soudure en bout des rails ou la soudure par point des alliages légers et traités, prouvent que les problèmes d'assemblage les plus difficiles peuvent trouver une solution automatique parfaite, grâce à un appareillage de haute classe. Et il n'est pas douteux que l'on ne se trouve encore qu'aux débuts des progrès de la technique rela-



**Fig. 539.** Soudure sur bords relevés de fûts en acier.



**Fig. 540.** Soudure montante à double cordon « B ».



**Fig. 541.** Conception de pieds soudés pour cuve.

tivement jeune de la soudure par résistance. De même que la période qui a suivi la guerre mondiale de 1914 a vu l'essor de la soudure à l'arc, nous assistons pour le moment à celui de la soudure par résistance aux réalisations de laquelle on ne saurait être trop attentif. Son évolution cadre, en effet, typiquement avec celle des fabrications modernes et de plus en plus la soudure par résistance s'intègre vraiment dans le cycle normal de toute production à la chaîne. Dans cette dernière éventualité on se trouve en général devant des épaisseurs minces soudées à la volée de l'ordre de 0,5 mm jusqu'à 2 et 3 fois 2 mm; mais dans les récentes constructions métalliques, à l'aide de nouvelles machines particulièrement puissantes du type à accumulation d'énergie par exemple, il est possible d'assembler des fortes épaisseurs et le maximum peut atteindre dans certains cas 20 mm, ce qui montre le domaine d'application très étendu atteint par ce procédé.

#### Aciers inoxydables. Matériel roulant

La multiplication des emplois des aciers alliés au chrome-nickel a conduit à un essor rapide de leur métallurgie; grâce à leur parfaite soudabilité, sous leur forme stabilisée, on a vu des nuances typiques surclasser nettement les autres et à l'heure actuelle, il faut mettre en évidence les types suivants standardisés par l'*American Iron and Steel Institute* (A. I. S. I.).

347 — Acier chrome-nickel au colombium

316 — Acier chrome-nickel-molybdène : 18/10/2

310 — Acier chrome-nickel : 25/20

que l'on soude facilement avec des métaux d'apport ou des électrodes correspondantes additionnées de colombium de préférence ou à très basse teneur en carbone.

Cette orientation caractéristique et l'heureuse simplification qui en résulte conduira certainement à un développement accru de ces nuances d'aciers spéciaux dont la haute qualité est de plus en plus appréciée, tant par ses caractéris-

tiques mécaniques élevées que par sa résistance parfaite à de multiples agents de corrosion. C'est ainsi qu'en matériel roulant, on fait largement usage, aux Etats-Unis, de ces nuances coûteuses et cette manière de faire mérite réflexion, car il y a là certainement possibilité d'une orientation nouvelle en construction de voitures de chemin de fer, autorails, etc.

#### Tôleries. Chaudronneries

Tout comme nous l'avons signalé en tuyauteries, les procédés de soudure sont universellement admis comme les plus intéressants pour exécuter les réservoirs, tanks, gazomètres, conduites forcées, tôleries, bacs, châteaux-d'eau, hauts fourneaux, citernes, etc.

La préparation des tôles y est caractérisée par la généralisation du joint « bord à bord », qui permet éventuellement un contrôle radiographique facile. Mais on a recours aussi aux méthodes d'assemblage de sécurité et à cet égard, en Europe, on s'est trouvé très bien de la soudure montante à double cordon « B » qui permet de réussir sur bords droits écartés tous les assemblages de tôles de 2 à 12 mm, à l'aide de deux opérateurs munis de chalumeaux à faible débit. Au delà la soudure montante « C » exige un chanfreinage des bords à 80°, mais elle permet d'atteindre 30 mm d'épaisseur en tous métaux et alliages en toute sécurité.

En construction de gazomètres sphériques, on cite maintenant de nombreuses réussites à l'arc et l'on voit ainsi que c'est par une union rationnelle des divers procédés que l'on réussira au mieux les constructions soudées des récipients de tous genres.

#### La conception et les formes des assemblages

Dès l'établissement des plans, la construction soudée apporte une véritable révolution dans la conception des nœuds d'assemblages des ouvrages métalliques.

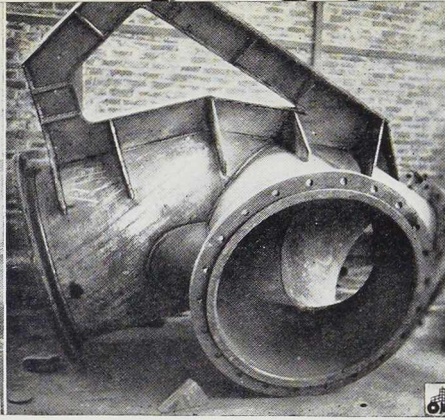




**Fig. 542.** Soudure longitudinale à double cordon « B ».



**Fig. 543.** Aspirateurs statiques en tôle mince soudée au chalumeau.



**Fig. 544.** Coude de tuyauterie à gaz de hauts fourneaux.

Pour obtenir une ligne remarquable et une économie rationnelle on a développé l'application des principes généraux de la *continuité* la plus absolue possible des formes et de la réalisation préférentielle de jonctions « bout-à-bout ».

A tous les points de vue, un assemblage *en bout* est plus intéressant qu'un recouvrement, même s'il exige la préparation d'un découpage en entaille, et la liaison de deux tôles « *bord à bord* » représente aussi par elle-même la continuité de forme désirable.

Grâce aux possibilités étendues de l'*oxycoupage*, on tire de plus en plus parti de découpages qui assurent une variation progressive de la forme des raccords, sans changement brusques ni des rayons, ni des épaisseurs.

La liaison des éléments d'une construction soudée satisfait donc de mieux en mieux aux conditions de continuité et d'homogénéité géométriques qui sont de plus en plus considérées non seulement comme désirables mais comme indispensables à la bonne tenue de l'ouvrage.

D'autre part on s'est aussi orienté vers l'emploi de profilés et de laminés relativement légers dont on tire le plus grand parti possible pour ne pas devoir faire appel à des épaisseurs ou à des sections trop fortes. A ce point de vue les applications de la tôle pliée et soudée, par tous les procédés et surtout par soudure électrique par résistance, ont modifié dans une large mesure l'allure des constructions.

Elles présentent alors une intéressante souplesse malgré la rigidité inhérente au joint soudé, grâce à la conception rationnelle des nœuds sans jonctions superflues à la rencontre des barres, plats et tôles.

Le pont de Joncherolles constitue un exemple bien connu de l'application de ces caractéristiques nouvelles, où l'on évite avec soin toute accumulation de cordons soudants et toute forme susceptible de causer des surtensions locales, donc les morsures, les raccords brusques, les angles vifs, les surcharges de métal déposé, etc.

Les progrès réalisés par les bureaux d'études ont ainsi été à la base de l'essor de la soudure dans les ateliers, car il est évident que la réussite ne peut être assurée que si l'établissement des plans a tenu compte des propriétés spécifiques des nouveaux procédés d'assemblage qui sont mis en œuvre.

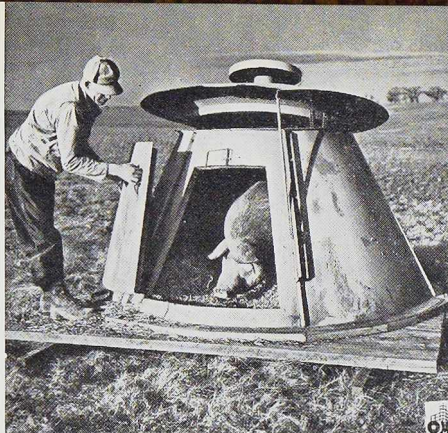
#### Le calcul des constructions soudées

Grâce à une meilleure transmission des efforts, par une conception rationnelle des assemblages, on a progressivement relevé le *taux de travail* des constructions soudées. Pour conserver tous les avantages de ce facteur, il faut en outre être assuré d'un *coefficient de résistance relative* entre le métal d'apport et le métal de base aussi voisin que possible de l'unité.

C'est par la qualité du métal déposé par la baguette d'apport ou par l'électrode que l'on est arrivé à pouvoir considérer que le cordon de soudure présente des caractéristiques généralement un peu supérieures à celle du métal de base.

Dès lors dans la majorité des constructions consciencieusement surveillées, on adopte une valeur de 0,95 à 0,85 pour le coefficient considéré, suivant le genre de construction et la précision apportée à son calcul. On sait d'ailleurs que pour la soudure bord à bord ou bout à bout c'est ce dernier qui conditionne par lui-même celui de la soudure qui ne fait que rétablir la continuité de la matière. Dès lors tout coefficient de résistance relative inférieur est une prime à la mauvaise soudure, car on sait, en effet, que les difficultés d'exécution croissent avec l'épaisseur à souder.

La sécurité d'un joint ne se trouve donc pas accrue par l'abaissement du coefficient précité, qui contribue principalement à augmenter l'épaisseur à souder; il peut même en résulter dans certains cas une diminution de la sécurité. Donc la valeur de 0,95 à 0,85 est un encouragement aux *bonnes soudures* et ce coefficient exige à juste titre une exécution parfaite.



**Fig. 545.** Matériel soudé à usage agricole.



**Fig. 546.** Avion en acier inoxydable soudé par résistance.



**Fig. 547.** Benne de transport utilisée en agriculture.

Il en résulte que le *taux de travail admissible* dans les calculs est déterminé par le fait qu'on peut admettre en constructions soudées que le *coefficient de sécurité* de la matière de base de la construction métallique reste égal à la valeur courante dans le domaine considéré et est applicable à l'ensemble des éléments assemblés et d'assemblages.

Dans le calcul des cordons et des goussets on dispose ainsi d'une valeur adaptée aux avantages inhérents aux liaisons soudées, tout en sauvegardant un principe essentiel de sécurité par l'introduction du coefficient de résistance relative de l'ordre de 0,9. Cette méthode de calcul permet aux constructeurs avertis un gain appréciable en quantité tout en assurant une qualité d'autant meilleure.

#### Matériel agricole

Dans la réparation de l'outillage utilisé en agriculture, il faut signaler les progrès considérables qui résultent de la mise en œuvre d'une gamme nouvelle de baguettes et d'électrodes pour rechargement. Les résultats obtenus dans la lutte contre l'usure sont remarquables et les travaux bien sommaires d'il y a dix ans sont maintenant complétés par une gamme étendue de rechargements au chalumeau et à l'arc dont bénéficient, non plus quelques pièces expérimentales, mais l'ensemble de l'outillage agricole que l'on répare et que l'on recharge avec plein succès à l'aide d'apport qui sont des stellites aux carbures en passant par les aciers durs et rapides.

L'ampleur prise par cette documentation montre nettement que ce progrès doit retenir l'attention de tous les constructeurs de machines agricoles.

#### Constructions aéronautiques

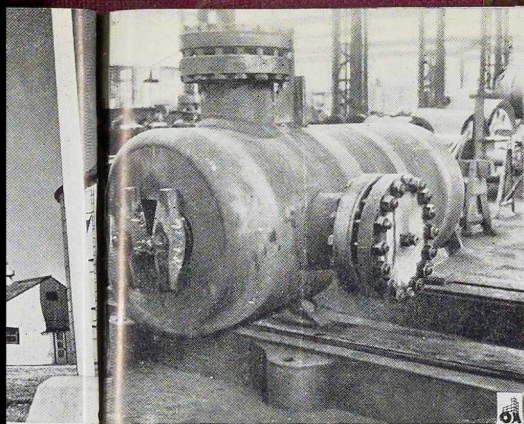
L'essor bien connu de cette industrie a profondément modifié les conditions d'application des méthodes de soudure utilisées et il est inté-

ressant de noter que ces procédés d'assemblages se sont introduits dans la fabrication de tous les organes de l'avion. Ils ont dû, dès lors, satisfaire à des épreuves de qualité extrêmement sévères et, grâce à des mises au point parfaites dont ont bénéficié tous les procédés de soudure, la construction aéronautique représente une des plus belles références en faveur du joint soudé qui réunit un ensemble de qualités exceptionnellement favorables : rigidité, simplicité, légèreté, incorrodabilité, résistance homogène et enfin économie.

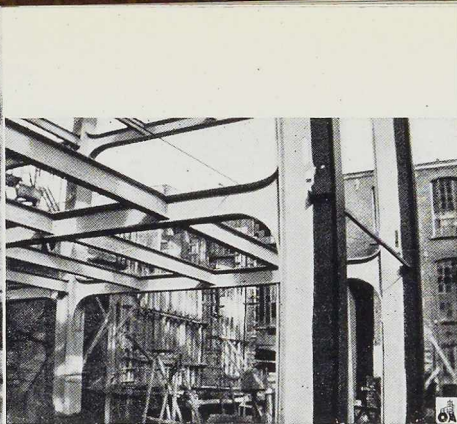
Il n'est donc pas étonnant que par exemple 82,4 % des constructeurs font appel au tube d'acier soudé pour leurs fuselages, tandis que les utilisations des alliages légers, soit sous forme de coques, soit sous forme de tubes ou de constructions mixtes représentent donc moins de 20 % dans la construction des fuselages. Cet intérêt marqué pour le tube d'acier est dû au fait que l'on a procédé à une sélection judicieuse parmi les nombreux types d'aciers à haute résistance proposés par les métallurgistes. Une expérience étendue a maintenant montré qu'il fallait s'en tenir, soit à un acier à 0,25 % C maximum et 0,30-0,60 % de manganèse d'une résistance mécanique moyenne de 45-50 kg/mm<sup>2</sup>, soit de préférence à l'acier allié au chrome molybdène qui surclasse nettement le précédent et répond aux caractéristiques suivantes, proche d'un acier standardisé en Belgique sous l'indicatif Cr Mo 312.

Acier SAE X-4130 : C = 0,25-0,35 % ; Mn = 0,40-0,60 % ; Cr = 0,80-1,10 % ; Mo = 0,15-0,25 % ; R = 65-70 kg/mm<sup>2</sup> à l'état normalisé ; Al = 15 %. Il présente l'avantage d'une soudabilité très satisfaisante, sa dénaturation étant minime dans la zone de transformation, et l'exécution de bonnes soudures au chalumeau oxyacétylénique ne présente pas de difficultés. On a donc là trouvé la solution rationnelle pour le choix d'un acier à haute résistance et cet enseignement mérite d'être suivi dans bien d'autres domaines de la cons-

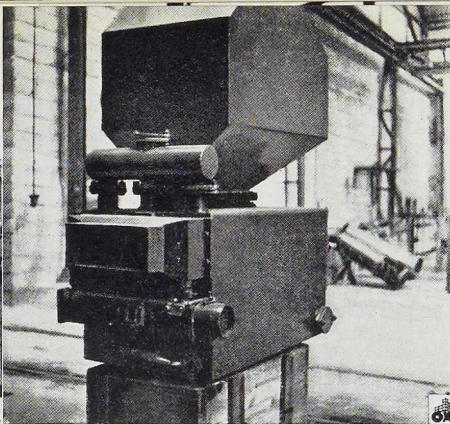




**Fig. 548.** Distributeur de vapeur à tubulures soudées.



**Fig. 549.** Eléments de charpente de bâtiments universitaires.



**Fig. 550.** Chaudière de chauffage central soudée.

truction métallique. Ajoutons que, pour certaines pièces, on fait appel aux aciers au chrome-vanadium ( $Cr = 1,0 \%$ ;  $Va = 0,15 \%$ ) ou aux aciers inoxydables au chrome-nickel ( $Cr = 18 \%$ ;  $Ni = 8 \%$ ), mais ceci correspond à des besoins spéciaux d'importance plus limitée.

Si la soudure au chalumeau est largement utilisée en construction aéronautique, la mise au point de la soudure à l'arc et surtout le développement de la soudure par résistance ont été considérables.

En effet, si la soudure oxyacétylénique a montré de substantiels avantages au point de vue facilité d'équipement, prix peu élevé du matériel, grande souplesse d'application aux joints les plus divers, travail d'exécution économique, on doit cependant, dans certains cas, faire appel aux autres méthodes de soudage, par exemple lorsqu'il faut diminuer les effets de la dilatation ou assembler des pièces par trop massives.

Les résultats obtenus aux essais mécaniques, en particulier à l'endurance, montrent que tous les procédés sont maintenant arrivés à fournir des joints soudés, dont la résistance est comparable à celle du métal de base, et comme, d'autre part, on a élaboré également des épreuves de qualification de la main-d'œuvre, on peut conclure qu'en construction aéronautique on dispose de tous les éléments pour réussir des nœuds d'assemblage parfaits, ceci, grâce au travail considérable fourni ces dix dernières années par tous les intéressés à l'essor de la soudure en aviation.

#### Découpage à l'arc

L'utilisation d'un arc électrique puissant, grâce à une forte intensité de courant appliquée à une électrode à enrobage épais, a été mise à l'essai et a reçu quelques applications par suite des possibilités de constructions actuelles de groupes capables de débiter 400 à 800 ampères; toutefois, il semble bien que ce procédé reste par trop coûteux de mise en œuvre et que les autres méthodes

faisant plus récemment appel à un jet d'oxygène rencontreront un succès plus stable. Aussi, nous ne nous arrêterons pas davantage à cette technique spéciale.

#### Construction des chaudières

La publication du *Boiler Construction Code* de l'American Society of Mechanical Engineers (A. S. M. E.) constitue certainement une étape caractéristique de la construction soudée des réservoirs à pression en acier. Ce document a été largement diffusé et est trop connu pour en exposer à nouveau les principes, mais nous rappellerons qu'il consacre une technique de haute qualité bien adaptée à des réalisations parfaites à l'aide des nuances classiques de métaux de base pour la construction des chaudières.

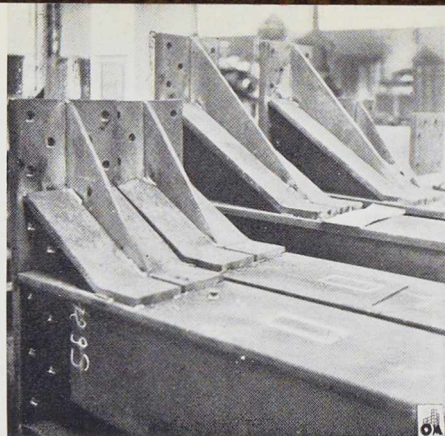
Moyennant un travail raisonné et consciencieux, respectueux de règles maintenant bien établies, on obtient des joints soudés de haute qualité dans n'importe quel type de construction chaudronnée.

Si la réalisation des chaudières à pression est particulièrement spectaculaire et constitue une remarquable référence pour la soudure à l'arc, il ne faut pas oublier que l'on a aussi obtenu des résultats parfaits dans le domaine des grands réservoirs de stockage, du type « Caquot », en faisant appel à la soudure oxyacétylénique et en particulier à la soudure montante à double cordon « B » qui constitue un mode opératoire de qualité exceptionnelle en chaudronnerie moyenne.

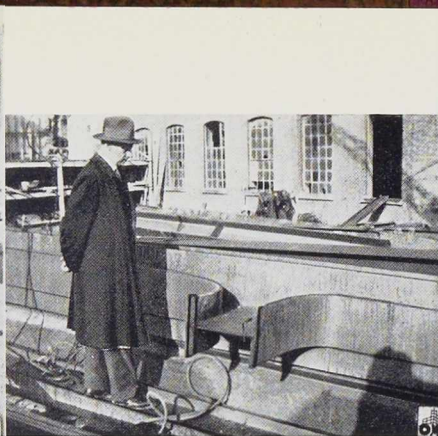
On peut donc conclure que l'avenir de la chaudronnerie est très certainement dans l'emploi général de la soudure comme moyen d'assemblage et cette transformation s'est d'ailleurs opérée presque entièrement au cours de ces dernières années.

#### Construction automobile

Il est curieux de constater que si la voiture automobile elle-même est construite par soudure,



**Fig. 551.** Têtes de colonnes de la charpente d'une centrale.



**Fig. 552.** Détails de l'ossature de bâtiments universitaires.



**Fig. 553.** Console oxycoupée et soudée d'une charpente.

sur une échelle de plus en plus large, la documentation relative à la réparation par soudure ou soudo-brasure du matériel automobile en général a perdu une partie de son importance. De nombreux paragraphes sont certes consacrés aux principes généraux d'exécution des réparations des mécanismes des automobiles, mais il est certain que pour certaines pièces, il devient plus facile de les remplacer que d'entreprendre une réparation souvent délicate.

Cependant, lorsqu'il s'agit d'entretenir un moteur déjà ancien, dont les pièces de rechange sont d'approvisionnement difficile, tous les procédés de soudure et de brasure viendront à point pour réparer et recharger les mécanismes même les plus complexes. Si l'on considère le nombre de détails pratiques fournis dans ce domaine, on doit en déduire que nos artisans ont là devant eux un vaste champ d'activité où il faut faire preuve de savoir pour choisir judicieusement le procédé et surtout la baguette d'apport exactement appropriée au travail entrepris.

Des progrès importants ont été réalisés en métaux d'apport pour soudures et rechargements anti-usure des fontes, fontes malléables, acier coulé, acier forgé, acier à basse teneur ou à haute teneur en carbone, aciers alliés en particulier au nickel, aluminium, cuivre, bronze, laiton; la gamme de baguettes dont doit disposer le réparateur est donc étendue, mais nous attirerons spécialement son attention sur les laitons spéciaux de soudo-brasure, les maillechorts d'assemblage et de rechargements, les bronzes d'aluminium, les alliages légers, les fontes usinables, les aciers au nickel à haute résistance, les aciers au chrome pour rechargements, les stellites, les soudures eutectiques à basse température et les soudures tendres pour travaux d'obturation sur fonte, aluminium et zinc, etc.

#### Constructions des charpentes

L'importante industrie de la construction des charpentes métalliques a, comme celle de la chau-

dronnerie, trouvé un guide précieux dans un *Code for Fusion Welding and Gas Cutting in Building Construction*, élaboré par l'American Welding Society (A. W. S.).

Cette documentation a été complètement refondue au cours de la période examinée pour apporter, aux constructeurs, des éléments capables de l'orienter dans une voie vraiment nouvelle.

Il n'est pas douteux, en effet, que l'exécution des assemblages soudés présente des difficultés croissantes lorsqu'on veut réaliser des ouvrages de plus en plus massifs. Aussi, est-il tout à fait rationnel de procéder par étapes en vue d'acquies progressivement une indispensable expérience pratique.

La parfaite réussite des charpentes légères, puis de colonnes, des fermes, des portiques, etc... a conduit à une progression prudente vers des ensembles plus importants et plus massifs.

