

# L'OSSATURE MÉTALLIQUE

REVUE MENSUELLE DES APPLICATIONS DE L'ACIER  
éditée par

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

38, boul. Bischoffsheim, Bruxelles - Téléph. : 17.16.63 (2 lignes)  
Chèques post. : 340.17 - Adr. télégr. : « Ossature-Bruxelles »

13<sup>e</sup> ANNÉE

N° 3 - MARS 1948

## S O M M A I R E

Nouvelles formes dans la construction des charpentes métalliques, par H. Laureyssens . . . . .	111
Les éléments de machines en tôles soudées . . . . .	115
Les charpentes de toitures à versants portants . . . . .	124
Pont-route d'accès à l'usine hydro-électrique de Rupperswil-Auenstein, par A. Lambotte . . . . .	126
Impératifs de la reconstruction des parcs de stockage, par M.-G. Daric . . . . .	129
L'emploi de la soudure à l'arc dans la construction économique des bâtiments, par R. Alexandre . . . . .	139
CHRONIQUE : Le marché de l'acier pendant le mois de janvier 1948. - Timbres-poste consacrés à l'industrie belge. - Reconstruction du pont de Fragnée. - Charpentes métalliques pour le Congo belge. - Travaux de la Jonction Nord-Midi . . . . .	152
BIBLIOTHÈQUE . . . . .	155
BIBLIOGRAPHIE . . . . .	158

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 & C<sup>ie</sup>, 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 Industries 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,-.

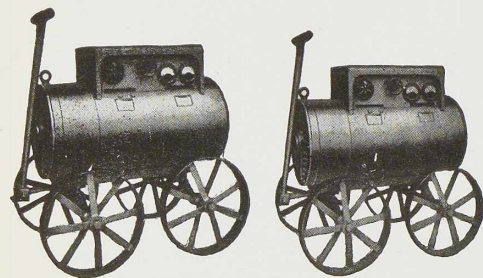
DROIT DE REPRODUCTION :