Il ne faut pas oublier que c'est la construction rivée qui domine encore en charpentes lourdes, mais cependant, l'orientation est manifestement dirigée vers une application méthodique des joints soudés bord à bord et en angle.

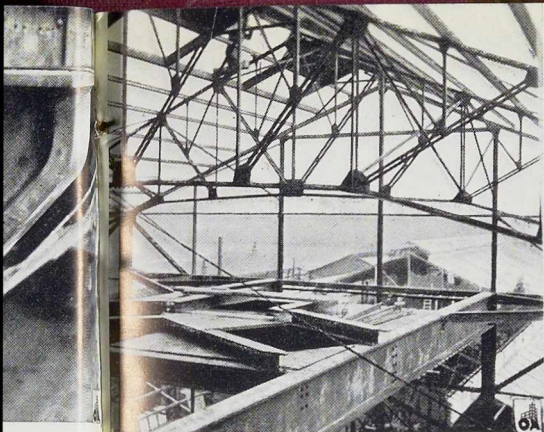
La publication des récentes éditions du code considéré marque nettement cette évolution, à propos de laquelle nous devons à nouveau faire remarquer que l'on envisage surtout des précautions technologiques pour mener à bien un travail utilisant, comme *métal de base*, les *aciers normaux de construction*, conformes aux spécifications courantes en usage dans la construction métallique.

De même pour la qualité du métal déposé, on s'attache plus aux conditions géométriques de réalisation d'un joint sans défauts qu'à des propriétés métallurgiques spéciales du cordon soudé.

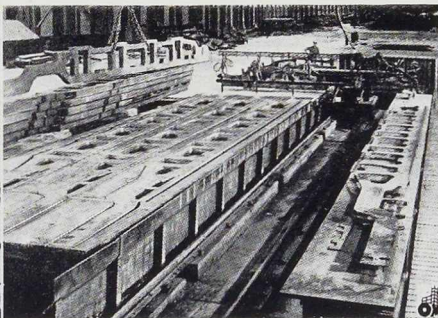
Comme ce point de vue peut être maintenant considéré comme consacré par une expérience déjà longue, il mérite de retenir l'attention de nos constructeurs, car on a trop souvent tendance à compliquer le problème de la construc-



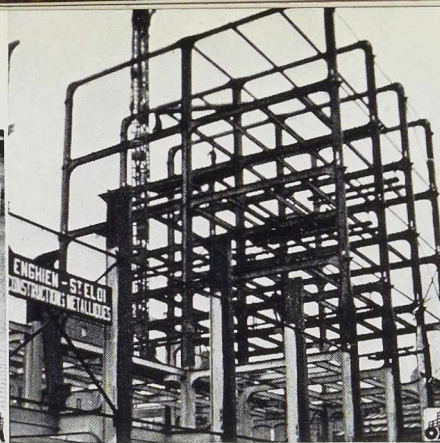




**Fig. 554.** Charpente métallique d'une usine électrochimique.



**Fig. 555.** Oxy-coupage simultané de 3 longerons suivant gabarit.



**Fig. 556.** Charpente soudée de bâtiments universitaires.

tion soudée au point de le rendre extrêmement difficile à résoudre, tant par les métallurgistes que les producteurs de métaux d'apport et d'électrodes. La méthode américaine nettement plus réaliste, et qui conduit pourtant à des résultats satisfaisants, se doit donc d'être attentivement suivie et observée dans ses principes et ses conséquences.

#### Oxy-coupage

Les progrès réalisés par le découpage à la flamme oxyacétylénique se sont surtout fait sentir dans la construction de machines de plus en plus perfectionnées et dont certaines sont devenues d'une très grande complexité.

Mais les résultats atteints sont absolument remarquables et si, au point de vue technique, l'oxy-coupage mécanique donne une coupe parfaite, les économies assurées par le découpage au jet d'oxygène rendent encore le procédé plus intéressant. Aussi n'est-il pas étonnant qu'il ait été généralisé sur une large échelle, tant par l'emploi de petites machines portatives circulant sur la tôle même à découper que par le montage de nombreux chalumeaux sur de véritables bâtis de machines-outils.

Cette extension considérable des travaux d'oxy-coupage a aussi conduit les laboratoires à étudier de plus en plus en détails la « coupabilité » des nuances d'aciers les plus diverses.

De nouvelles techniques opératoires et plus récemment des appareillages complexes utilisant une addition de flux dans le jet d'oxygène de coupe ont progressivement permis de résoudre le difficile problème du découpage des métaux et alliages de mauvaise coupabilité. Dans ce but on mélange au jet de coupe une poudre métallique facilement oxydable qui par sa combustion à la sortie du chalumeau assure la formation du laitier exothermique indispensable.

Si la technique classique du découpage à froid s'applique toujours sur tous les aciers contenant jusqu'à 0,35 % de carbone sans éléments d'al-

liages ou ne contenant que du cuivre, du nickel, du manganèse qui n'attectent guère la coupabilité, on a, par contre, réussi l'oxy-coupage de la presque totalité des aciers spéciaux et alliés moyennant des traitements complémentaires de préchauffage (aciers à haute teneur en carbone, en silicium) ou de postchauffage (aciers traités au chrome, molybdène, tungstène, vanadium, etc...). Quant à la fonte et aux aciers du genre inoxydable, on fait maintenant appel à un mode opératoire spécial ou de préférence au matériel récent qui fluidifie les oxydes réfractaires par l'addition d'un flux spécial dans le jet d'oxygène de coupe. Ce nouveau procédé d'oxy-coupage oxyacétylénique est ainsi venu compléter heureusement un ensemble de matériel et de mode opératoire susceptible de résoudre maintenant tous les problèmes de découpage rencontrés en métallurgie et en constructions métalliques et mécaniques.

#### Rainurage

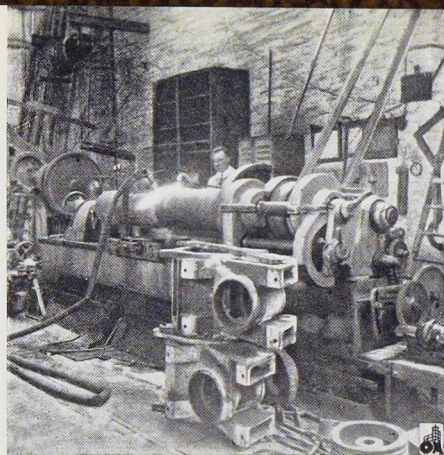
La mise au point de becs spéciaux pour ramurer à l'aide d'un chalumeau coupeur oxyacétylénique constitue également un progrès récent de la soudo-technique.

Les résultats obtenus par cet oxy-coupage tangentiel analogue au décriquage ont montré qu'on disposait maintenant d'un outil nouveau, mais très pratique pour la préparation des joints en U, la reprise des soudures à l'envers, l'enlèvement des défauts, des touches provisoires au cordon d'attache et de montage, etc.

Il n'est, dès lors, pas douteux que l'équipement de tout chalumeau coupeur comportera bientôt le ou les becs à rainurer appropriés à ces divers travaux.

#### Trempe superficielle

Il s'agit également d'une technique que l'on peut considérer comme presque entièrement nouvelle, car si les principes étaient connus, les



**Fig. 557.** La trempe superficielle de surfaces cylindriques.



**Fig. 558.** Formage au chalumeau de fonds à bords tombés.



**Fig. 559.** Radiographie de wagons citernes.

applications n'ont pris un certain essor que ces dernières années.

La trempe localisée au chalumeau oxyacétylénique a présenté des avantages spécifiques tels que la généralisation des traitements thermiques superficiels s'est rapidement développée, tant sur les aciers ordinaires à teneur moyenne en carbone, que sur certains aciers spéciaux dont le plus typique est certainement l'acier « infatigable » au nickel-chrome-molybdène et à très haute résistance et dureté.

Les progrès de la trempe ont été largement conditionnés par ceux de la métallurgie et les recherches des diagrammes d'alliages et surtout des courbes en S sont venues apporter les éléments scientifiques indispensables à l'application rationnelle de ce procédé oxyacétylénique sur des pièces de mécanique les plus diverses, en acier au carbone, alliés, en fonte, en fontes spéciales, malléables, perlitiques, etc.

#### Usinage à la flamme

Pour profiter des intéressantes possibilités d'usinage au jet d'oxygène, on s'est attaché à préciser la technique opératoire de cette méthode moderne de travail des aciers. Par l'emploi de bords du genre de ceux utilisés en découpage et en rainurage, on parvient à réaliser le dégrossissage de toute une série de profils comportant l'enlèvement de passes importantes. Il y a certainement là une technique aux possibilités étendues dont les ressources n'ont pas encore été exploitées à suffisance.

#### Décapage

Cette technique oxyacétylénique nouvelle se doit, maintenant que les chalumeaux décapeurs et leurs appareillages sont au point, de préciser son champ d'action. Si certains essais ont montré que les avantages obtenus sont substantiels et justifient de nombreuses applications de cette méthode de décapage des constructions métal-

liques avant peinture, il faudra cependant éviter des travaux hâtifs dans des conditions inadéquates. Les prescriptions maintenant bien établies des codes de bonne pratique du décapage au chalumeau oxyacétylénique doivent être respectées.

#### Formage

Les multiples possibilités de mise en forme par chauffage localisé ont été largement étendues à toutes les branches de l'industrie, et il y a certainement là un des débouchés les plus importants pour l'acétylène et l'oxygène.

Comme il s'agit généralement de cas particuliers et que la mise en œuvre de cette technique du formage ne requiert qu'un minimum de recherches et de mise au point de par sa grande facilité intrinsèque, nous ne nous y attarderons pas et nous signalerons simplement qu'elle revêt économiquement une importance considérable et souvent insoupçonnée.

On aura donc intérêt à la mettre méthodiquement en œuvre et le formage exécuté de façon rationnelle ne manquera pas de rendre les plus grands services.

#### Radiographie et Gammaradiographie

La technique de la radiographie aux rayons « X » ou aux rayons « gamma » a fait des progrès tellement considérables qu'ils en sont devenus spectaculaires et ont modifié profondément les méthodes de contrôle et de surveillance des constructions métalliques. En particulier, pour les ensembles soudés, la radiographie a permis sans conteste la réalisation de joints soudés à l'arc de très haute qualité. Participant activement à la mise au point des meilleurs modes opératoires, la radiographie a conduit à l'élimination de la plupart des défauts graves correspondant à des variations de la compacité ou de la continuité des assemblages.

Les services rendus ont été considérables dans cette période de recherches et un usage *modéré*



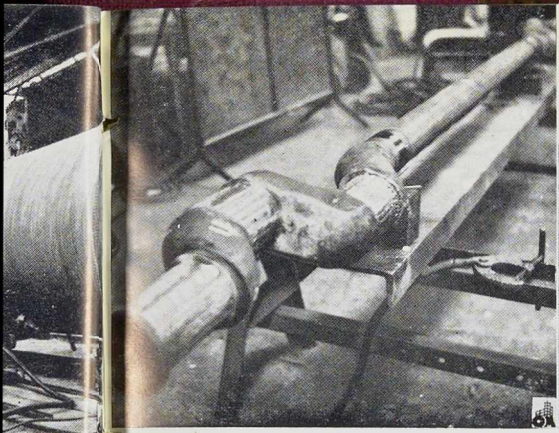


Fig. 560. Rechargements de tourillons d'arbres coudés.



Fig. 561. Recharge à l'arc d'une denture d'engrenage.

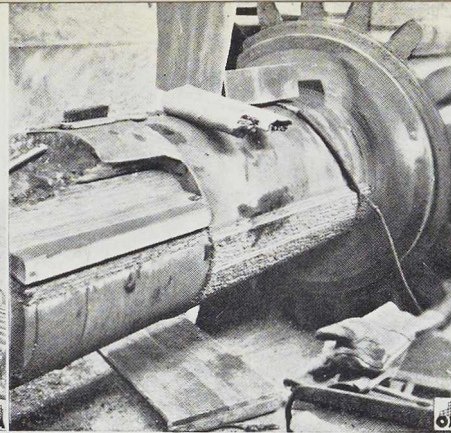


Fig. 562. Remise en état d'un bout d'arbre de laminoir.

et judicieux de la radiographie permet maintenant de surveiller et conserver les critères de haute qualité obtenus pour les cordons soudants.

La technique opératoire en radiographie fait désormais l'objet d'une activité industrielle importante et l'interprétation des photographies prises aux rayons X constitue à elle seule une toute nouvelle branche des soudo-techniques.

Cette évolution caractéristique des méthodes de contrôle et l'amélioration considérable de la qualité du travail qui en est résultée se doit d'être citée comme un progrès typique de ces dernières années.

On remarquera aussi que si certaines applications intéressantes sont maintenant citées à l'actif des rayons « gamma », leur utilisation n'en reste pas moins exceptionnelle (1) et localisée aux recherches sur les très fortes épaisseurs dépassant la dizaine de centimètres. C'est dire que la radiographie est d'usage beaucoup plus général tant en charpente qu'en chaudronnerie où pratiquement tous les défauts géométriques de compacité et de continuité sont décelables entre 8 et 100 mm.

### Rechargements

Si la technique même des rechargements homogènes ou anti-usure est déjà ancienne et bien connue on constate cependant qu'une transformation importante s'est dessinée et se poursuit encore actuellement. Elle est due aux progrès constants de la métallurgie des alliages résistants au frottement, à l'abrasion et autres formes d'usure. Si la solution du problème théorique de ce phénomène n'a pas beaucoup évolué, on a, par contre, répondu aux besoins pratiques par une gamme toujours plus étendue de métaux de rechargement tant ferreux que non ferreux.

Par des méthodes combinées de soudure et de

(1) Une application pratique de ce procédé de contrôle par rayons  $\gamma$  a été décrit dans *L'Ossature Métallique*, numéro 12-1947, pages 495 à 500, en ce qui concerne la bathyscaphe des professeurs Piccard et Cosyns.

brasure tant à l'arc qu'au chalumeau, on est maintenant arrivé pratiquement à présenter une solution intéressante à tous les problèmes qui se présentent en pratique.

Disposant tant en soudure qu'en brasure d'une gamme complète de baguettes d'apport ou d'électrodes couvrant toute la série des duretés désirables entre 150 et 650° Brinell, on pourrait même dire que l'aspect le plus délicat de la question consiste dans le choix judicieux du métal à déposer.

Si les produits courants sont bien connus, surtout par le chiffre de la dureté qu'ils permettent d'obtenir, nous citerons d'autres nuances qui se développeront certainement dans l'avenir et par exemple :

a) Aciers spéciaux au chrome :

Fe	:	86,96 %	Mn	=	4,13 %
C combiné	:	0,15 %	Si	=	1,27 %
Cr	:	6,72 %	C	=	0,81 %

b) Acier à haute teneur en Cr :

Fe	=	58,50 %	Mn	=	8,00 %
C	=	2,00 %	Si	=	2,00 %
Cr	=	29,50 %			

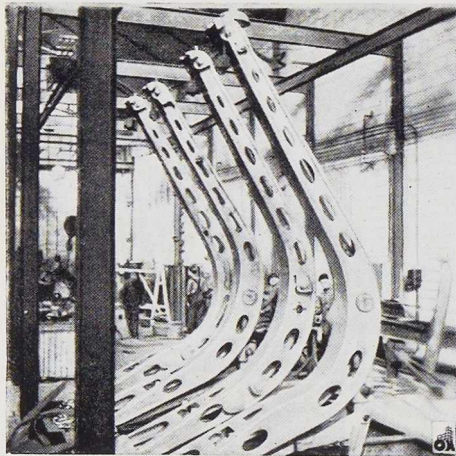
c) Acier au chrome-nickel :

Fe	=	51,50 %	Ni	=	10 %
C	=	2,00 %	Si	=	4,75 %
Cr	=	31,75 %			

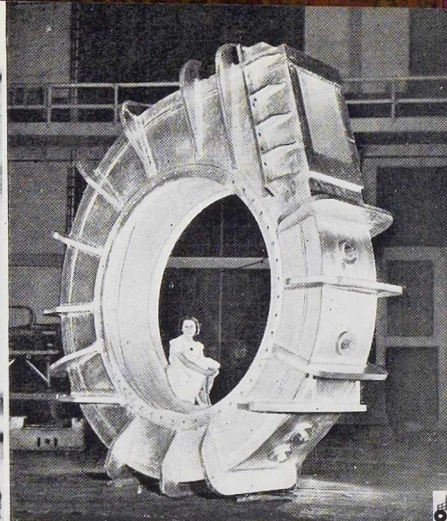
Comme on peut s'en rendre compte, on a recours en quelque sorte à des fontes blanches spéciales dont les essais sont bien souvent encore en cours, en vue d'en préciser les domaines d'applications.

Des possibilités étendues en rechargement sont aussi assurées aux alliages de Cr-Mo-Tu-Fe ou Cr-Mn-Fe ainsi qu'aux alliages non ferreux à base de Cr-Co-Mo-Tu, dont on peut tirer des duretés extrêmement élevées même aux hautes températures.

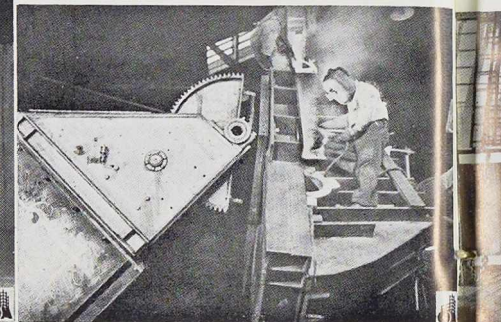
La technique des rechargements a ainsi pris un essor encore insoupçonné avant la guerre et la production de métaux d'apport « anti-usure »



**Fig. 563.** Construction soudée de daviers pour navire.



**Fig. 564.** Bâti soudé, réalisation américaine récente.



**Fig. 565.** Travail sur manipulateur automatique.

constitue donc une méthode rationnelle de lutte contre ce phénomène pernicieux. Il est donc particulièrement utile de savoir que l'on est bien armé pour vaincre avec succès les usures de tous genres par frottement, chocs, abrasion, etc.

#### Montages et manipulateurs

L'organisation méthodique du travail en atelier et une manipulation plus facile des pièces à souder ont constitué deux objectifs importants pour les services d'exécution. En effet, le rendement des travaux de soudage est en grande partie une fonction directe des temps morts pendant lesquels le soudeur attend ses pièces, les déplace, les retourne, les redresse, etc.

Si, par une conception préalable d'un montage rationnel situé dans un plan de fabrication coordonné, on peut arriver à faciliter le travail de l'opérateur au point d'en obtenir une cadence régulière de production, on diminuera notablement sa fatigue, tout en obtenant une production plus élevée en quantité et meilleure en qualité.

Les montages les plus simples sont souvent les meilleurs, encore faut-il que les accessoires qui les équipent et en particulier les clames, soient d'un usage vraiment pratique et approprié au travail à effectuer.

Les montages tournants ont aussi pris une extension considérable pour faciliter et améliorer la soudure de toutes les pièces cylindriques et il nous faut signaler aussi les petits manipulateurs (en anglais « positioners ») à aimant permanents, sortes de « mains magnétiques » qui permettent d'ajuster correctement les pièces d'importance moyenne dans un petit montage tubulaire sur lequel le travail de soudage est alors exécuté avec grande facilité, sans avoir besoin d'un aide pour tenir les éléments à assembler.

Il est évident que lorsqu'on a attaché toute son attention à la construction de montages, de

manipulateurs et de gabarits, il est indispensable de contrôler le résultat effectivement obtenu dans l'amélioration du rendement en soudage.

A ce point de vue, il faut signaler que des relevés assez précis sont facilement faits pour les travaux de soudure dont la plupart des éléments du prix de revient sont liés directement entre eux. Il est facile de relever les temps, les débits ou les consommations de courant électrique et de gaz, les quantités d'électrodes ou de métaux d'apport, etc. et l'on obtient ainsi des statistiques très précieuses qui confirment rapidement la valeur de l'organisation du travail que l'on a conçue.

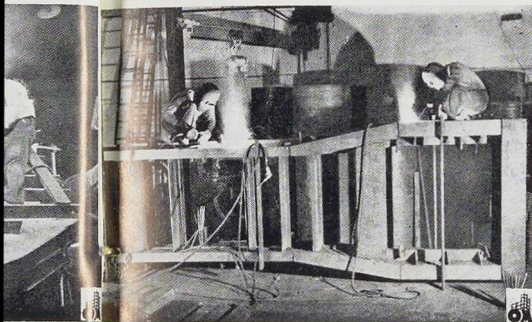
L'importance de la documentation relative à ces considérations montre nettement que son rôle est devenu primordial et qu'il n'est plus possible de se contenter des approximations sommaires dont on se contentait encore il y a dix ans. Il y a là une évolution caractéristique dans une plus juste mesure des données des travaux de soudage et il s'est avéré que ce contrôle du rendement technique et économique constitue une sérieuse économie par rapport aux travaux effectués sans organisation ni surveillance méthodique.

#### Construction des bâtis

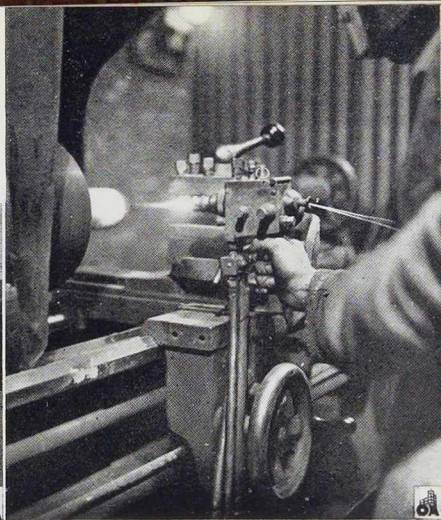
Des exemples de plus en plus nombreux de bâtis de machines réalisés par oxycoupage et soudage montrent nettement que les constructeurs de diverses catégories de machines-outils trouvent un intérêt direct à remplacer les moulages par ces nouvelles conceptions.

Evidemment, cette transformation éventuelle d'une fabrication dépend d'un grand nombre de facteurs, répartition des efforts, nombre de pièces à réaliser, outillage et main-d'œuvre disponible, etc., mais il est un fait que de plus en plus on voit réaliser d'importants bâtis de puissantes machines : cisailles, presses, raboteuses, certains

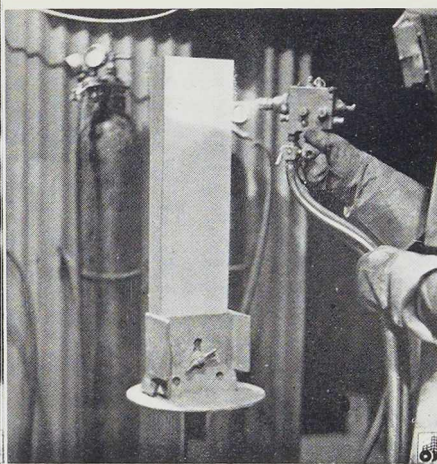




**Fig. 566.** Construction soudeée d'un grand bâti.



**Fig. 567.** Métallisation des arbres usés.



**Fig. 568.** Plombage au pistolet de charpente.

tours spéciaux, foreuses, machines à souder par résistance, etc., aux dépens de tôles fortes découpées au chalumeau et généralement assemblées par soudure à l'arc.

Les bureaux d'études qui mettent au point de pareilles conceptions doivent certainement faire appel à une documentation toute spéciale pour adapter judicieusement les formes anciennes aux possibilités nouvelles des moyens mis en œuvre, mais les résultats obtenus montrent à l'évidence que l'orientation prise est féconde.

#### Métallisation

Ce procédé oxyacétylénique, utilisé à l'origine pour assurer la protection de certains métaux par une couche d'un autre métal résistant mieux à la corrosion, a trouvé un nouveau et important domaine d'application sous forme de travaux de rechargement destinés à résister au frottement.

Toute une technologie spéciale a été mise récemment au point pour permettre un excellent accrochage du métal projeté au pistolet sur des pièces de mécanique ayant souffert de l'usure.

Dans les ateliers d'entretien, on a obtenu des résultats de plus en plus satisfaisants par un choix judicieux de la qualité du fil servant au rechargement; en particulier, l'usage intensif d'un acier inoxydable au chrome-nickel a permis d'obtenir des recharges à la fois dures et résistant bien à la corrosion.

Différents modes de préparation ont été éprouvés avec succès et une méthode dérivée de la soudure à l'arc a permis d'obtenir des surfaces rugueuses parfaitement appropriées à un excellent accrochage du métal projeté.

La réparation des défauts, soufflures, cavités en vue de leur métallisation spécialement dans le cas des pièces de fonderie a aussi fait l'objet de recherches et de prescriptions technologiques

qui assurent la réussite de cette intéressante opération.

Dans le domaine de la protection contre la corrosion, nous devons aussi signaler les progrès réalisés par l'alumétisation, ou protection de l'acier contre la chaleur, grâce à la projection au pistolet d'une couche d'aluminium traitée ensuite spécialement pour obtenir une calorisation.

D'intéressantes recherches métallographiques ont montré la qualité du résultat obtenu par cette sorte de cémentation à l'aluminium.

#### Soudage de tuyauteries

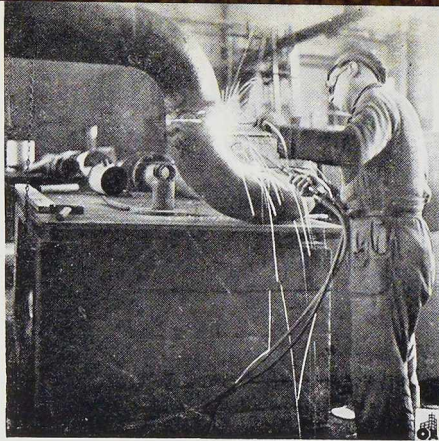
Ce domaine d'application des divers procédés de soudage est particulièrement vaste et il est de mieux en mieux connu. Il se caractérise surtout par la généralisation que l'on pourrait qualifier de massive de la soudure oxyacétylénique et de la soudobrasure.

Les recherches ont surtout porté sur le perfectionnement des modes opératoires et notamment l'emploi de la soudure en arrière, l'utilisation des raccords soudables, des bagues à braser et des outillages destinés à faciliter le travail des monteurs.

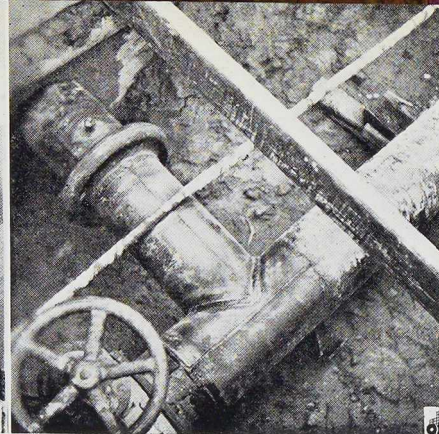
Comme ces progrès sont rapidement connus et appliqués dans une branche industrielle particulièrement réceptive aux nouveautés, nous n'y insisterons pas, mais nous devons de ne pas oublier que les tuyauteries, conduites et canalisations constituent plus que jamais un domaine où la soudure connaît un essor considérable et incontesté.

#### Traitements thermiques

Si la technique classique du préchauffage continue à être logiquement appliquée pour résoudre quantité de problèmes délicats, soit au point de vue de la dilatation et du retrait, soit pour remédier aux phénomènes de transformation



**Fig. 569.** Soudure au chalumeau de tuyauteries à pression.



**Fig. 570.** Canalisations urbaines soudées au chalumeau.



**Fig. 571.** Exécution d'une pièce d'épreuve au chalumeau.

physicochimique de la constitution de certains métaux sensibles au refroidissement rapide qui accompagne la soudure; par contre, on est complètement revenu des traitements thermiques complexes après soudage au sujet desquels on s'était engagé beaucoup trop loin.

Par une étude raisonnée des conditions intrinsèques du régime soudo-thermique et une répartition uniforme des cordons soudants, on évite, dans une large mesure, les phénomènes auxquels on voulait remédier par un traitement thermique ultérieur et celui-ci devient, par conséquent, totalement inutile. Il est démontré que tout abus du recuit après soudure est souvent plus nuisible qu'utile et qu'il ne s'impose en tout cas pas dans la grande majorité des travaux de constructions métalliques.

Même dans la très grosse chaudronnerie de réservoirs à pression, où le traitement de détente semble le plus indiqué, on lui préfère souvent une technique rationnelle de préchauffage localisé et cette évolution fondamentale se doit d'être notée pour ne pas refaire l'erreur qui a consisté dans la construction d'énormes fours de traitements thermiques, dont l'usage s'est avéré si décevant.

Par contre, on prêterait toute l'attention voulue aux nouvelles méthodes de relaxation des tensions par traitement localisé au chalumeau, dont de tous récents essais semblent particulièrement encourageants et dont on poursuit l'étude dans nos laboratoires.

En constructions mécaniques, on se doit de noter une évolution analogue, un peu moins marquée toutefois, les possibilités pratiques de traitement étant de réalisation plus facile par suite de la compacité relative des ensembles constructifs dans ce domaine.

#### **Qualification des soudeurs**

On s'est vivement préoccupé d'établir des épreuves appropriées à la sélection des soudeurs

en fonction de la qualité du travail à réaliser. En effet, la qualification de la main-d'œuvre joue en soudure un rôle important et le contrôle de ce facteur s'avère nécessaire dès que l'entreprise est suffisamment importante. On est maintenant arrivé à concevoir une série d'éprouvettes dont les essais, et notamment la rupture en vue de déterminer la texture ou la radiographie en cas de soudure à l'arc, fournissent une base d'appréciation certainement utile.

A cette fin, on exécute en général une soudure bord à bord de tôle épaisse (8 à 10 mm) dont on fait l'examen aux rayons X ou dont on tire des éprouvettes rectangulaires que l'on casse ou que l'on plie pour en déterminer la texture.

Il serait cependant dangereux de vouloir généraliser le contrôle et la surveillance d'une main-d'œuvre extrêmement nombreuse et de niveaux de qualification très variables par un ensemble de prescriptions nécessairement complexes.

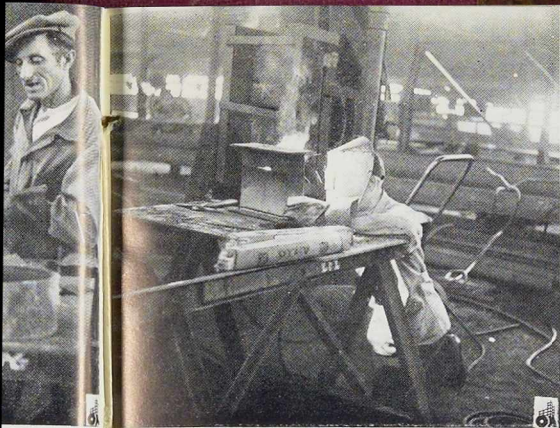
Il apparaît nettement que la question est très complexe et si tout doit être fait pour améliorer le niveau du personnel par un enseignement poussé et une formation étendue, il faut, par contre, éviter d'introduire dans le libre exercice d'une profession des prescriptions ou même des entraves qui n'existent dans aucune autre. Il y a donc une très grande différence entre les épreuves d'aptitude à un travail déterminé dont le contrôle se justifie à l'occasion de l'entreprise considérée et l'introduction d'une surveillance générale et répétée, alors que pareille sujétion n'existe dans aucun corps de métier.

#### **Constructions navales**

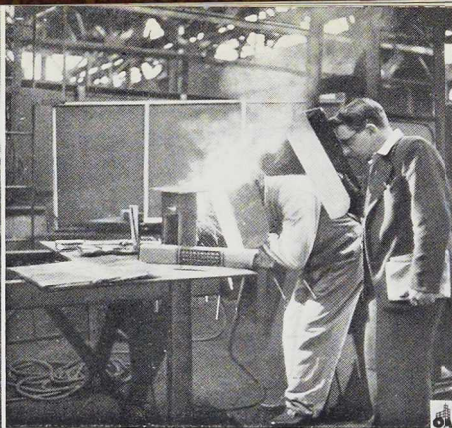
Après tout ce qui a été dit et écrit sur la construction soudée des navires américains, il ne reste qu'à rappeler que cette transformation profonde des méthodes d'assemblage s'est faite en constructions navales en un temps record.

Si des incidents ont marqué cette évolution, ils ont cependant été rapidement maîtrisés et

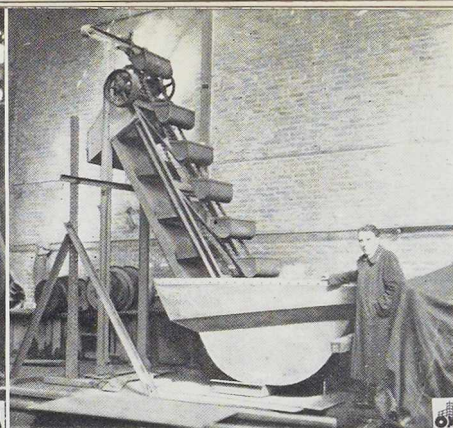




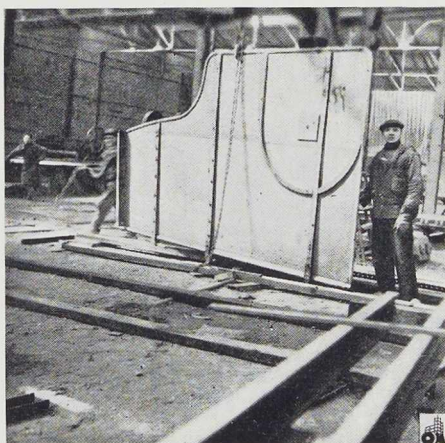
**Fig. 572.** Exécution d'une pièce d'épreuve à l'arc.



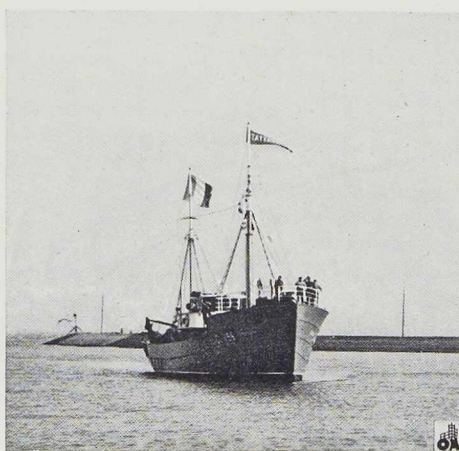
**Fig. 573.** Contrôle de la main-d'œuvre.



**Fig. 574.** Construction soudeée d'une drague.



**Fig. 575.** Gouvernail soudé à l'arc et formé au chalumeau.



**Fig. 576.** Navire construit par oxy-coupage et soudure à l'arc.

c'est avec sûreté que l'on s'engage maintenant vers la construction entièrement soudée, ou presque, suivant des conceptions toutes nouvelles.

Les méthodes de montage se sont aussi perfectionnées dans des proportions inattendues et le monde entier a trouvé un profit considérable en s'en inspirant pour l'ensemble de leurs travaux de soudage.

La construction navale soudée constitue maintenant une référence de premier ordre et les solutions qu'on y a trouvées sont susceptibles de résoudre également bien des difficultés en charpente et en chaudronnerie.

On mentionnera tout spécialement l'application de la soudure électrique automatique à l'aide de machines à arc submergé qui a également fait ses preuves ces derniers temps dans les branches considérées.

### Conclusion

Bien des perfectionnements de détails ont encore été apportés dans de multiples domaines, par exemple, dans l'outillage, mais il n'est pas possible de s'y attarder.

Par contre, l'évolution des grandes disciplines dont nous avons esquissé quelques étapes marquantes est nettement plus lente et les efforts nécessaires pour aider au développement du progrès sont parfois considérables. Une vue d'ensemble des orientations y est donc très utile; elle permet de dégager ce qui doit être étudié en détails et soumis à des recherches d'autant plus fructueuses que l'on aura suivi une indication générale basée déjà sur une large expérience. Nous espérons avoir fourni de semblables éléments pour les diverses soudo-techniques passées en revue dans cet aperçu relatif aux progrès réalisés au cours de ces quelques dix dernières années: l'on pourra ainsi adopter les principes nouveaux au mieux des besoins et en fonction des caractéristiques particulières à chaque entreprise de constructions métalliques ou mécaniques.

E. H.

# Application des charpentes tubulaires en Italie

par U. Biffignandi,

Ingénieur à la S. A. Dalmine (Italie)

La revue *L'Ossature Métallique* a publié dans le numéro 4-1947 un article qui a mis en évidence les vastes possibilités d'application du tube d'acier dans les charpentes et a donné quelques exemples de constructions déjà réalisées. Pour répondre à l'intérêt suscité par ces applications, nous avons

cru utile d'ajouter quelques données et une description plus détaillée des constructions tubulaires de quelques halls de la Foire de Milan et d'un hangar industriel en shed construit par la S. A. Dalmine pour la Société Tessraion de Cadorago (Milan).

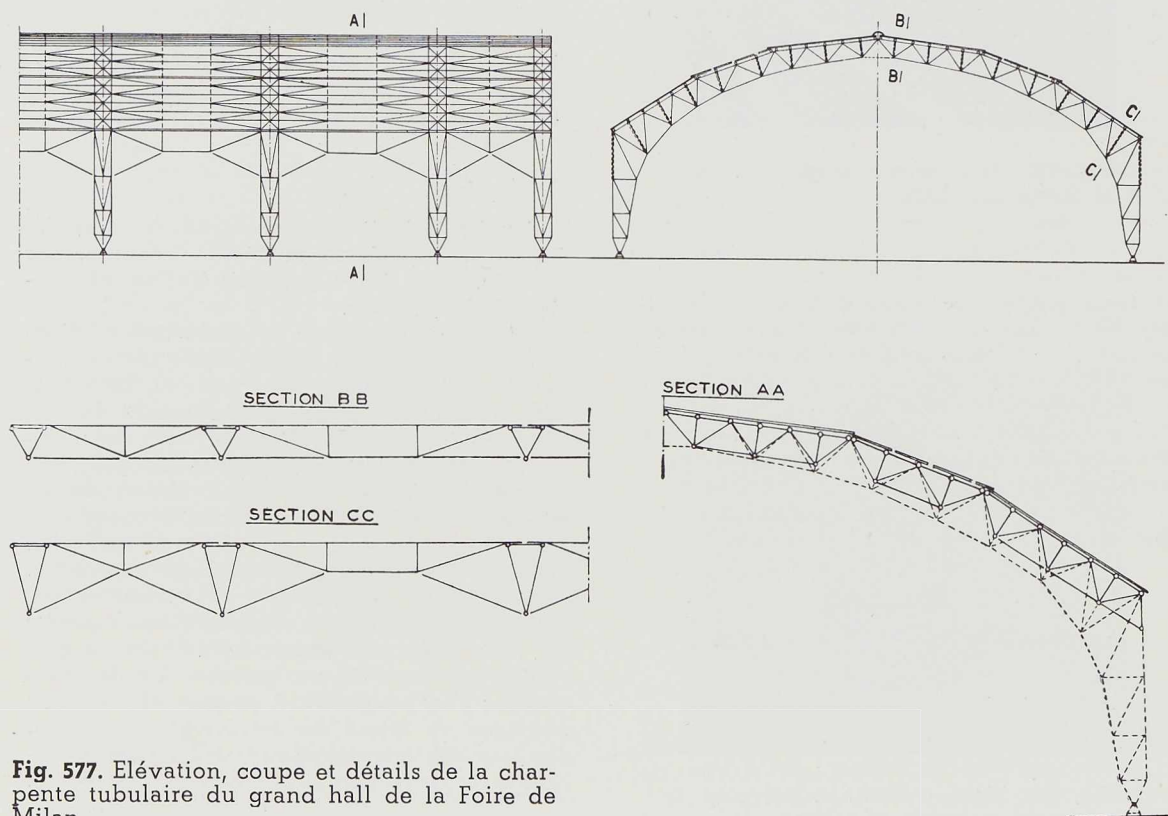


Fig. 577. Elévation, coupe et détails de la charpente tubulaire du grand hall de la Foire de Milan.





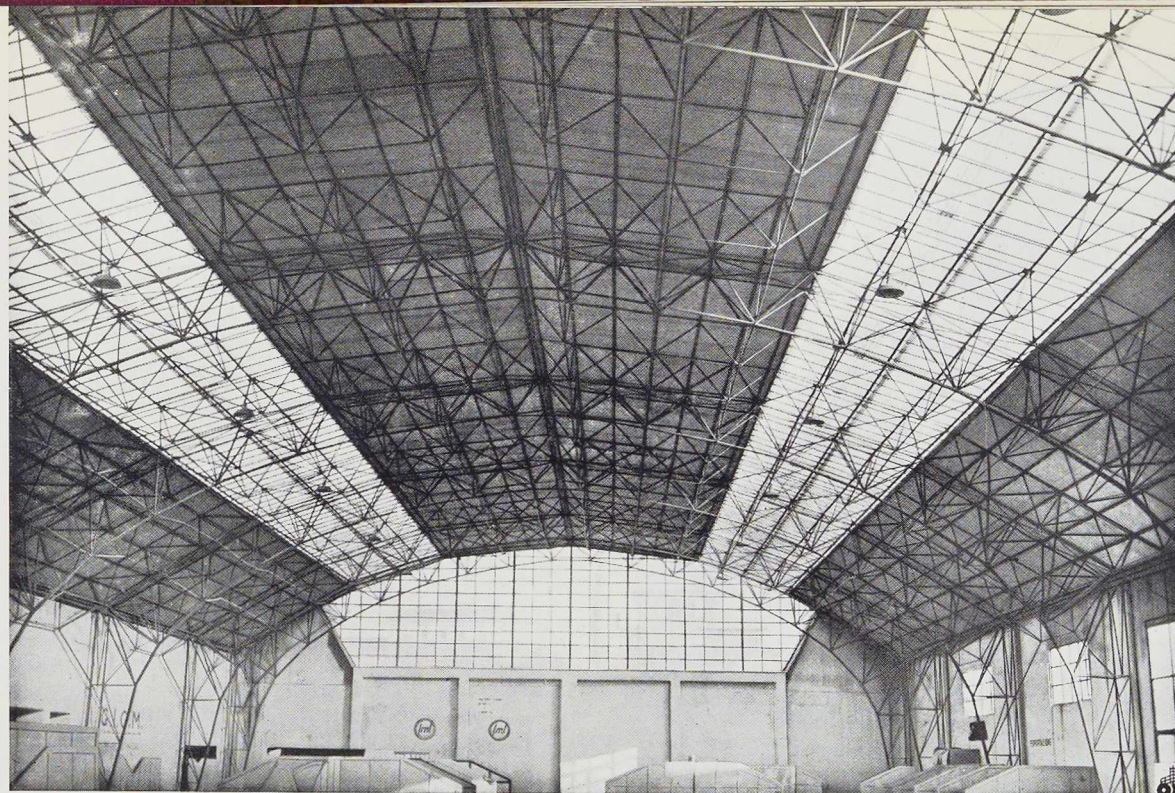


Fig. 578. Vue intérieure du grand hall de la Foire de Milan.

### Pavillons de la Foire de Milan

#### 1° Caractéristiques de construction

Les halls de la Foire de Milan, le hall de la Chimie et le Pavillon des Sports ont été entièrement réalisés avec des éléments tubulaires du type étiré à section circulaire.

Le matériau utilisé pour les éléments portants était un acier soudable à 0,3 % de carbone, ayant les caractéristiques suivantes : résistance à la rupture : 55-65 kg/mm<sup>2</sup>; limite élastique : 36 kg/mm<sup>2</sup>; allongement : 20 %.

Pour les barres secondaires et pour les barres de treillis, on a utilisé de l'acier à 0,2 % de carbone, ayant les caractéristiques mécaniques suivantes : résistance à la rupture : 35-45 kg/mm<sup>2</sup>; limite élastique : 24 kg/mm<sup>2</sup>; allongement : 30 %.

Le système portant se compose d'arcs à trois rotules ayant une ouverture maximum de 28<sup>m</sup>00, espacés de 8<sup>m</sup>90 d'axe en axe et reliés entre eux par les pannes de la couverture et des portiques latéraux (fig. 577). Le toit est raidi par un solide contreventement disposé de chaque côté de l'arc, jusqu'à leur rencontre avec les portiques latéraux. Une vue d'ensemble de la construction est donnée à la figure 578.

Les caractéristiques particulières des arcs rési-

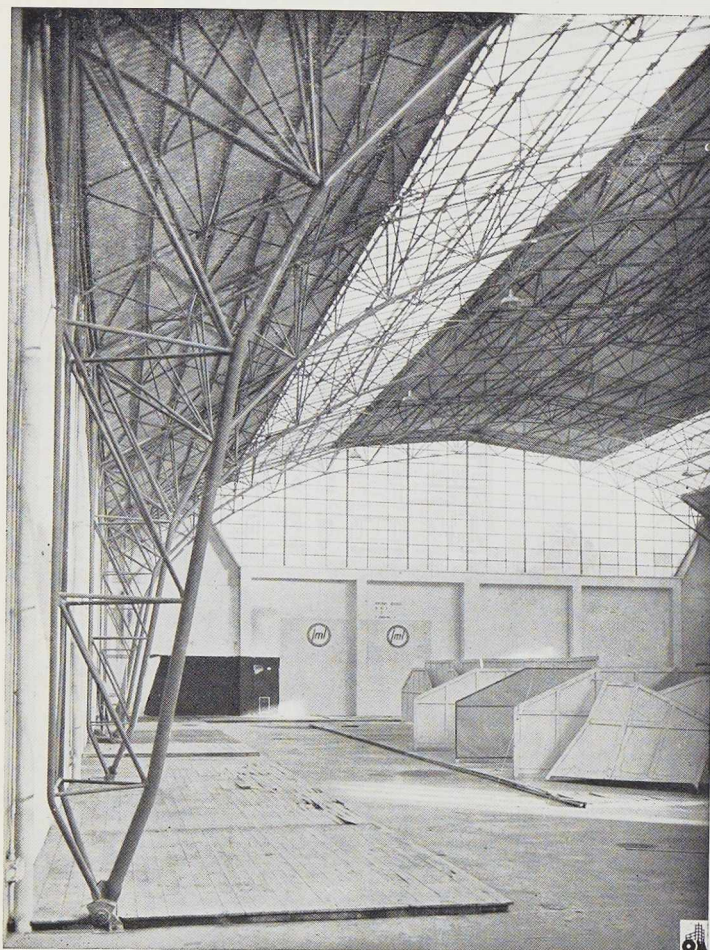
dent dans la disposition triangulaire des treillis présentant le sommet vers le bas.

Les deux tubes qui constituent les membrures supérieures et qui sont généralement soumis à des efforts de traction sont reliés entre eux au moyen de barres de contreventement soudées directement aux membrures, tandis que le tube qui constitue la membrure inférieure, généralement comprimée, est assemblée aux membrures supérieures par des treillis, soudés eux aussi directement à ces membrures.

La disposition décrite ci-dessus, qui exige un treillis dans trois plans non perpendiculaires, ne peut être réalisée qu'avec les tubes.

Une autre caractéristique est donnée par l'emploi pour la membrure de tubes à sections variables. Il a été possible de faire varier la section du tube selon les efforts sollicitants, sans recourir à des assemblages.

L'avantage de la disposition en triangle avec la membrure inférieure unique par rapport à la solution prévoyant une disposition carrée ou rectangulaire réside dans l'élimination des contreventements des membrures inférieures ainsi que des croisements transversaux. Il en résulte une économie de matière assez sensible. Une telle économie est due non seulement à l'avantage que présentent les sections circulaires par rap-

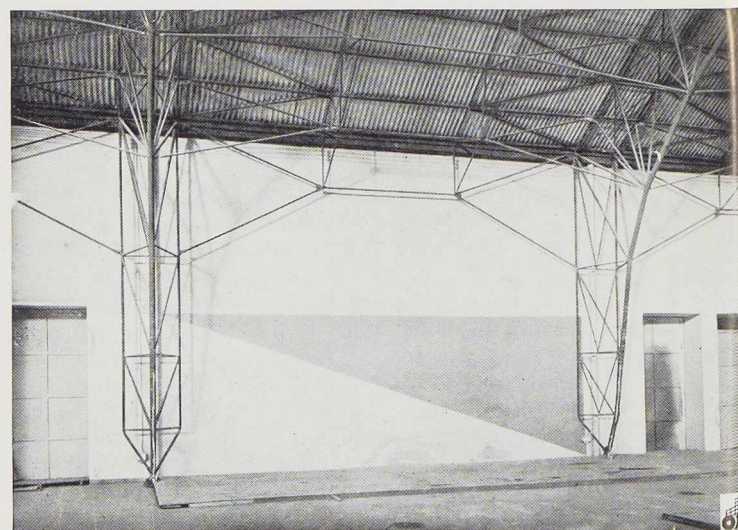


**Fig. 579.** Montant de l'arc à trois rotules du système portant.

port aux autres sections des profilés, mais aussi au fait que la membrure soumise à une faible charge devrait nécessairement avoir un diamètre supérieur et, par conséquent, un moment d'inertie supérieur. Il s'en suit que la section de la barre, et par conséquent son poids, seront inférieurs à la section et au poids des deux barres nécessaires dans les solutions carrées ou rectangulaires.

En d'autres termes, puisque la sollicitation admissible dans un solide soumis à flambage augmente avec la diminution du coefficient d'élançement, c'est-à-dire du rapport entre la longueur de la barre et le rayon de giration de

**Fig. 580.** Vue de la poutraison reliant les arcs principaux.



la section, il y a gain de poids chaque fois qu'il est possible de concentrer dans une barre unique une charge provenant de plusieurs barres.

Tous les avantages énumérés ci-dessus sont de loin supérieurs aux inconvénients dus à l'augmentation de longueur et d'effort qu'entraîne cette solution.

Les trois brides sont réunies aux rotules à la clé et aux naissances par de solides goussets soudés à l'arc électrique. Les rotules ont été réalisées au moyen de pivots en acier à haute résistance.

La poutraison supportant la couverture a été réalisée suivant deux types différents : en treillis et en tubes simples (se composant d'un seul tube à section circulaire). La poutraison en treillis sert également de raidisseurs aux membrures inférieures. Dans le sens latéral, les arcs sont réunis entre eux au moyen de portiques; ceci en vue de transmettre le plus près possible aux rotules de pied la poussée que le vent exerce sur les parois transversales du pavillon. La rigidité du portique est assurée par des barres qui les relient à la poutraison et aux contreventements de la toiture. Les contreventements sont réalisés au moyen de barres tubulaires rigides mais de faible poids.

Les éléments du treillis des arcs sont soudés directement aux brides, tandis que d'autres assemblages sont obtenus au moyen de goussets soudés et d'extrémités tubulaires aplaties et munies de trous.

La couverture est réalisée au moyen de panneaux ondulés en fibro-ciment ou en aluminium, fixés aux poutres à l'aide de petits crochets.



## 2° Hypothèses de charge et sollicitations unitaires de l'acier

En dehors du poids propre de la couverture et de la charpente tubulaire, il a été prévu une surcharge de neige de  $75 \text{ kg/m}^2$  ainsi qu'une pression exercée par le vent de  $100 \text{ kg/m}^2$  de surface. La charpente tubulaire a été calculée pour tenir compte d'un effort maximum se produisant dans les deux hypothèses suivantes : a) charge maximum verticale sur toute la couverture sans pression du vent; b) charge maximum verticale sur la moitié du toit avec la moitié de la pression du vent poussant sur la moitié chargée.

Le taux de travail pour les aciers, à  $55-65 \text{ kg/m}^2$  de charge de rupture, a été fixé à  $25 \text{ kg/mm}^2$ . Pour les aciers ayant une charge de rupture de  $35-45 \text{ kg/mm}^2$  le taux de travail est de  $16 \text{ kg/mm}^2$ . Ces taux de travail admissibles représentent les deux tiers de la limite élastique.

Le fait d'avoir employé pour les barres principales du treillis de l'acier à haute résistance a permis de réaliser une économie notable de matière.

Les barres principales ont été calculées au flambage par la formule de Tetmejer, tandis que

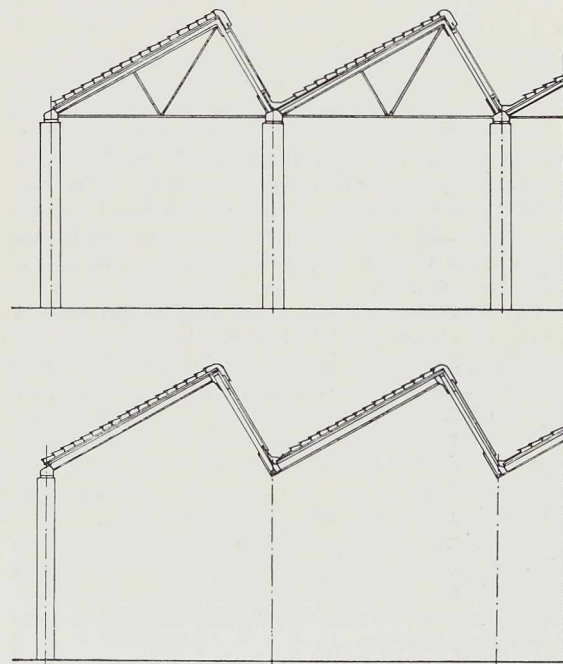


Fig. 581. Vue intérieure de la couverture en shed réalisée en construction tubulaire.

les barres secondaires (contreventements et treillis divers) ont été calculés par la formule d'Euler. Le poids total de la construction est de l'ordre de  $17 \text{ kg/m}^2$ , ce qui est un chiffre très bas, étant donnée l'importance de l'ouvrage.

### Hangars en shed

Le hangar en shed représenté à la figure 583 mesure  $26^{\text{m}}12 \times 171^{\text{m}}36$  et a été réalisé sans appuis intermédiaires. Il se compose de 36 sheds de  $5^{\text{m}}04$  chacun. Pour son exécution, on a utilisé

Fig. 582. Sections à travers un hangar en shed.

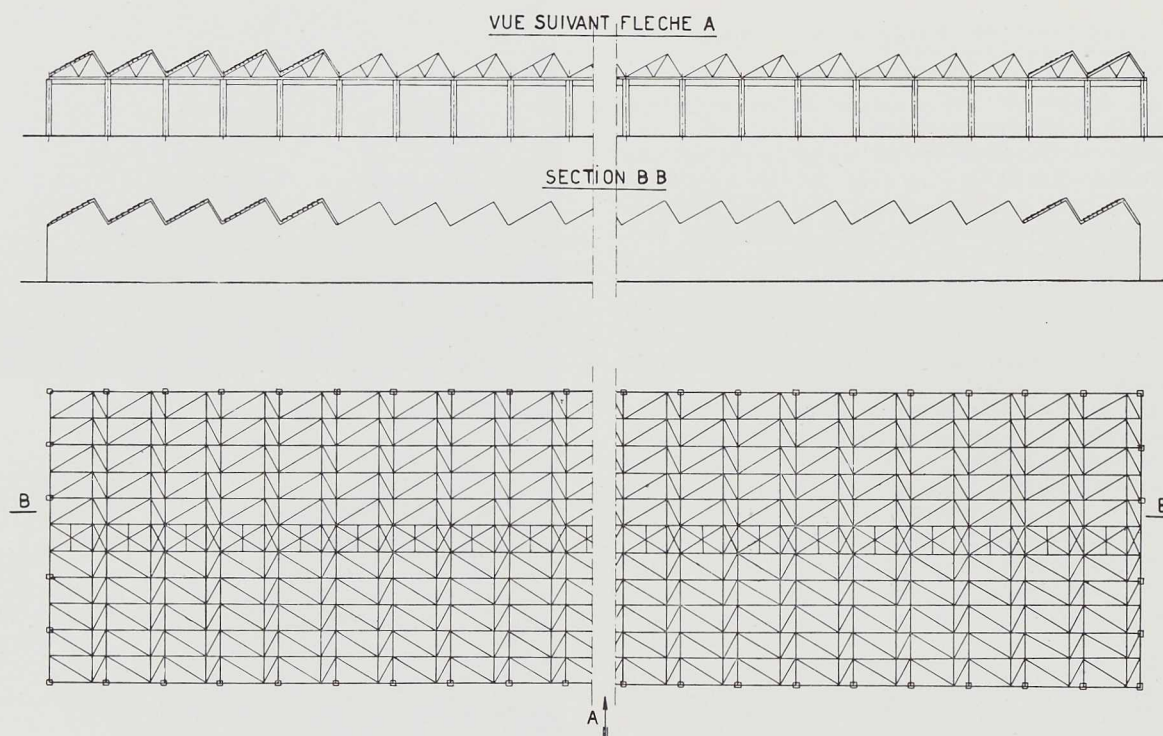


Fig. 583. Plan et sections d'un hangar en shed.

des tubes à haute résistance, pour la plupart à section carrée ou rectangulaire. Chaque shed se compose d'une couverture de 26<sup>m</sup>12 de largeur, sans appuis intermédiaires. Ce résultat a été obtenu en assemblant deux poutres en treillis, inclinées et d'ouverture égale à la largeur submentionnée, placée chacune dans les deux bords du shed. Ces poutres s'appuient aux extrémités sur de petites fermes réalisées elles aussi en tubes carrés. Les fermes prennent appui sur des piliers en béton armé.

La poutre inclinée à 60° qui soutient les vitraux de la toiture est entièrement composée de tubes carrés ou rectangulaires. Tous les assemblages ont été réalisés par soudure à l'arc électrique. La même disposition a été adoptée pour la poutre à 30°. Les montants de cette poutre soutiennent la couverture et sont reliés aux brides des poutres à 60° au moyen de goussets soudés pendant le montage.

Les diagonales, également en tubes à section ronde, ont été assemblées par boulons.

Le hangar en shed a été calculé pour une surcharge de neige de 100 kg/m<sup>2</sup> de surface couverte; en y ajoutant le poids propre de la couverture, des hourdis creux, du plafond et des vitrages ainsi que le poids de la charpente, on atteint une charge moyenne d'environ 250 kg/m<sup>2</sup> de surface couverte.

Toute la construction a été réalisée en acier à haute résistance dont le taux de travail a été fixé à 24 kg/mm<sup>2</sup> soit les deux tiers de la limite élastique. Le poids de la construction, y compris les tubes rectangulaires portant les châssis (mais non compris les châssis eux-mêmes) se situe aux environs de 24 kg/m<sup>2</sup> de surface couverte. Les tubes à section rectangulaire sont obtenus par étirage à chaud de tubes ronds normaux.

Les aciers à haute résistance permettent de réaliser des solutions particulièrement simples et économiques lorsqu'on se trouve dans le cas de constructions soumises en même temps à flexion et compression.

U. B.



# L'École de Médecine vétérinaire de l'Université de Gand

En 1938, le Ministère de l'Instruction publique a décidé de construire une clinique pour grands animaux domestiques à l'École de Médecine vétérinaire, à Gand.

L'étude et la construction des bâtiments furent confiés à l'ingénieur-architecte Auguste Desmet, professeur d'architecture et d'urbanisme à l'Université de Gand.

La nouvelle école est située dans le beau cadre du parc de l'ancien Casino d'une superficie d'environ 2 hectares, délimité par la Coupure, la rue des Thérésiennes et la rue du Casino. L'architecte, qui a eu recours à un groupement de pavillons séparés, a réalisé un ensemble très réussi, tant du point de vue architectural que fonctionnel.

## Dispositions générales

Adossé par sa façade Nord à la rue des Thérésiennes, le plus important des pavillons, clinique et hospitalisation des grands animaux, couvre une superficie de 3.500 mètres carrés; du côté Sud, ce bâtiment se termine par une aile basse ne comportant qu'un rez-de-chaussée et réservé

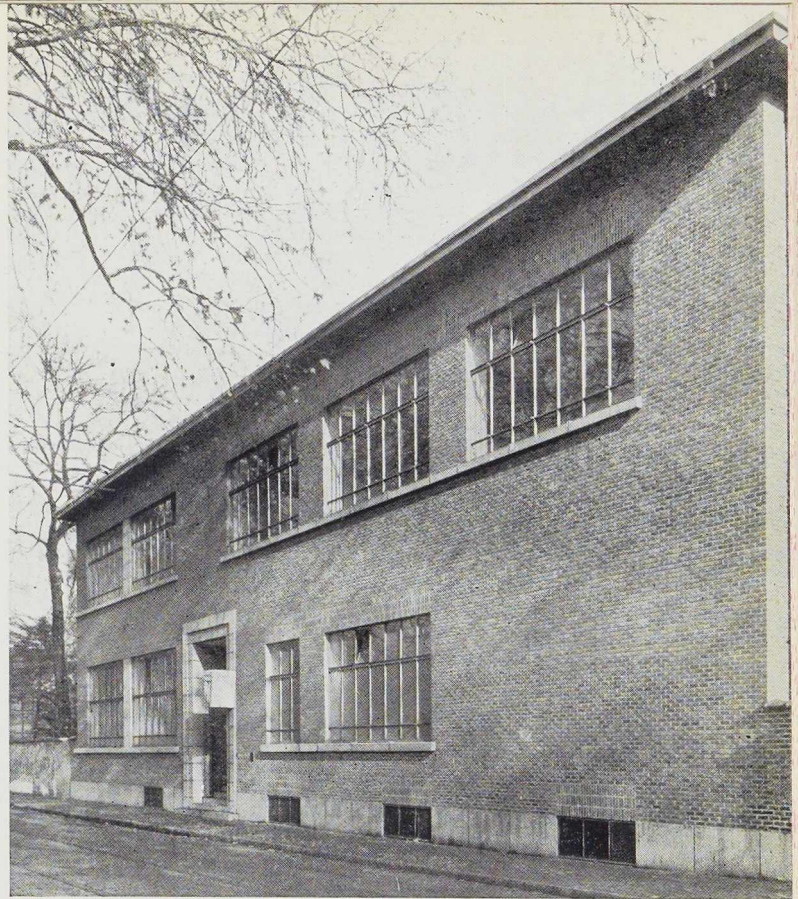


Photo Sergysels. Cliché Technique des Travaux.

Fig. 584. Clinique des petits animaux.

à l'hospitalisation des petits animaux dont la clinique est toute proche.

L'Institut d'anatomie et de biologie a été reporté vers la rue du Casino, à proximité de la future entrée principale.

A l'extrémité gauche du terrain, en partie dans les bâtiments existants, sont installés les Instituts de bactériologie, de pharmacodynamie et de parasitologie.

## Ossature métallique

Tous les bâtiments ont été érigés avec une ossature en acier.

La construction du bâtiment comprenait trois phases :

- 1° Fondations et ossature métallique;
- 2° Gros œuvre;
- 3° Parachèvement.

Après adjudication, la première phase fut confiée aux Entreprises *Gentsche Bouwwerken* avec comme sous-traitant pour l'ossature métallique la Société Coopérative *Métalunion* à Gentbrugge Nord.

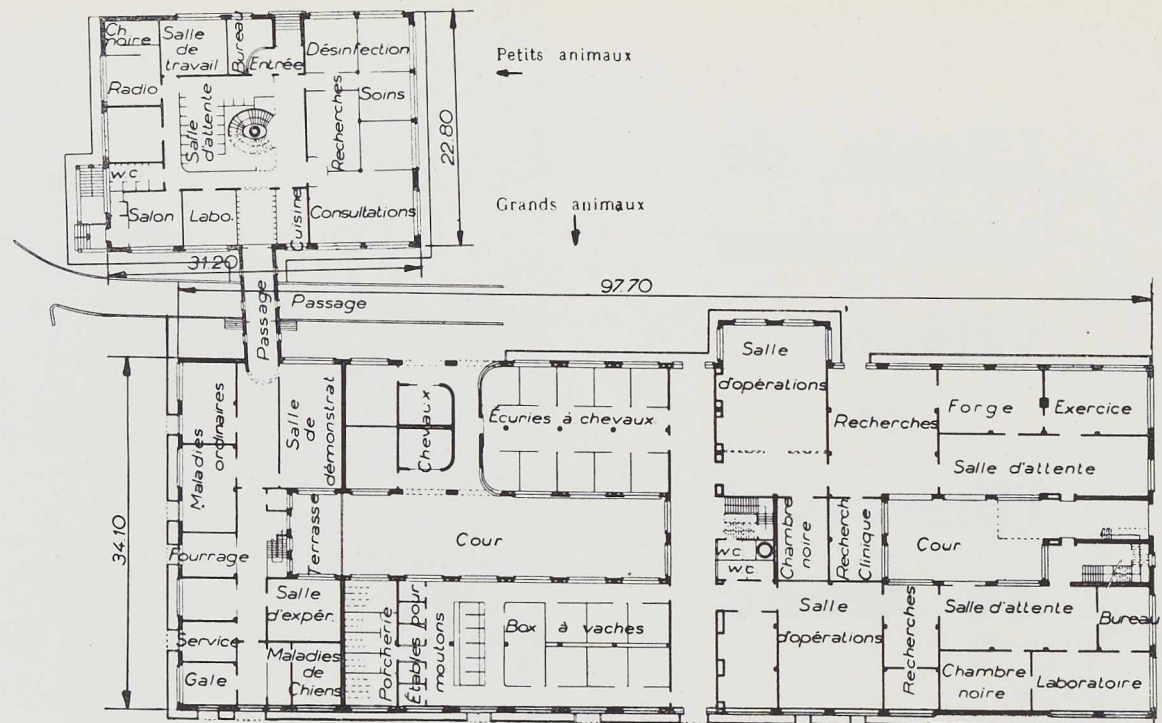


Fig. 585. Plan du rez-de-chaussée de la clinique des grands et petits animaux.

La deuxième phase (gros œuvre, menuiserie et béton armé) a été exécutée par les Entreprises De Gezelle à Gand.

La troisième phase fut confiée aux Entreprises R. Wijckaert à Gand.

Etant donné la rapidité de l'exécution et la facilité de transformation, l'architecte adopta une ossature métallique sur fondations et pieux de béton armé.

Le bâtiment, d'une longueur de 97<sup>m</sup>20 d'axe en axe des colonnes extrêmes, d'une largeur de

33<sup>m</sup>60 d'axe en axe des colonnes, comprend, dans le sens de la longueur, 18 travées de 5<sup>m</sup>40 et en largeur 4 travées de 6<sup>m</sup>30 ainsi qu'une travée centrale de 8<sup>m</sup>40.

Les colonnes partant du niveau inférieur des sous-sols jusqu'à l'étage sont principalement en poutrelles Hx 30; celles de l'étage sont en poutrelles Hx 22 et 24. Les poutres principales au-dessus des sous-sols sont des poutrelles à larges ailes Hx 38 et 22, les entretoises en poutrelles Hx 26-28-42,5. Pour les poutres principales au-

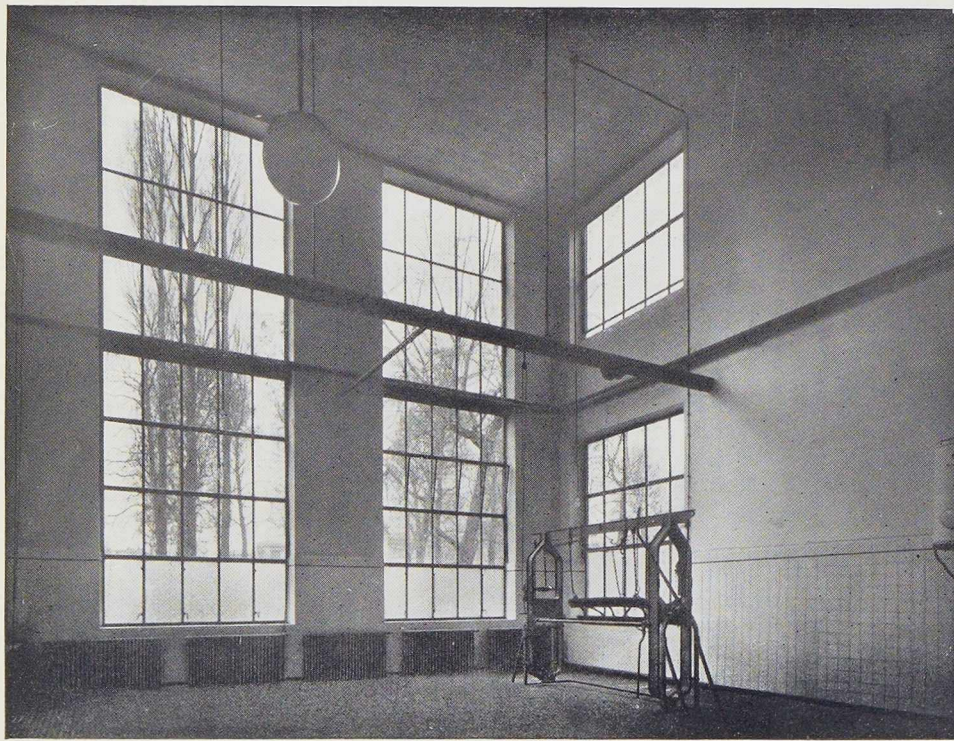


Fig. 586. Grande salle d'opérations de la clinique des grands animaux, construite sur la hauteur de deux étages.

Photo de Vogelaere.  
Cliché Technique des Travaux.

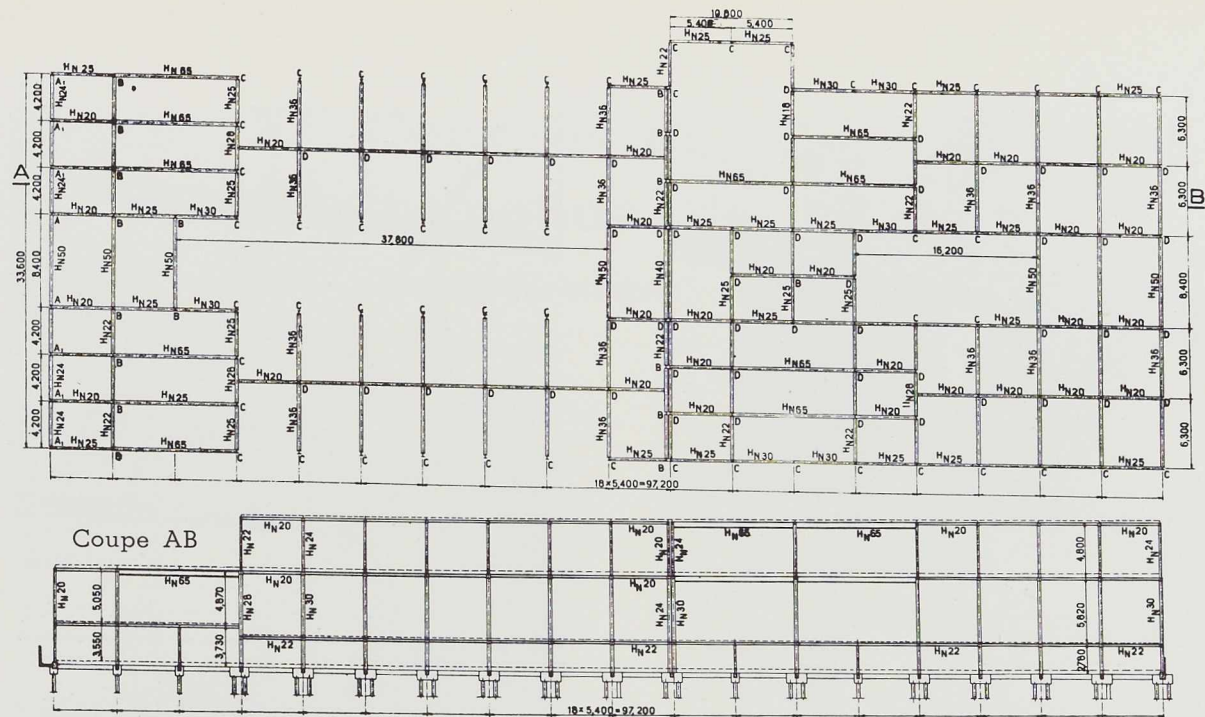


Fig. 587. Vue en plan avec coupe AB de l'ossature du rez-de-chaussée.

dessus du rez-de-chaussée, on a utilisé des poutrelles Hx 36, 25 et 22, les entretoises ont été également exécutées en poutrelles H de différentes dimensions.

Par endroits, certaines colonnes ont été supprimées de façon à arriver à des portées de 10<sup>m</sup>80 franchies par une poutrelle Hx 65.

Pour les portées de 8<sup>m</sup>40, on a prévu des Hx 50; tous les assemblages, tant en chantier qu'en atelier, ont été exécutés par rivure. Un joint de dilatation a été prévu au milieu du bâtiment.

A cet endroit, les colonnes et les poutres ont été doublées.

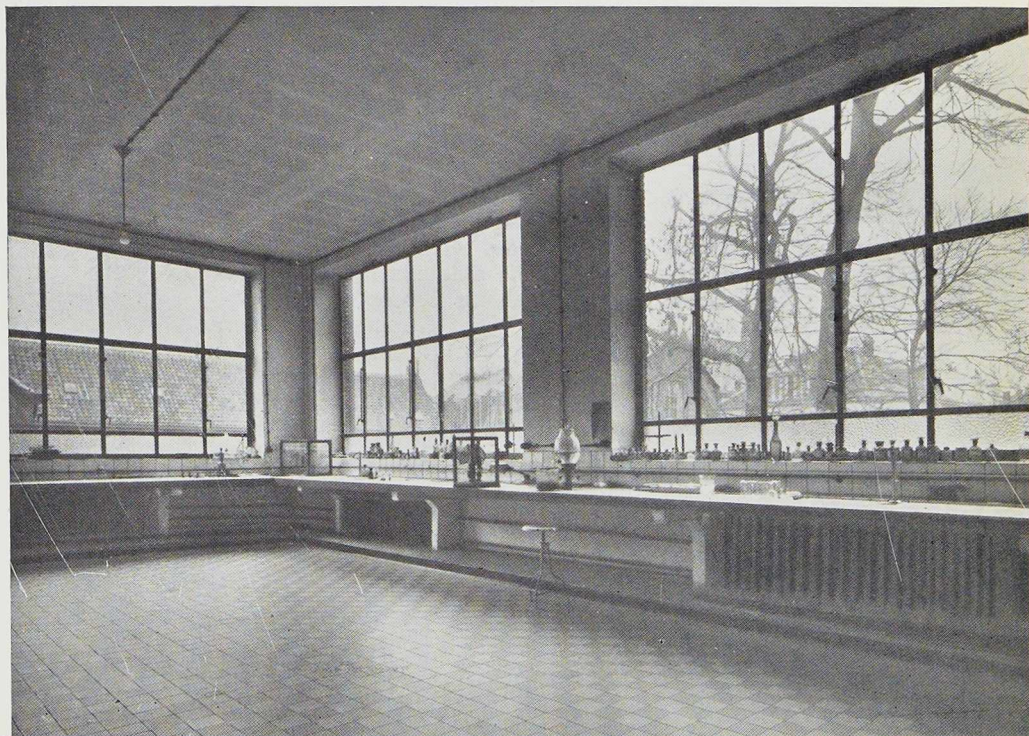
En haut du rez-de-chaussée, les assemblages des colonnes aux poutres et aux entretoises ont été exécutés en assemblage rigide, au moyen de consoles et d'équerres.

L'ossature a été conçue de façon à ce que chaque poutre puisse porter le poids de maçonnerie se trouvant au-dessus, que des murs puissent être supprimés ou ajoutés à n'importe quel endroit.

Les travaux de montage et de rivetage furent

Fig. 588. Laboratoire du premier étage de la clinique des grands animaux.

Photo de Vogelaere.  
Cliché Technique des Travaux.



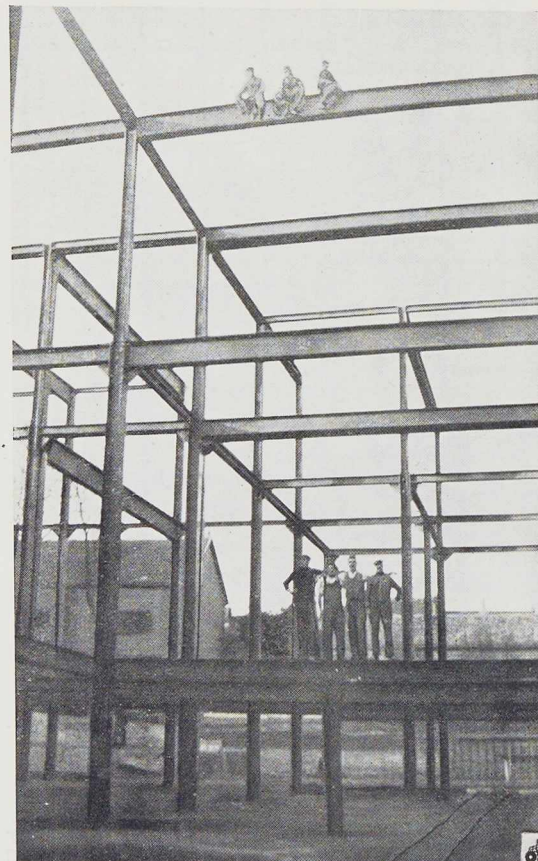


Fig. 589 et 590. Charpente métallique de l'école de médecine vétérinaire de l'Université de Gand.

exécutés par la firme *Ad. Hemberg* de Saint-Denis-Westrem.

Les colonnes sont ancrées aux poutres de fondations au moyen de boulons d'ancrage de 30 mm de diamètre. Le poids de l'ossature atteint 600 tonnes.

#### Détails constructifs

Tout le pavement des dégagements est en céramique de teinte rouge, jaune et noire, à l'exception des écuries, des étables et des salles d'opération pour grands animaux dont les pavements sont en briques sur champ. Les bandes jaunes, rouges et noires ont été employées pour les dégagements; le gris et le blanc pour les laboratoires; le gris et orange moucheté pour les bureaux des professeurs. Les revêtements des murs sont en faïence blanche sur plinthes à gorge. Les cloisons sont, pour la plupart, entière-

ment vitrées; toutes les portes sont en chêne sur chambranle métallique.

Tous les bâtiments sont sur caves largement éclairées et ventilées par les cours anglaises prévues pour faciliter les installations de tuyauterie dont la continuité est la caractéristique principale.

Toutes les canalisations d'électricité, d'eau, de gaz et de chauffage sont apparentes et peintes en couleurs conventionnelles en vue de leur entretien.

Les toitures et terrasses sont en ciment volcanique à l'exception des auditoriums de la clinique des grands animaux et du Pavillon pour l'anatomie qui sont recouverts d'un toit incliné et de tuiles de verre.

Les façades sont revêtues de tuiles de Boom, dont les coloris délicats s'harmonisent parfaitement avec la verdure du parc.

BIBLIOGRAPHIE : *La Technique des Travaux*, mars-avril 1948.





# XI<sup>e</sup> Congrès des Centres d'Information de l'Acier

ASHORNE HILL (Grande-Bretagne) du 12 au 17 juillet 1948

Depuis plus de quinze ans, les dirigeants des Centres d'Information de l'Acier ont des séances de contacts annuelles qui leur permettent de confronter leurs vues au sujet des domaines d'application de l'acier et des progrès réalisés dans tous les secteurs utilisant l'acier. La première de ces réunions a eu lieu en 1932 à Paris en même temps d'ailleurs que le premier congrès de l'Association Internationale des Ponts et Charpentiers. Depuis lors, des congrès ont eu lieu successivement à Dusseldorf en 1933, à Londres en 1934, à Bruxelles en 1935, à Berlin en 1936, à Dusseldorf et à Paris en 1937, à Zurich en 1939. Après sept ans d'interruption, le Centre Belgo-Luxembourgeois d'Information de l'Acier organisait en 1946 la première réunion d'après-guerre. Celle-ci a été suivie en 1947 du 10<sup>e</sup> congrès qui s'est tenu en Suisse (1).

Le 11<sup>e</sup> Congrès des Centres d'Information de l'Acier vient d'avoir lieu en Angleterre à Ashorne Hill où les délégués de France, de Hollande, d'Italie, de Suisse, de Belgique et du Luxembourg ont été les hôtes du Centre d'Information de l'Acier de la Grande-Bretagne (Market Development Department of the British Iron & Steel Federation). Chaque année ces réunions ont été marquées par des échanges de vues et notamment par des échanges techniques au sujet desquels nous renvoyons à d'anciens numéros de *L'Ossature Métallique*. Rappelons cependant qu'en 1934 à Londres furent présentés une série de mémoires traitant notamment des questions suivantes : Architecture des bâtiments industriels modernes à ossature métallique; cadres rigides dans les constructions en acier; essais sur ouvrages métalliques en vrai grandeur; tendances dans l'exécution des ponts-routes en Grande-Bretagne; ébranchements et soutènements en acier pour mines, problème alors fort important (l'intérêt de l'emploi de l'acier dans ce domaine est aujourd'hui bien connu); emploi de l'acier dans la construction des routes; applications de la tôle d'acier dans l'architecture. En 1935, à Bruxelles, une douzaine de mémoires montraient exclusivement les possibilités d'application de l'acier

(1) Voir *L'Ossature Métallique*, n° 12-1947, pp. 534 à 536.

dans les ponts de faible portée. En 1936 à Berlin étaient examinés les problèmes du développement de la soudure; en 1937 était traité le problème de la protection aérienne, celui des constructions agricoles, celui de la protection de l'acier contre la corrosion : étaient également passés en revue les travaux de standardisation en cours dans les différents pays : parmi les exposés techniques présentés cette même année, figuraient notamment une conférence de M. Séguenot, de Paris, sur la protection contre le feu et un exposé de M. Van Genderen Stort, de Hollande, sur la ductilité dans les constructions métalliques. En 1947 étaient examinés notamment le développement des aciers à haute résistance, la soudabilité des aciers, le développement de la tôle pliée.

La réunion de 1948 a comporté une séance d'échanges de vues entre les Directeurs des Centres d'Information de l'Acier sur leurs activités respectives, puis une série d'exposés suivis de discussions auxquels participèrent des délégués industriels des différents pays.

## 1. Développement des profilés en tôle pliée

Le développement des profilés en tôle pliée se poursuit dans de nombreux pays. Il est marqué notamment aux Etats-Unis par des recherches systématiques sur le comportement des profilés minces et plus spécialement de leur résistance à la compression. A ce sujet des travaux tels que ceux de Timoshenko (2) ont été complétés par des expériences systématiques, qui ont conduit à l'établissement, aux Etats-Unis, d'un code de bonne pratique (3) qui permet aujourd'hui d'appliquer des normes de calculs précises. Il apparaît que ces profilés trouvent leur application non seulement dans tout le matériel roulant (sur voie ferrée ou sur route), où ils tendent à remplacer complètement les profils

(2) Théorie de la flexion, torsion et flambage des barres à parois minces et à section ouverte : *L'Ossature Métallique*, n° 7/8-1947, pp. 328-341 et n° 9-1947, pp. 376-388; voir également l'étude d'application faite par M. Massonnet dans *L'Ossature Métallique*, n° 12-1947, pp. 524-531.

(3) Le calcul des profils en tôles minces pliées : *L'Ossature Métallique*, n° 6-1948, pp. 286-295.



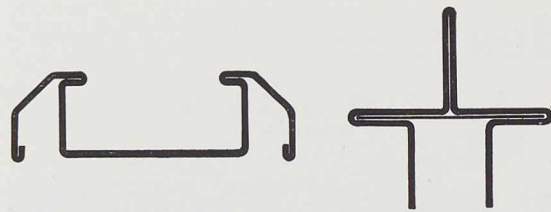


Fig. 591. Deux types de profilés réalisés en tôle pliée à froid (échelle 1/2).

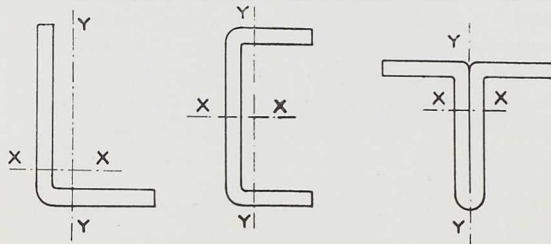


Fig. 592. Profils courants (L, U et T) réalisés en tôle pliée.

laminés, mais également dans les constructions de charpentes légères, enfin, dans les éléments secondaires des grandes charpentes. Les profils utilisés atteignent des hauteurs de 250 mm et des épaisseurs de 6 à 8 mm, les aciers utilisés sont de la catégorie des aciers A37. L'attention des congressistes a notamment été attirée sur l'intérêt des profilés Stran-Steel dont l'emploi est déjà répandu aux Etats-Unis et qui permettent la fixation de panneaux de remplissage fixés par clous. L'attention a également été attirée sur la facilité avec laquelle des sections très complexes étaient réalisées. Au cours des visites d'usines, les congressistes ont pu voir en exploitation des bancs à plier. Ils ont pu se rendre compte de la diversité des capacités de production d'une machine relativement simple.

## 2. Protection contre l'incendie des charpentes métalliques

Un exposé extrêmement important a été présenté à ce sujet par M. Fitzmaurice. Cet exposé a montré clairement que les exigences anciennes en matière de protection des charpentes métalliques contre le feu étaient trop sévères. Des études systématiques sur les conséquences pratiques des incendies ont en effet été faites au cours des dernières années aux Etats-Unis et surtout en Angleterre où les expériences tragiques des bombardements aériens ont été scientifiquement étudiées permettant de tirer des conclusions précises. Il apparaît clairement de ces conclusions

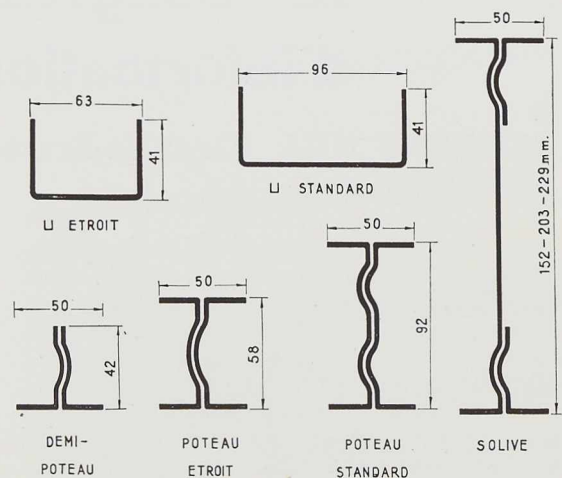


Fig. 593. Divers types de poutrelles « Stran-Steel ».

que l'on peut aujourd'hui définir conventionnellement le *risque d'incendie* des différents types de constructions.

D'une façon générale, on retient trois catégories de constructions, selon qu'elles ont un risque d'incendie faible, moyen ou élevé. Dans la première catégorie on peut classer les immeubles d'habitation et de bureaux, dans la seconde catégorie les grands magasins, dans la troisième les entrepôts remplis de matières inflammables. A ces trois catégories de bâtiments correspondent des exigences de protection clairement définies. Nous renvoyons à ce sujet à l'étude qui a paru dans *L'Ossature Métallique*, n° 4-1948 et qui reproduit les recommandations de la Commission Britannique qui a étudié ces questions. Les recommandations présentées par la Commission Britannique allient les soucis de la sécurité et celui de l'économie. Ils permettent de spécifier clairement pour chaque genre de construction les conditions de protection nécessaires et suffisantes. Rappelons à ce sujet le tableau auquel ces recommandations conduisent (tableau I).

Ajoutons qu'il apparaît souhaitable, afin de faire œuvre complète en cette matière, de préciser qu'il existe une quatrième catégorie de constructions, celles pour lesquelles il n'y a pas lieu d'envisager une protection, parce que les risques d'incendie, sans être exclus, sont réduits; c'est notamment le cas pour les halls d'usines, les hangars légers, etc. Dans tous ces cas, la protection même partielle, outre qu'elle serait en opposition avec l'expérience que nous avons



CONSTRUCTION ET MATERIAUX	Type I Entrepôts et hangars à marchandises	Type II Bâtiments industriels et commerciaux	Type III Maisons d'habitation, hôpitaux et bureaux		
	Classe B	Classe C	Classe D	Classe E	
	Epaisseurs minimum en cm du revêtement extérieur				
<i>Protection pleine</i> Maçonnerie de briques	7,5	5	—	—	
Béton (Dosage pas infér. à 1:2:4) Béton armé	Agrégats classe I	6,3	3,8	2,5	—
	Agrégats classe II	6,3	5	2,5	—
Béton de plâtre	5	3,8	2,5	—	
Asbeste projeté	5	2,5	1,2	1,2	
<i>Protection creuse</i> Briques ou blocs d'argile armés dans chaque joint horizontal	11,5	7,5	5	—	
Blocs de plâtre avec armature en fil dans chaque joint horizontal	7,5	5	5	—	
Asbeste coulé maintenu en place au moyen de fils	6,3	3,8	2,5	—	
Plâtre sur métal déployé solidaire de la poutrelle	—	—	2,5	—	
Plâtre sur métal déployé	—	—	—	2	

TABLEAU I : Protection des colonnes et poutres métalliques d'après les propositions britanniques.

de cette technique, entraînerait une augmentation de prix incompatible avec le risque réel d'un incendie. Il faut se féliciter de voir aujourd'hui clairement défini, grâce aux travaux du Comité Britannique, le risque d'incendie d'une construction normale : sont, par conséquent, simultanément définies, les conditions économiques de protection répondant aux exigences de la sécurité.

### 3. Relations entre ingénieurs-conseils et ateliers de construction

Il est apparu dans de nombreux pays que les ateliers de construction faisaient un appel régulier à la compétence des ingénieurs-conseils pour

préparer l'étude des solutions métalliques, en tenant compte de toutes les exigences de l'utilisateur. Cette façon de faire semble conduire à des réalisations modernes utilisant les possibilités les plus étendues de l'acier, et sortant de la technique habituelle de la construction métallique; elle ouvre à la construction métallique des techniques nouvelles et par conséquent des domaines d'application nouveaux, qui présentent un grand intérêt.

### 4. Développement de la maison fabriquée en usine

M. Peissi, Directeur de l'O.T.U.A. à Paris, a fait sur le développement de la maison préfabri-



Fig. 594. Maison métallique **Grames**.

quée en France, un exposé très documenté, comportant notamment la description d'une série de maisons aujourd'hui construites régulièrement en France. De cette étude nous retirons la conviction que la maison préfabriquée, dont le développement en France est d'ailleurs assez ancien, apporte aujourd'hui les solutions les plus logiques au problème de l'habitation dans la plupart des pays de l'Europe. *Des éléments ou des ensembles ayant été fabriqués à l'avance, arrivent sur le chantier, prêts à être utilisés sans qu'il y ait à faire de mises à dimensions ou de retouches, ces éléments sont joints les uns aux autres. La construction se réduit à une opération simple de montage.*

Cette formule a les avantages principaux suivants :

a) *Economie de main-d'œuvre*; sur le chantier quelques ouvriers spécialisés et un effectif réduit de manœuvres permettent le montage. A l'usine, la fabrication en série d'éléments peu nombreux

Fig. 595. Maison préfabriquée française **Arcadia**.

Document **O. T. U. A.**



nécessite une main-d'œuvre également réduite;

b) *Accroissement de la production*, celle-ci étant dans le bâtiment limité presque toujours par des problèmes de main-d'œuvre;

c) *Diminution du prix de revient*;

d) *Economie de poids*; un bâtiment en construction traditionnelle de six étages représente un poids de 40 tonnes par tête d'habitant; au contraire, un bâtiment à éléments préfabriqués à l'usine permet une réduction de poids qui peut dans certains cas être de l'ordre de 10 à 1;

e) *Amélioration de la qualité*, amélioration de la qualité grâce au travail surveillé dans des ateliers où les conditions atmosphériques ne jouent pas.

#### Types de maisons françaises

1. La maison **ARCADIA** est une maison à ossature portante construite sur un module de 1 mètre (fig. 595).

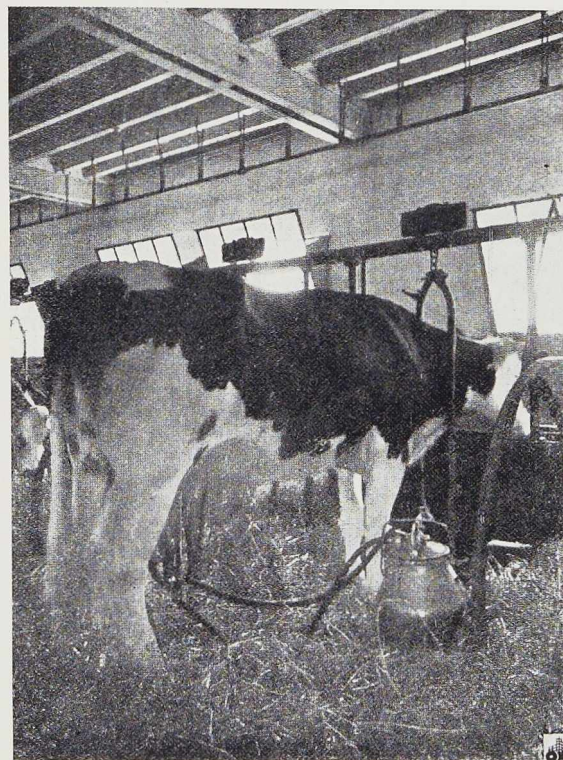
2. La maison **GUELAÏN** est constituée également par une ossature en acier comportant presque exclusivement des cornières entretoisées. Les planchers reposent sur solives métalliques, le module est de 1<sup>m</sup>20, les murs extérieurs sont constitués par des dalles en béton vibré accrochées à l'ossature, la cloison extérieure par des plaques en matériau vibrant isolant (fig. 597).

3. La maison **STRAN-STEEL** est appuyée sur un système d'ossature en tôle pliée de forme spéciale permettant le clouage. L'ossature complète d'une maison pour deux logements ne pèse ainsi que 6 tonnes, soit une économie de poids de l'ordre de 40 à 50 %. Grâce à la légèreté des profils utilisés on a pu se contenter d'une gamme de quatre sections soit des solives de 152, 203 et 228 mm de hauteur, des poteaux de 58 et de 92 mm, les demi-poteaux de 42 mm, enfin, les fers U de 63 à 96 mm de hauteur. Tous ces profils ont une épaisseur variant entre 1,50 et 2,40 mm. Le module de la construction est de 0,61 m, la forme des profils (fig. 593) permet le clouage. A l'heure actuelle, d'importantes réalisations sont en cours dans l'Ouest de la France.

Nous ne nous étendons pas sur les autres systèmes décrits par M. Peissi et notamment les maisons métalliques **FILLOD** (fig. 598), **GRAMES** (fig. 594), **PHENIX**, la maison à ossature tubulaire **LA LORRAINE**, qui ont déjà fait l'objet d'articles étendus dans *L'Ossature Métallique*.

On peut dire, qu'à l'heure actuelle, le problème de la maison préfabriquée en usine et plus spécialement le problème de la maison faisant appel à l'ossature métallique, est résolu en ce qui concerne les éléments portants. Par contre, pour tout ce qui concerne l'habillage de cette ossature

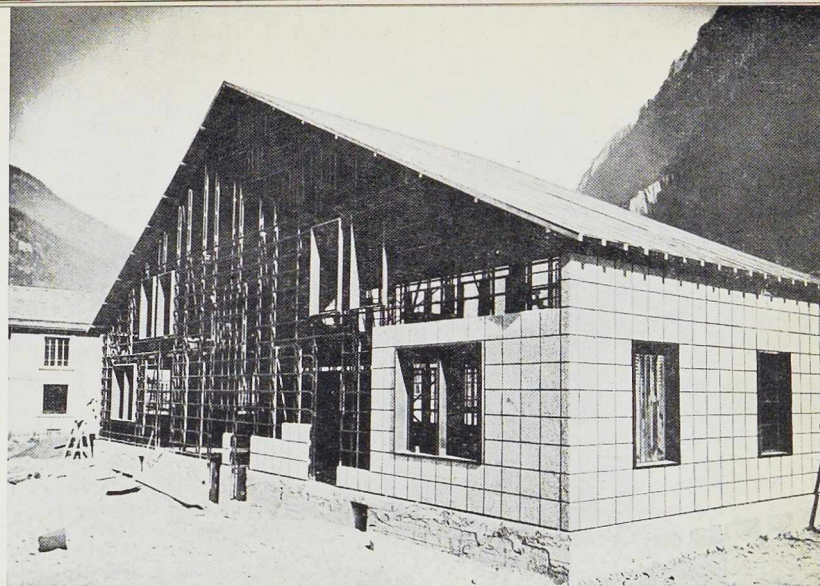
portante, l'effort doit être poursuivi pour réduire le nombre d'heures de travail que cet habillage nécessite, pour réduire le poids et la quantité des matériaux, enfin, pour pousser aussi loin que possible la fabrication en usine à l'avance des matériaux entrant dans cet habillage.



**Fig. 596.** Installation moderne de stabulation en tubes d'acier.

### 5. Les applications de l'acier dans l'agriculture

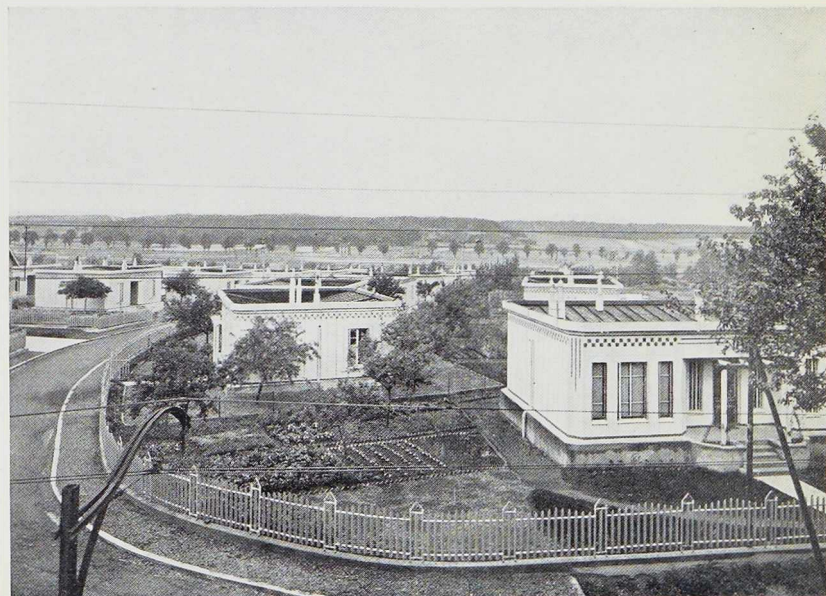
Lorsqu'on envisage les emplois de l'acier dans certains secteurs particuliers, comme le secteur agricole, on a tendance à penser essentiellement au machinisme. Cette façon de faire ne donne qu'une idée très limitée des domaines d'application de l'acier dans l'agriculture et l'exposé qui a été présenté à ce sujet par M. Ménard, secrétaire général de l'O.T.U.A. à Paris, souligne le rôle fondamental que l'acier doit jouer en vue d'améliorer l'équipement de l'agriculture. L'acier intéresse l'agriculture non seulement pour le machinisme agricole, pour les constructions rurales, l'équipement des constructions rurales, les besoins de la production, la conservation, la manutention et le transport des produits agricoles.



**Fig. 597.** Maison française préfabriquée Guélain.  
Document O. T. U. A.

La construction des étables, des porcheries et des écuries modernes se fait en acier. L'étude systématique du matériel de stabulation a permis de dessiner des équipements en tubes d'acier aux formes simplifiées qui se développent dès aujourd'hui en Hollande et en France (fig. 596). La traite mécanique a tendance à se développer et conduit à un équipement de tuyauteries complété ou non par des refroidisseurs : sans aller aux installations géantes des Etats-Unis, on constate que l'emploi de la traite mécanisée se développe dans les fermes de plus de 15 bêtes. Dans le domaine de l'élevage, on emploie l'acier pour la préparation des aliments, pour les auges, les abreuvoirs, etc. Le hangar agricole constitue une application d'autant plus intéressante que les progrès faits dans la charpente permettent aujourd'hui une rénovation des hangars agricoles auxquels l'O.T.U.A. vient de consacrer un concours. L'ensilage des fourrages et l'ensilage des

**Fig. 598.** Maison métallique Fillod.



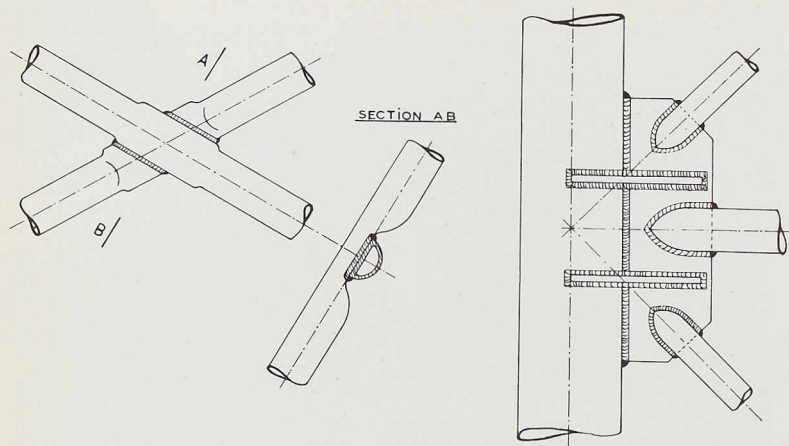


Fig. 599. Deux types d'assemblages tubulaires.

céréales se réalisent en silos en acier. Les véhicules agraires et tracteurs, les appareils de manutention, ont tendance à se développer de plus en plus. Citons qu'un transporteur monorail aérien permet de faire une économie de main-d'œuvre de 70 %. Une ferme de 200 vaches, équipée de matériel moderne avec traite mécanique, peut être exploitée avec quatre personnes. Une ferme de 400 porcs munie de monorails, peut être exploitée par deux personnes seulement.

#### 6. La construction tubulaire

Cette question avait déjà été traitée par les Centres d'Information de l'Acier, mais elle garde toujours son actualité. L'emploi de tubes d'acier, en général tubes d'acier soudés, se développe dans certains pays où il trouve à côté des profilés ordinaires, des domaines d'application variés. C'est principalement en Italie et en Angleterre, enfin, à une moindre échelle en Suisse, que les réalisations les plus modernes ont été faites.

Le tube d'acier présente de nombreux avantages :

1° *Résistance élevée au flambage* où son rayon d'inertie est grand par rapport aux autres sec-

tions ainsi que le montre le tableau ci-après, présenté par M. Masi, de Milan :

O	Section					
	L	C	I	J	T	□
0,6 à 2 (selon diamètre)	5	7	11	1,3	4	1,2

TABLEAU II : Valeur moyenne du rapport

$$K = \frac{\text{section}}{(\text{rayon d'inertie})^2}$$

2° *Résistance au vent* : pour les charpentes élevées, l'un des avantages du tube d'acier est que son coefficient aérodynamique est beaucoup plus faible que celui des profilés ordinaires. En effet, le coefficient aérodynamique du tube est  $c = 1,40$  à comparer à  $c = 2$  pour une poutrelle en double T.

Si l'on note en outre que la section d'encombrement extérieure d'un tube d'acier est sensiblement plus faible que celle d'un autre profilé, l'avantage qui en dérive dans les constructions où la sollicitation est fondamentale, est très grand.

Un inconvénient du tube d'acier, qu'il ne faut pas sous-estimer, est représenté par la complexité des assemblages. A ce sujet, des assemblages repris à la figure 599 qui sont classiques en Italie, montrent la nécessité de solutions relativement coûteuses. Cependant, l'inquiétude de certains constructeurs au sujet de la difficulté de souder à l'arc les tubes n'est pas confirmée par l'expérience et il apparaît très nettement qu'il est possible de faire des soudures, y compris les soudures bout-à-bout de bonne qualité en constructions tubulaires.

Signalons enfin que l'on a tendance à employer en construction tubulaire des aciers de grande résistance dont les tensions de rupture atteignent jusqu'à 55 à 65 kg/mm<sup>2</sup>.

Une autre difficulté rencontrée par la technique de la construction tubulaire est celle du prix de la matière première. Il apparaît en effet que les économies en poids qui atteignent 30 à 40 % n'apportent finalement un intérêt économique à la construction que pour autant que les matières premières ne soient pas beaucoup plus coûteuses que les profilés ordinaires. Le rapport entre le prix des tubes et le prix des profilés varie à l'heure actuelle dans différents pays dans

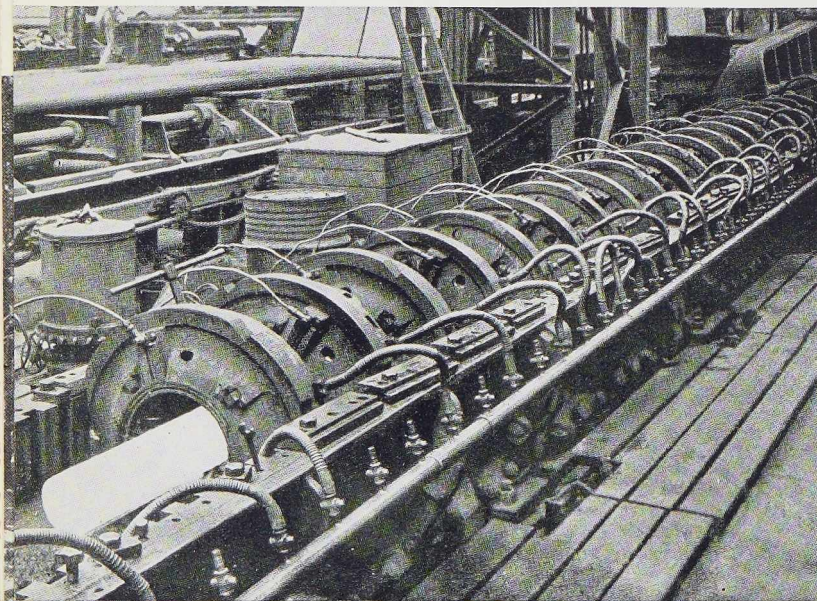


Fig. 600. Banc poussant à l'usine à tubes de Corby.

de fortes proportions qui conditionne l'intérêt économique de la construction tubulaire. Il n'a pas été question de la construction tubulaire provisoire et de l'échafaudage tubulaire, si ce n'est pour constater que dans ce domaine le tube d'acier tend à remplacer dans la plupart des pays d'Europe, le bois. Signalons enfin la technique des pylônes en tubes d'acier de grand diamètre et de faible épaisseur remplis de béton tels qu'ils sont réalisés régulièrement pour les transports d'énergie électrique à grande distance en Suisse; cette technique très spéciale nécessite des pylônes adaptés aux exigences du remplissage en béton.

### 7. Nuances d'acier et formes des produits sidérurgiques

Si l'on continue à noter le développement régulier des domaines d'application des aciers à haute limite élastique, d'une résistance à la rupture de 52 à 62 kg/mm<sup>2</sup> environ et d'une limite élastique de l'ordre de 36 kg/mm<sup>2</sup>, on constate simultanément la tendance à améliorer les caractéristiques des aciers ordinaires. Cette tendance a notamment pour résultat de garantir ou de relever la limite élastique. Les constructeurs, et d'une façon plus générale les utilisateurs, se félicitent de cette tendance qui leur permet d'améliorer l'intérêt économique des constructions en acier.

Les constructeurs, ainsi que l'a d'ailleurs souligné dans un exposé spécial M. Kollbrunner, Dr. Sc., Ingénieur E. P. F. et Président de la Commission Technique de l'Union des Constructeurs des Ponts et Charpentes, recherchent certaines améliorations aux produits sidérurgiques qu'ils utilisent. Ces améliorations sont malheureusement difficiles à réaliser à cause des nécessités de laminage et il est apparu qu'elles ne pourraient pas être aisément obtenues. Il n'en est pas moins intéressant de noter ces désirs de la construction métallique.

*Forme des sections :* En dehors de la section tubulaire, on recherche des sections à caissons obtenues directement par laminage, ou par soudure : dans ce dernier cas, la section doit se prêter à la soudure.

*Fers T :* L'emploi des fers T à larges ailes obtenus notamment par découpage de poutrelles se révèle extrêmement intéressant. Il est souhaitable que l'obtention de tels profils soit facilitée.

*Sections à ailes parallèles légères :* Il y aurait

### Fig. 602. Vue aérienne des aciéries et usines à tubes Stewarts & Lloyds de Corby.

1. Hauts fourneaux. - 2. Aciéries Thomas. - 3. Laminaires. - 4. Usines à tubes. - 5. Bâtiments administratifs.

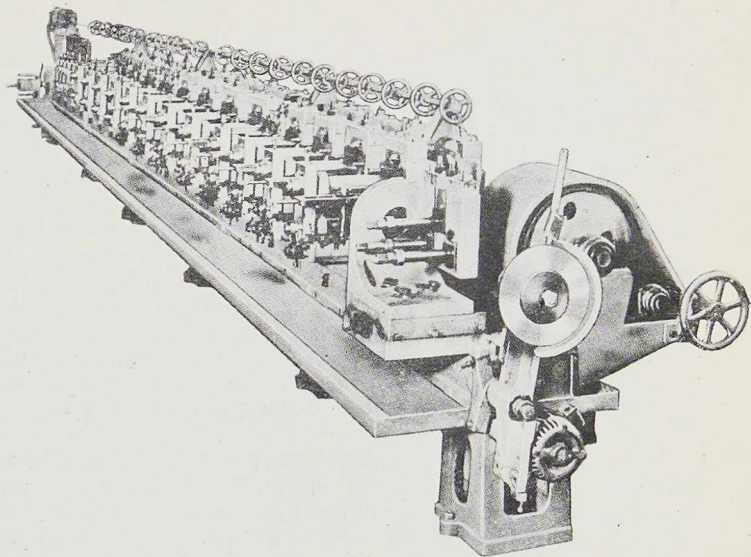
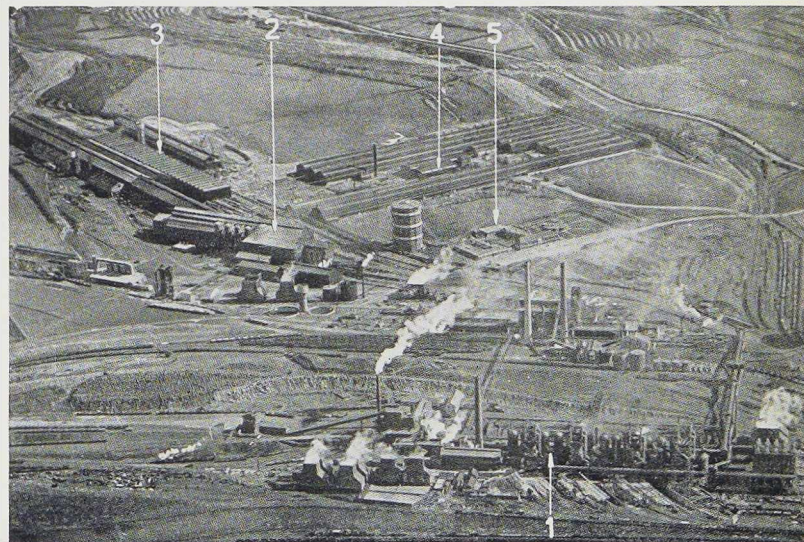


Fig. 601. Presse à plier à froid les tôles minces, pour production de profilés légers, aux usines J. Brockhouse à West Bromwich.

un gros intérêt à ce que, comme c'est le cas pour certaines séries de poutrelles à larges ailes américaines, les poutrelles à larges ailes allégées (série He) aient le même encombrement extérieur que les profils normaux ou renforcés.

*Poutrelles et fers U normaux à ailes parallèles :* Au cours des dernières années a été étudiée en France la mise en fabrication de profils ayant les proportions générales des poutrelles ou des fers U de la série P.N.; ces profilés devaient avoir des ailes à faces parallèles. L'intérêt d'une telle section est grand; un vaste champ d'application, en dehors du champ d'application des poutrelles à larges ailes actuellement sur le marché, leur serait ouvert.

*Sections en croix :* Les sections en croix permettraient de remplacer avantageusement l'emploi de double cornières, toujours difficiles à assembler. Cette proposition soulève cependant diverses obligations.



*Profils à bourrelets pour la construction soudée* : Les poutres à âme pleine en construction soudée présentent une grave difficulté : l'exécution des soudures d'angles. Pour éviter les soudures d'angles il serait souhaitable de disposer aisément des profils avec une nervure amorcée. L'intérêt de telles sections n'a pas échappé aux producteurs qui ont mis sur le marché en Suède, des profils T à aile à face parallèle et en Belgique des profils à bourrelet. En outre, un profil à trois bourrelets laminés en Belgique permet la réalisation des membrures comprimées sans faire appel à des raidisseurs destinés à assurer la sécurité au flambage.

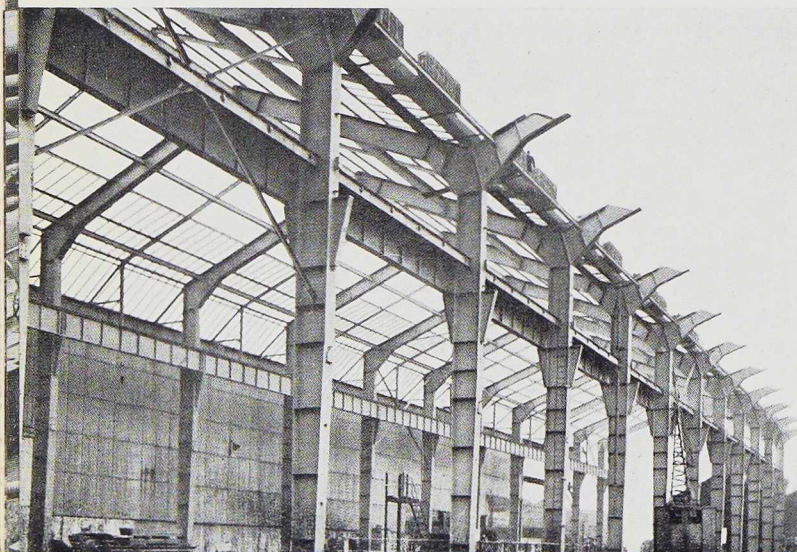
Cette tendance confirme certaines demandes de spécialistes de la soudure et le document présenté par M. Kollbrunner a été commenté par les producteurs d'acier qui ont bien dû souligner les difficultés auxquelles donnerait lieu la réalisation de ces profils.

#### 8. Visites d'usines

La réunion a été complétée par diverses visites d'usines et notamment la visite de certaines installations de J. Brockhouse & Co à West Bromwich. Dans cette usine les congressistes ont pu admirer de magnifiques réalisations de la technique anglaise en matière de construction mécanique et des installations de forge en pleine activité : mais ils ont surtout été intéressés par la division « pliage à froid », diverses machines produisaient hors feuillards et d'une façon continue des profils de toute espèce destinés à des constructions légères, à la construction automobile, à des éléments de bâtiments, etc. (fig. 601).

Au cours de la visite, faite le même jour, des usines Horseley Bridge & Thomas Piggott à Tipton, ont été vus d'importants travaux de chaudronnerie et de charpentes lourdes, destinés à des hauts fourneaux notamment. L'intérêt de la visite a consisté non seulement dans les travaux effec-

**Fig. 603.** Charpente soudée d'un des ateliers des Usines **Horseley Bridge & Thomas Piggott.**



tués par les ouvriers, mais également dans les bâtiments même : ceux-ci comportaient entre autres un magnifique hall dont les fermes étaient des portiques à cadres soudés (fig. 603). Cette solution pour un hall d'usine présente l'intérêt de disposer d'un hall entièrement utilisable. Dans la même usine, un grand hall, à charpente lamellaire sans aucune ferme, soulignait l'intérêt de ce système de construction qui, en partant d'un élément standard, permet de construire des toitures paraboliques pour des portées atteignant 70 mètres.

Enfin, une journée entière a été consacrée à la visite des usines sidérurgiques et des usines à tubes Stewarts & Lloyds. La magnifique aciérie Thomas de Corby, construite en 1930, est l'une des usines sidérurgiques les plus modernes de l'Europe. Elle comporte une batterie de convertisseurs Thomas et des trains pour la production de produits plats continus et semi-continus. On ne peut qu'admirer le dessin d'ensemble de cette aciérie où les dispositions générales facilitent le travail et l'acheminement des matières. Les congressistes se sont également vivement intéressés aux opérations de la transformation de la fonte.

La visite de l'usine à fabriquer des tubes a montré, d'une part, une usine très moderne pour la fabrication des tubes sans soudure, usine à banc poussant, dont l'organisation de la manutention est remarquable et assure un débit de production très élevé. D'autre part, les usines à fabrication de tubes soudés système Fretz-Moon, ont également vivement intéressé les congressistes. Dans de telles usines, les problèmes du contrôle de la production, de la réception des tubes, de peinture intérieure et extérieure prennent une importance toute particulière.

#### 9. Manifestations diverses

Le Centre d'Information de l'Acier anglais a agrémenté ces cinq journées de travail de diverses manifestations qui ont été fort appréciées par les congressistes.

La onzième réunion s'est terminée par un dîner officiel présidé par Sir John Duncanson. Au cours des allocutions qui ont été prononcées à la fin de ce dîner, Sir John Duncanson a souligné les nécessités de travailler en commun au développement des applications de l'acier, M. Fould, Président de l'O.T.U.A., a remercié au nom des participants étrangers et a invité les Centres d'Information de l'Acier à tenir leur 12<sup>e</sup> Congrès à Paris à la fin du mois de juin 1949. M. Nihoul a rappelé certains travaux techniques accomplis au cours des congrès précédents et leurs résultats, etc.



# CHRONIQUE

## Le marché de l'acier pendant les mois de juin et juillet 1948

		Production acier lingot en tonnes		
		Belgique	Luxembourg	Total
<b>Juin</b>	<b>1948</b>	<b>225 401</b>	<b>209 228</b>	<b>434 629</b>
Juillet	1948	311 307	198 033	509 340
<b>Janv.-juillet 1948</b>		<b>2 074 943</b>	<b>1 321 992</b>	<b>3 396 935</b>
Janv.-juil. 1947		1 563 028	891 211	2 454 239

Dix jours de grève effective dans la sidérurgie belge ont fait tomber la production d'acier du mois de juin à 225.401 tonnes, contre 299.711 au mois de mai. Dès juillet, la production est redevenue normale. La fin de la grève a été obtenue par l'octroi d'allocations temporaires au personnel, allocations à couvrir par le produit de la taxe de 3 % à l'exportation, maintenue jusqu'à fin décembre 1948.

Au courant du premier semestre, la production totale de l'Union Economique s'est élevée à

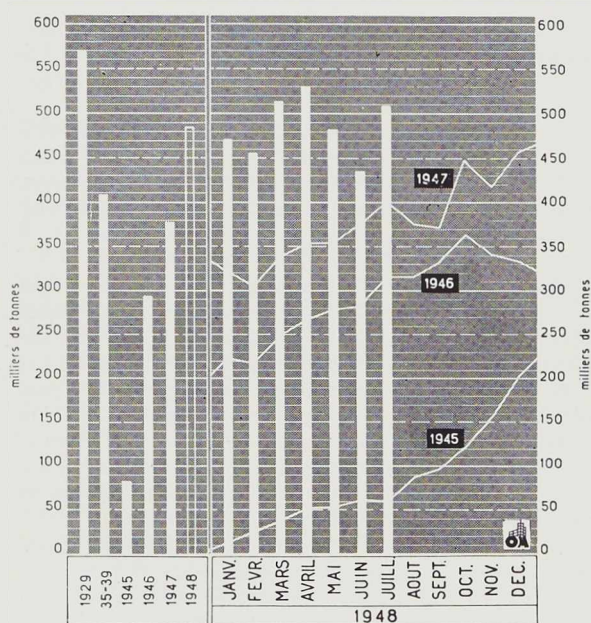


Fig. 604. Production mensuelle des aciéries belges et luxembourgeoises.

2.887.595 tonnes, contre 2.053.678 tonnes, pendant la même période de l'année 1947, soit une progression de l'ordre de 40 %.

Un haut fourneau a été rallumé à Cockerill ce qui porte à 65 le total des appareils à feu, pour les deux pays. On prépare, par ailleurs, le rallumage de deux autres hauts fourneaux à Espérance-Longdoz et à Clabecq, ce qui amènera la production presque à la limite de la capacité actuelle. On sait que le plan Marshall prévoit pour 1951 une production belgo-luxembourgeoise de 7.850.000 tonnes.

Le marché des mitrailles qui depuis plusieurs mois a fait montre de faiblesse, s'est un peu raffermi les dernières semaines, en raison sans doute de l'exécution trop lente des marchés conclus avec les différentes zones d'occupation allemandes.

### Marché intérieur

Une part importante de l'acier produit continue à être absorbée par le marché intérieur. Les délais sont redevenus normaux pour la presque totalité des produits, même pour les fontes de moulage. On signale l'arrivée en Belgique de fontes en provenance de la France. Par contre, il subsiste de grandes difficultés en ce qui concerne les tôles et les larges plats. Quelle que soit l'importance de la production, les besoins en produits plats restent techniquement très élevés.

En ce qui concerne les cotations des produits provenant du Grand-Duché, les acheteurs belges espéraient qu'à fin juin le régime des envois franco frontière prendrait fin, la taxe à l'exportation ayant été abrogée pour la plupart des produits belges. Les pourparlers entrepris à ce sujet n'ont pas encore abouti.

En fabrications métalliques, on constate un ralentissement sensible des commandes enregistrées. Les expéditions des mois de mai et juin font ressortir les chiffres suivants :

	Mai Tonnes	Juin Tonnes
Expéditions totales . . . . .	136.566	126.311
Dont notamment :		
Produits de la tôle . . . . .	21.184	18.368
Accessoires du bâtiment . . . . .	9.339	8.339
Matériel de chemin de fer et de tramways . . . . .	17.066	15.998
Ponts et charpentes . . . . .	6.656	7.075



### Marché extérieur

Les espoirs fondés sur le Plan Marshall commencent à se réaliser. Dès à présent, la Belgique s'est vu confier une importante commande de matériel roulant à fournir à la bizonie et payable en dollars. Une nouvelle commande de 1.200 wagons est en perspective. D'autre part, la Hollande serait autorisée à faire des achats de produits sidérurgiques pour un million de dollars, tombant sous l'application du plan Marshall.

Dans le même ordre d'idées, on croit pouvoir fonder des espoirs sérieux sur un assouplissement des paiements européens, les soldes existants devant être consolidés sur des remboursements à long terme et les nouveaux soldes étant approvisionnés en dollars.

A fin juin, des difficultés d'écoulement s'étaient fait jour, dans le domaine des aciers marchands et notamment en ronds à béton de plus de 12 mm, à tel point que les limitations de laminage avaient dû être décidées. Les stocks importants et la réapparition de la concurrence française sur certains marchés avaient créé cette situation. D'autre part, en fabrications métalliques, on rencontre des difficultés croissantes et les cotations devront être revues.

Néanmoins, d'une manière générale, la situation continue à être bonne. La hausse de prix inévitable depuis longtemps aux Etats-Unis s'est réalisée. La Federal Trade Commission a préconisé l'abandon du « basing point system », en vigueur depuis 50 ans. D'importantes usines établissant déjà leurs prix départ usine d'où il résulte de sérieuses augmentations de prix pour un grand nombre d'acheteurs. De plus, les tarifs de transport américains subissent une hausse de 5-10 %.

En Angleterre une hausse générale d'une £ à la tonne d'acier est appliquée depuis le 7 juillet, après une augmentation des prix des fontes et demi-produits, appliquée le 21 juin. Par contre, en France, une baisse de 2-8 % a été imposée par décision gouvernementale.

En ce qui concerne les marchés organisés, la remise des spécifications subit des retards qui sont dus au manque de devises ou, notamment en Suisse, à une certaine saturation du marché. Par contre, de fortes livraisons se font vers le marché grec, en vue d'aider à la reconstruction de ce pays.

D'autre part, des commandes importantes sont enregistrées en provenance de l'Argentine et de la Turquie. D'Angleterre est venue une demande de 100.000 tonnes, à traiter dans le cadre du plan Marshall, et un nouveau marché avec la Russie, en échange de céréales, serait en voie de négociation.

### La reconstruction du viaduc de Moresnet

Le service des Ouvrages d'Art de la S. N. C. B. procède actuellement à la reconstruction du viaduc de Moresnet situé sur la ligne de Tongres à Aix-la-Chapelle entre Montzen et Aix-Central.

Cet ouvrage d'une longueur totale de plus de 1 100 mètres constitue le plus long viaduc du réseau ferroviaire belge.

L'ouvrage comporte 22 travées métalliques en treillis de 48 mètres de portée chacune. En 1944, les Allemands en se retirant ont détruit par explosion 11 travées, 3 piles-culées et 1 pile ordinaire.

Les travaux de reconstruction des maçonneries ont été terminés dans le courant de 1947. La reconstruction des tabliers métalliques, adjugés à la S. A. Baume et Marpent, se poursuit activement. Afin d'économiser l'acier, la récupération des éléments provenant des travées détruites a été poussée au maximum. Néanmoins, environ 2 300 tonnes d'acier neuf seront nécessaires pour mener à bonne fin les travaux de reconstruction. Actuellement 7 travées sont terminées, l'achèvement complet du nouveau viaduc est prévu pour le printemps 1949.

### L'industrialisation du bâtiment au premier Congrès de l'Union Internationale des Architectes

A la suite du Premier Congrès de l'Union Internationale des Architectes, qui s'est tenu à Lausanne en juin 1948, a été créée l'Union Internationale des Architectes (U. I. A.).

Le premier comité exécutif comprend des représentants des pays suivants : Belgique, Bulgarie, Egypte, Etats-Unis d'Amérique, France, Grande-Bretagne, Italie, Pays-Bas, Pologne, Suède, Suisse, Tchécoslovaquie.

Le siège social de l'U. I. A. est à Paris.

Trois thèmes principaux ont fait l'objet des travaux du Congrès : L'Architecte et l'Urbanisme — L'Architecte et l'Industrialisation du bâtiment — L'Architecte, l'Etat et la Société.

Il nous paraît intéressant de donner la résolution adoptée par les congressistes pour le thème L'Architecte et l'Industrialisation du bâtiment.

« L'évolution générale de notre civilisation mène l'artisanat à l'industrie. Cette tendance se manifeste également dans l'architecture.

» En y répondant, et pour satisfaire aux énormes besoins actuels, il est nécessaire d'employer les méthodes évoluées malgré les difficultés rencontrées, en laissant aux méthodes usuelles la place qui leur revient.

» L'organisation rationnelle des bureaux et des



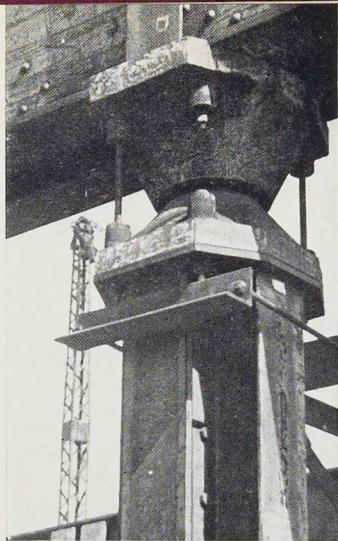


Fig. 605 et 606. Charpente métallique et détail d'une rotule sphérique, aux abords de la Gare du Midi, place de la Constitution.



chantiers, la normalisation et la préfabrication apporteront à la construction la précision, la rapidité et l'ampleur de la production industrielle, ce qui doit permettre d'améliorer les conditions de vie actuelle.

» Pour lutter avec succès contre les dangers possibles de l'industrialisation il faut créer des éléments-types et non des types de maisons. La modulation des éléments fera l'objet d'études approfondies. Seule l'application judicieuse de ces éléments contribuera à une expression plastique de notre temps dont la valeur restera toujours en fonction des facultés créatrices de l'architecte.

» L'architecte approfondira par tous les moyens sa culture générale et ses connaissances techniques, notamment par sa participation active aux recherches entreprises dans tous les pays et par l'échange des résultats obtenus.

» L'architecte pourra être amené à une collaboration étroite et féconde avec l'industrie. La conscience de son rôle dans la société humaine lui permettra de garder son indépendance. »

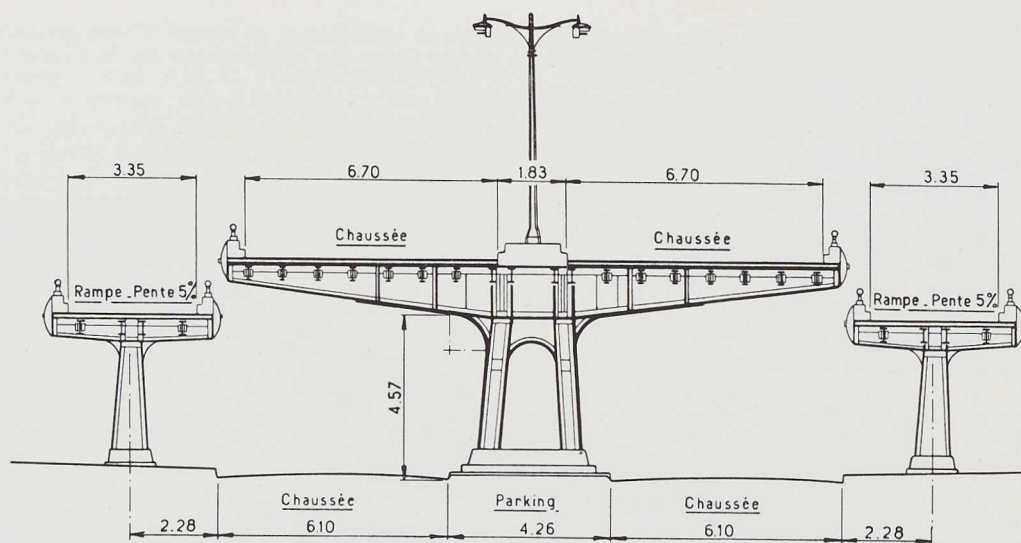
### Travaux de la Jonction Nord-Midi à Bruxelles

Les travaux de la Jonction Nord-Midi se poursuivent activement. La figure 606 montre la charpente métallique de la place de la Constitution exécutée pour compte des Entreprises Cerfontaine Frères et Sotahy, par la Société Métallurgique d'Enghien-Saint-Eloi.

### Congrès International des Fabrications mécaniques

Du 13 au 18 septembre 1948 se tiendra à Paris un Congrès international des Fabrications mécaniques. Cette manifestation aura lieu sous les auspices des organismes professionnels de la construction mécanique des pays suivants : Belgique, France, Grande-Bretagne, Hollande, Suède, Suisse.

Parmi les communications qui seront faites au Congrès de Paris citons notamment : Le conser-



**Fig. 606.** Coupe transversale du projet des ingénieurs-conseils Hazelet et Erdal, au droit des rampes d'accès et de départ, on note la disposition avec porte-à-faux des trois voies dans ce projet soumis à l'American Institute of Steel Construction.

vatisme dans la technique de la construction mécanique — Superfinition des surfaces — Développement du self-control dans les ateliers de fabrication — Utilisation des aciers faiblement alliés en construction mécanique — Rapport sur le développement de la soudure et de la soudure par recouvrement depuis la guerre — Auscultation des matériaux aux ultra-sons — L'évolution de la conception des fabrications mécaniques à la faveur de l'emploi de procédé de soudage et d'oxycoupage — Nouvelles conceptions dans la fabrication du matériel ferroviaire.

### Travaux de l'Institut Belge de Normalisation (I. B. N.)

L'I. B. N. a mis à l'enquête publique le projet de normes : NBN 154.13 et NBN 154.14 — Tôles minces.

Dans le cadre des études qu'il consacre à la soudure, l'I. B. N. a mis à l'enquête publique le projet du document 171-CR/V-004, chapitre II du groupe V du *Code de bonne pratique relatif aux constructions métalliques soudées*. Ce chapitre traite spécialement de la formation professionnelle.

D'autre part, signalons le projet de norme mis

à l'enquête publique : NBN 159.13 — *Règlement pour la Construction des Engins de Levage* et concernant les charpentes, les équipements électrique et mécanique ainsi que les prescriptions relatives à la sécurité.

### Il y a dix ans

*L'Ossature Métallique* publiait dans son numéro 9, septembre 1938, les résultats d'un concours pour la construction de chaussées surélevées aux Etats-Unis.

Le projet des ingénieurs-conseils Hazelet et Erdal, qui a obtenu le premier prix, se présentait sous la forme d'une construction aux lignes modernes supportant une chaussée prévue pour quatre files de voitures.

L'infrastructure était constituée par des portiques transversaux en acier, se prolongeant de part et d'autre par des poutres en porte à faux. Grâce à ces porte à faux, l'encombrement de la chaussée inférieure était réduit et pouvait servir pour parquer les voitures (fig. 606).

Des réalisations importantes de ce système de chaussée surélevée ont été faites depuis lors notamment à Brooklyn, l'un des grands faubourgs de New-York.



# Bibliothèque

Nouvelles entrées (1)

## Normalisation des écrous, boulons, vis, rivets, crampons, tirefonds, rondelles, etc. (3<sup>e</sup> édition)

Un ouvrage de 68 pages. Edité par le Comptoir des Boulonneries Belges, Bruxelles 1948. Prix : 47 fr. 50.

Dans son numéro 2-1947, *L'Ossature Métallique* publiait un intéressant article de M. Ed. Drugmant, président de la Commission technique du Comptoir des Boulonneries Belges (C. B. B.) sur la normalisation des boulons, écrous et rivets en Belgique.

L'auteur y faisait notamment la comparaison entre la normalisation belge et les standards anglais et américains.

Aujourd'hui nous présentons à nos lecteurs une nouvelle édition de la *Normalisation* du C. B. B.

On y trouve 40 types standards de boulons, de rivets et de tirefonds qui se fabriquent chacun, dans les diverses dimensions (13 au maximum) consignées dans un tableau. Les taraudages adoptés sont du système Whitworth et les diamètres sont donnés en pouce avec équivalents en mm.

Chaque boulon ou rivet peut être désigné par une dénomination abrégée en bas de la feuille de norme, indication très utile pour la rédaction des commandes et des cahiers des charges.

## Publication Préliminaire du Troisième Congrès de l'Association Internationale des Ponts et Charpentes (Liège, septembre 1948).

Un ouvrage relié de 697 pages, format 17 × 25 cm, illustré de nombreuses figures. Edité par l'A. I. P. C., Zurich, 1948. Prix 350 francs belges.

Cet ouvrage comporte 53 mémoires répartis en 5 thèmes introduits chacun par un Rapport général. Parmi ces mémoires la construction métallique est représentée pour une large part. Témoin cet extrait de la table des matières relatif aux exposés concernant les constructions métalliques : Echecs dans la construction soudée, par G. DE CUYPER;

Les aciers pour constructions soudées, par R.-A. NIHOUL;

Une réussite dans l'application de la soudure à la construction des grands ouvrages : Les ponts de Saint-Cloud et de Neuilly, par L.-A. LÉVY, M. DURAND-DUBIEF et G. KIENERT;

La soudure à l'arc dans la construction métallique en Suède, par C.-T. INGWALL;

(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).

L'emploi de la soudure dans la reconstruction du pont d'Oissel sur la Seine, par R. VALLETTE et A. GOELZER;

Courbes dérivées Moments-Angles pour les assemblages Goussets-Ames, par L.-A. BEAUFOY et A. MOHARRAM;

Théorie et essais de voilement de tôles sollicitées par des tensions longitudinales à distribution égale, par P.-P. BIJLAARD, C.-F. KOLLBRUNNER et F. STÜSSI;

Contribution à l'étude du voilement des tôles raidies, par Ch. DUBAS;

Le comportement des éléments comprimés de faible épaisseur, par G. WINTER;

Fonctions d'influence pour la correction des déviations angulaires dans les ponts suspendus, par S.-O. ASPLUND;

Contribution à la statique des ponts suspendus à poutres de rigidité, par J. COURBON;

Calcul des ponts suspendus de grande portée, par C. D. GROTHWAITE;

Reconstruction du pont suspendu de Menai, par G.-A. MAUNSELL;

Recherches expérimentales sur la stabilité aérodynamique des ponts suspendus, par C. SCRUTTON;

Quelques détails sur le montage des ponts en arcs métalliques, par A. ROGGEVEEN;

La sécurité des constructions (Rapport introductif), par M. PROT.

La sécurité des constructions (Recherche d'une méthode concrète), par R. LÉVI;

Contribution à la détermination de la courbe de dispersion des résultats d'essais sur éprouvettes d'acier doux, par M. CASSÉ;

La conception nouvelle de la sécurité appliquée aux ossatures métalliques, par J. DUTHEIL;

Conception de la sécurité, par A.-J. MOE;

Domaine de déformations non élastiques et sécurité des constructions, par A.-M. FREUDENTHAL;

L'auscultation dynamique des ponts à la S. N. C. F., par M. CASSÉ;

Sollicitations dynamiques de poutres sous charges mobiles, par A. HILLERBORG;

Equation différentielle pour le calcul des vibrations produites dans les constructions portantes par les charges mobiles, par S. T. A. ODMAN;

Vibrations amorties de portiques, par V. KOLOUŠEK;

L'influence des sollicitations dynamiques sur les constructions, par E. FORSLIND.

Deux thèmes sont consacrés aux nouveaux modes de construction en béton, béton armé et béton précontraint.

Cet ouvrage, d'une présentation soignée, mettra à la disposition des ingénieurs et spécialistes en la matière, une documentation du plus grand intérêt concernant les toutes dernières réalisations.



# Bibliographie

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

### 14.22. — Stabilité des éléments à parois minces comprimés

par H. DUDLEY WIMER Jr. *Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, mai 1948, pp. 655-668, 8 fig.

Dans les éléments à parois minces comprimés d'un emploi si répandu en construction aéronautique, il ne faut pas seulement craindre le flambage général de la pièce, mais aussi le flambage individuel des parois, que les Anglo-saxons ont baptisé « crippling ». Les parties planes des parois, à cause de leur peu d'épaisseur, flambent sur elles-mêmes, se plissent et se froissent, reportant ainsi la charge sur les parties corbées de la pièce.

M. H. Dudley examine le phénomène de près, à la lumière des études que le professeur S. P. Timoshenko a consacrées à cette question <sup>(2)</sup>. Il arrive à la conclusion que la charge sous laquelle se produit le « crippling » n'est nullement la charge limite que peut porter la pièce.

Les *Specifications for the Design of Light Gage Steel Structural Members*, éditées par l'American Iron and Steel Institute, tiennent compte de ce fait et l'article 3.5 donne la formule qu'il y a lieu d'appliquer, si l'on veut éviter le « crippling ». La charge ainsi obtenue est, en général, plus faible que la charge de flambage de la pièce, mais il y a lieu de vérifier ce dernier point.

### 20.13a. — La reconstruction du pont suspendu de Rognonas sur la Durance

A. SCHUL et M. CAULOT, *La Technique Moderne, Construction*, juin 1948, pp. 69-75, 14 fig.

Lors des reconstructions des ponts français

<sup>(1)</sup> 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, p. 199.

<sup>(2)</sup> *L'Ossature Métallique*, n° 7-8-1947, pp. 328-341, et n° 9-1947, pp. 376-388.

d'après-guerre, les ponts suspendus n'ont pas été oubliés. Un bel exemple des ouvrages de ce type est donné par le pont qui franchit la Durance entre Rognonas et Avignon pour laisser passer la route nationale RN570 d'Avignon aux Saintes-Maries-de-la-Mer.

Le nouvel ouvrage est un pont suspendu à quatre travées indépendantes dont les portées sont respectivement de 84<sup>m</sup>50 pour les travées de rive et de 110<sup>m</sup>50 pour les travées centrales.

Construit en 1832-1834 et renforcé en 1902 le pont de Rognonas était considéré déjà avant la deuxième guerre mondiale comme ne répondant pas aux exigences de la circulation moderne.

Gravement endommagé pendant la guerre, l'ouvrage fut réparé d'une façon provisoire et rétabli avec son ancienne charge portante.

En raison de l'état du pont le Ministère des Travaux Publics a décidé de le remplacer par un pont suspendu à trois travées, pourvues de poutres de rigidité indépendantes. Les travaux de construction du nouvel ouvrage sont actuellement en cours. L'ouverture totale du pont de Rognonas entre murs de culées sera de 409 mètres. La travée centrale aura une portée de 254<sup>m</sup>50 et les travées de rives 80 mètres de portée chacune. Les selles d'appui supportant la suspension sont solidaires de deux portiques encastrés à leur base sur les piles en rivière. L'ouvrage comportera une chaussée de 7 mètres de largeur et deux trottoirs de 1<sup>m</sup>50 de largeur nette chacun. Les poutres de rigidité du type Warren double sont distantes de 10<sup>m</sup>76 d'axe en axe. Leur hauteur hors cornières est de 4<sup>m</sup>20, leurs membrures formant caisson. Les diagonales sont des fers I, dont les semelles formées chacune de deux cornières sont reliées entre elles par des plats.

Les montants relient la membrure inférieure de la poutre au nœud de croisement des diagonales. Ils reçoivent l'about des pièces de pont et sont accrochés aux suspentes.

Les poutres de rigidité des travées de rive et des travées centrales sont indépendantes, les premières comportent 17 panneaux de 4<sup>m</sup>50.

Les câbles porteurs sont continus d'un massif d'ancrage à l'autre. Ils sont composés chacun de 19 câbles élémentaires de 16,5 mm de diamètre disposés en deux couronnes autour d'un câble central.



LES SPÉCIALISTES  
DU RÉSERVOIR

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS  
& CHAUDRONNERIES

**G. ET A. LEFEVRE**

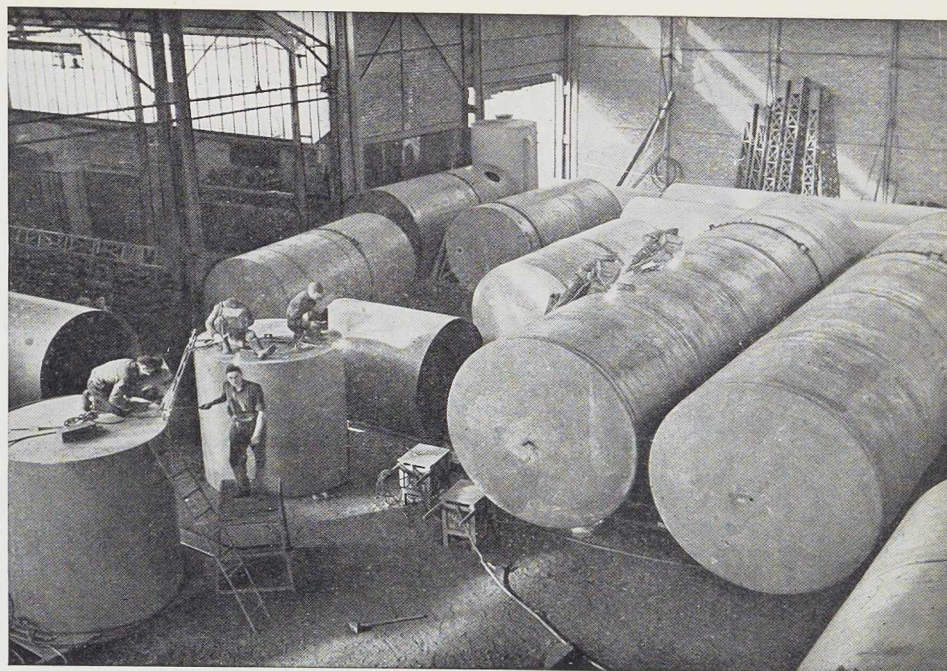
FRÈRES

S. P. R. L.

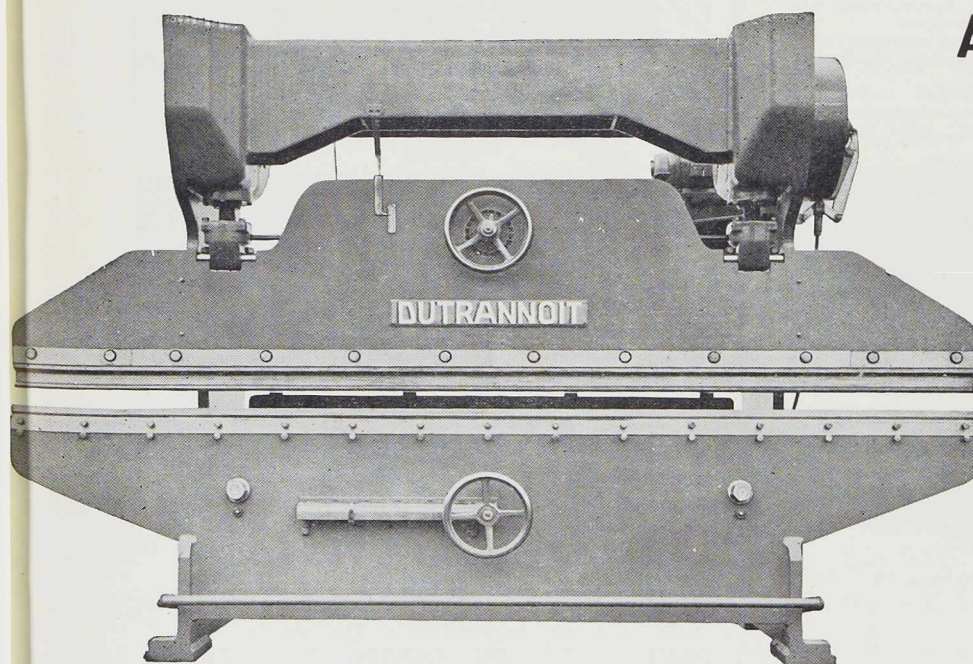
103, rue Paul Pastur  
RANSART-LEZ-CHARLEROI

Du matériel garanti aux  
prix les plus bas et dans  
des délais très courts

CONSULTEZ-NOUS



**RESERVOIRS** DE TOUTES CAPACITÉS POUR  
MAZOUT, ESSENCE, VIN, ALCOOL,  
PRODUITS CHIMIQUES, ETC.



**MÉCANIQUE GÉNÉRALE — MACHINES-OUTILS**

MORTAISEUSES DE PRODUCTION — MORTAISEUSES D'OUTILLAGE — PRESSES  
A FRICTION — CISAILLES GUILLOTINES — POINÇONNEUSE CISAILLES —  
PRESSES PLIEUSES.  
MATÉRIEL DE CLOUTERIES, POINTERIES, RONCERIES ET GALVANISATION  
DU FIL.

**ATELIERS DUTRANNOIT**

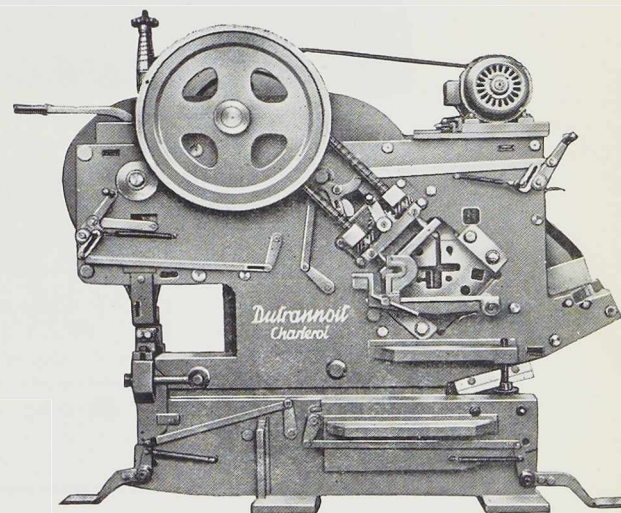
CHARLEROI (Belgique)

FONDÉS EN 1909

TÉLÉPHONE 123.78 (2 lignes)

TÉLÉGRAMMES : DUTRANNOIT-CHARLEROI

LES PLUS HAUTES RÉCOMPENSES  
AUX EXPOSITIONS



# BERGERAT-DUTRY S. A.

Tél. 12.50.72

21, rue de la Senne, BRUXELLES

Télégr. Bedutry-Bruxelles

IMPORTATION  
DE GROS MATÉRIEL  
DE MANUTENTION,

MINES, CARRIÈRES  
ENTREPRISES DE  
TRAVAUX PUBLICS

## Machines et installations

- La Maison «Thos. W. Ward (Belgium)» possède une organisation incomparable pour connaître les disponibilités dans tous pays en machines, soit neuves, soit remises à neuf et en installations de tout genre. N'oubliez jamais de communiquer avec «Ward» quand vous avez besoin de machines-outils ou d'une installation.

## Les activités techniques de "WARD" comprennent —

- Fer, acier et métaux autres que le fer, ciment, briques, granit et cailloutis; scories bitumées et bitume, macadam; déchets métalliques.
- Installations motrices et industrielles, machines-outils, grues, excavateurs, rouleaux, wagons à bascule, locomotives, moteurs; installations et appareils d'entrepreneurs.
- Machines pour la préparation d'aliments, machines pour tréfileries, machines pour l'industrie chimique; chaudières et réservoirs.
- Constructions en acier, rails et voies de garage; travaux de démolition et de reconstruction; déséquipement de bateaux.
- Echelles en métal léger et échafaudages; petit outillage pour ingénieurs; équipement électrique.

**THOS W. WARD (BELGIUM) S.A.**

8, LONGUE RUE DES CLAIRES  
ANVERS · BELGIQUE

TELEPHONES

228 47 - 228 51 ANVERS

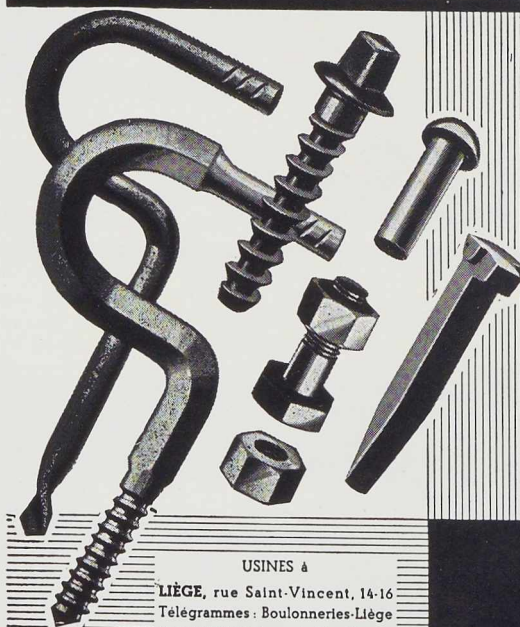


ADRESSE TELEGRAPHIQUE

WARDSMAN ANVERS

IMPORTATIONS et les EXPORTATIONS

**STÈME DES BOULONNERIES DE LIÈGE  
ET DE LA BLANCHISSERIE**



USINES à

LIÈGE, rue Saint-Vincent, 14-16

Télégrammes : Boulonneries-Liège

MARCINELLE, rue de Couillet, 82

Télegr. : Boulonneries - Charleroi

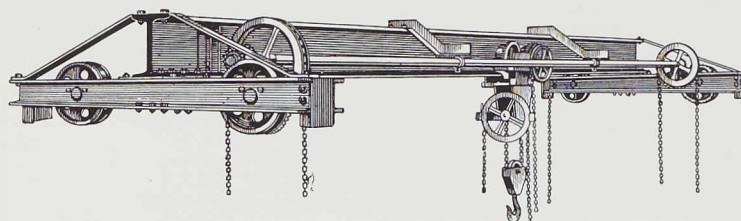
**LES  
CONSTRUCTEURS SPÉCIALISTES  
DU PONT ROULANT**

ATELIERS DE  
CONSTRUCTION **P. BRACKE**

S. P. R. L.

Rue de l'Abondance, 30-40, BRUXELLES

Téléphone 17.39.66 - Reg. Com. Bruxelles 303



MANUTENTION - MONORAILS - TRANSPORTEURS - PALANS - CHARIOTS - TREUILS  
MOUFLES, ETC... RÉPARATIONS - ENTRETIEN



OZALID OZALID

**Ozalid**  
 Marque déposée

Le papier sensibilisé industriel pour développement parfait et rapide **à sec** de copies de plans, textes, documents, etc.

Reproductions positives en traits noirs, bruns, bleus ou sépia inaltérables.

Exigez-le de votre reproducteur.

Fabricants exclusifs en Belgique :

**G. M. C.**

**La Générale des Matières Colorantes**  
 Produits chimiques et pharmaceutiques, Société Coopérative  
 66, avenue du Port, BRUXELLES

OZALID OZALID

## INDUSTRIELS

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



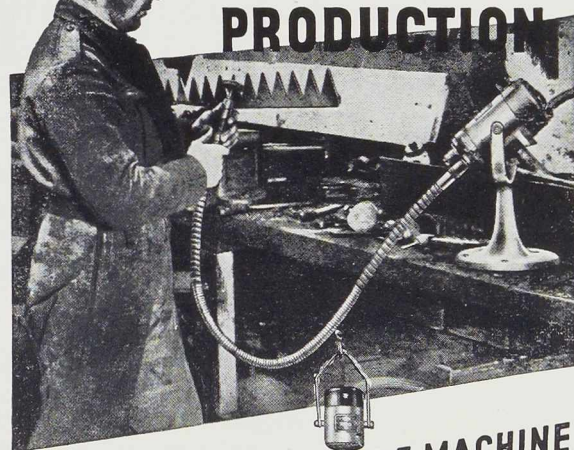
Spécialisé en  
 ÉLECTRICITÉ  
 MÉCANIQUE  
 THERMO-DYNAMIQUE  
 GÉNIE CIVIL

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

AUGMENTEZ VOS BÉNÉFICES . . .

*Accélérez le rythme de votre*



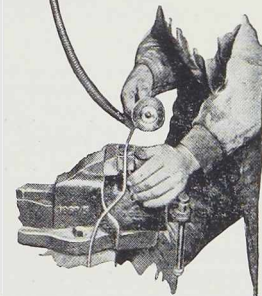
**PRODUCTION**

**EN VOUS SERVANT D'UNE MACHINE  
 WOLF FF2 A TRANSMISSION FLEXIBLE**

POUR VOS TRAVAUX  
 DE M.ULAGE, DE  
 LIMAGE ET DE  
 POLISSAGE.

Cette machine à deux vitesses, de conception nouvelle vous permettra d'accélérer sans contre-temps une grande variété de travaux : matricage, usinage et affûtage d'outils, ébarbage de petits moulages, etc. Elle comporte un grand nombre d'outils accessoires : limes rotatives, fraises, meules, brosses métalliques et feutres de polissage. Profitez de la supériorité des machines WOLF, pour une nouvelle et vaste gamme de travaux à la pièce. Tout comme vous, vos ouvriers en tireront de plus grands avantages.

Pour plus amples renseignements, écrivez aujourd'hui même.



**Wolf**  
 OUTILLAGE ÉLECTRIQUE

" Fonctionnement Parfait, Rendement Élevé, Sécurité "

Agents généraux pour la Belgique et le Grand-Duché de Luxembourg.  
 (Vente en gros et Dépannage) :

**J. & R. LENAERS, 5 Avenue Ernest Renan, BRUXELLES, 3.**

En vente dans les principaux magasins d'outillage.

FABRIQUE PAR LA SOC. ANON. S. WOLF & CO. LTD., LONDRES, ANGLETERRE

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

## INDEX DES ANNONCEURS

	Pages		Pages
A. C. E. C. . . . .	25	G. M. C. . . . .	33
Aciers Alexis. . . . .	17	S. A. Ateliers de Construction Jambes Namur . . . . .	10
L'Air Liquide. . . . .	12	Jouret . . . . .	11
Arcos, « La Soudure Electrique Auto- gène » . . . . .	21	G. & A. Lefèvre . . . . .	31
Les Ateliers Métallurgiques de Nivelles .	20	Laminoirs de Longtain . . . . .	14
B. E. I. . . . .	33	Nobels-Peelman . . . . .	couv. IV
Belradio . . . . .	34	Ougrée-Marihaye, S. A. . . . .	27
Bergerat-Dutry . . . . .	32	L'Oxydrique Internationale . . . . .	15
Usines Gustave Boël. . . . .	18	Siderur . . . . .	7
Ateliers de Bouchout et Thirion Réunis .	19	Sobémi . . . . .	16
S. A. des Boulonneries de Liège et de la Blanchisserie . . . . .	32	Someba . . . . .	6
P. Bracke . . . . .	32	Soudométal . . . . .	16
La Brugeoise et Nicaise & Delcuve .	couv. II	Usines à Tubes de la Meuse. . . . .	24
P. & M. Cassart . . . . .	5	Ucométal . . . . .	29
Chamébel . . . . .	28	Ateliers Vanderplanck, S. P. R. L. . . . .	22
Cockerill . . . . .	couv. III	Thos. W. Ward (Belgium), S. A. . . . .	32
Columeta . . . . .	8-9	S. Wolf & C <sup>ie</sup> . . . . .	33
Davum . . . . .	23	Anciens Ets Paul Würth . . . . .	26
Alexandre Devis & C <sup>ie</sup> . . . . .	13		
Ateliers Dutrannoit . . . . .	31		
Société Métallurgique d'Enghien-Saint- Eloi . . . . .	30		
E. S. A. B. . . . .	2		