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





# ELECTRODES **OK** POSTES DE SOUDURE **ESAB**



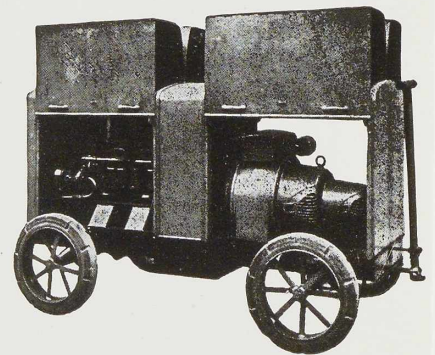
KW 500

KW 350

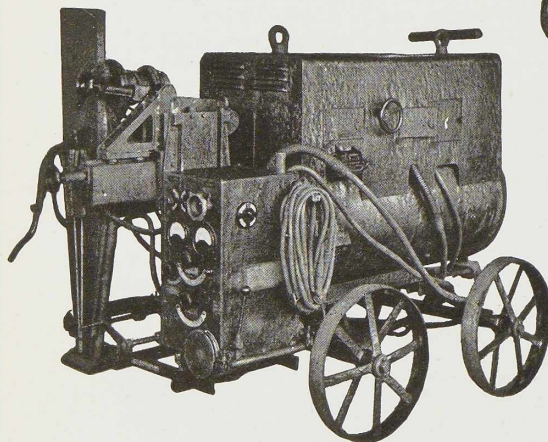
GROUPES ROTATIFS



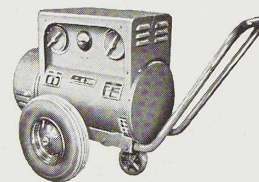
KW 250



GROUPE  
ELECTROGENE



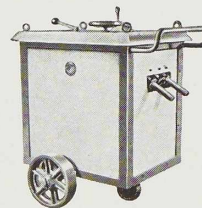
SOUDEUSE AUTOMATIQUE



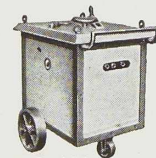
TH 300



TH 200



TH 300



TH 200

TRANSFORMATEURS STATIQUES

*40 Années d'expérience à votre service*

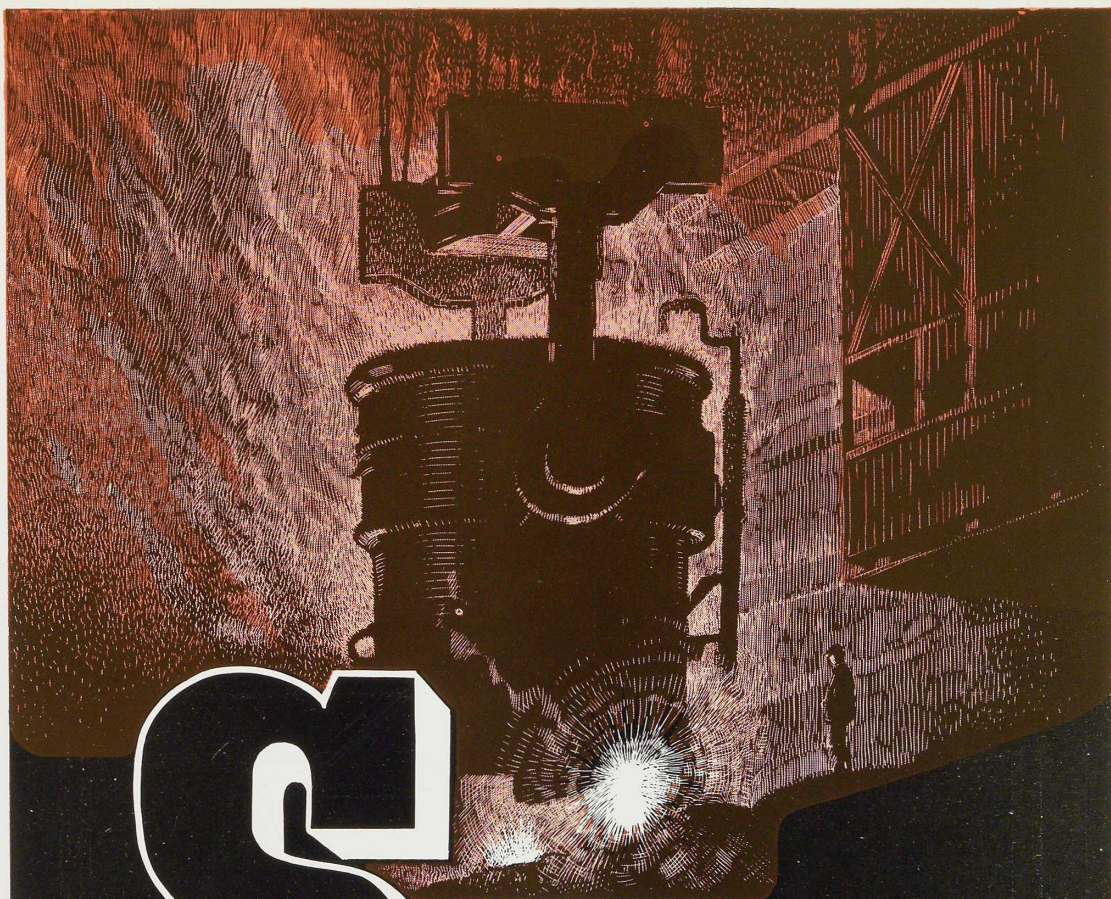
## ELECTRO-SOUDURE AUTOGENE BELGE

SOCIÉTÉ ANONYME



116-118, RUE STEPHENSON — BRUXELLES — TÉLÉPHONE 15.91.26





# TS SIDERUR

Toute la gamme des produits  
sidérurgiques en acier  
THOMAS - MARTIN - ELECTRIQUE

SOCIETE COMMERCIALE DE SIDERURGIE  
S. A.

1<sup>a</sup>, RUE DU BASTION (ELITE HOUSE) BRUXELLES  
TELEPHONES : 12.31.70 (4 LIGNES) 12.00.53 (3 LIGNES) C. C. P. : 33.79  
TELEGR. : SIDERUR-BRUXELLES - REG. DU COMM. : BRUXELLES 207.794

ORGANISME DE VENTE DE

SOCIETE ANONYME D'OUGREE-MARIHAYE, à Ougrée  
S. A. MINIERE ET METALLURGIQUE DE RODANGE, à Rodange (G.D. Luxembourg)  
S. A. ACIERIES ET MINIERES DE LA SAMBRE, à Monceau-sur-Sambre  
SOCIETE ANONYME LAMINOIRS D'ANVERS, à Schooten-lez-Anvers

Office Technique de Publicite

BÈNE

rice

GE



ÉLECTRODES « CITO »

A ENROBAGE COMPRIMÉ  
BREVETS OERLIKON-INTERCITO  
(Belgique et Etranger)

EXPORTATION

LIVRAISON DE STOCK

**SOUDOMETAL S. A.**

ÉLECTRODES DE QUALITÉ

POUR TOUS ACIERS ET  
POUR LA FONTE

BUREAUX ET USINES :

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

ADRESSE TÉLÉGRAPHIQUE : SOUDOMETAL-BRUXELLES

**CLICHÉS**

**POUR TOUTES IMPRESSIONS**

ÉTABLISSEMENTS DE PHOTOGRAVURE

**TALLON & C<sup>o</sup>S.A**

22-26, RUE SAINT-PIERRE, BRUXELLES

TÉL.: 17.08.82. CH. POST. : 251. R.C. BRUXELLES 560

**L O N D R E S . L I L L E**



## Nouvelles formes dans la construction des charpentes métalliques

par **H. Laureyssens,**  
Architecte

La toiture d'un hall industriel destiné à la construction de machines doit répondre, entre autres, aux conditions suivantes : éclairage important et uniforme, lumière indirecte, bonne isolation thermique, évacuation rapide des eaux fluviales, préservation contre la pénétration de poussière ou de neige.

La Société Anonyme des Travaux Métalliques de Boom a subi pendant la guerre des dommages assez considérables dans sa division « tournage ».

A la fin de 1944, la société a procédé au remplacement de la toiture sinistrée. A cette époque, la pénurie de matériaux de construction était grande et nous avons dû rechercher toutes les solutions permettant des économies d'acier.

Le hall central est destiné au parachèvement des pièces de grandes dimensions. Il est pourvu de ponts roulants dont la hauteur devait être respectée. Les halls latéraux, au nombre de 4, étaient de plus faible hauteur. L'ensemble avait une largeur de 75 mètres. Les fondations, les 6 files de colonnes et les 5 chemins de roulement restaient inchangés et pouvaient être réutilisés.

En conséquence, il fut décidé de construire une toiture à deux versants dont la hauteur s'adaptait à la destination et à l'équipement des anciens halls.

Les profilés provenant de la démolition de l'ancienne construction ont pu être réutilisés en grande partie. Pour ces raisons, le poids de la

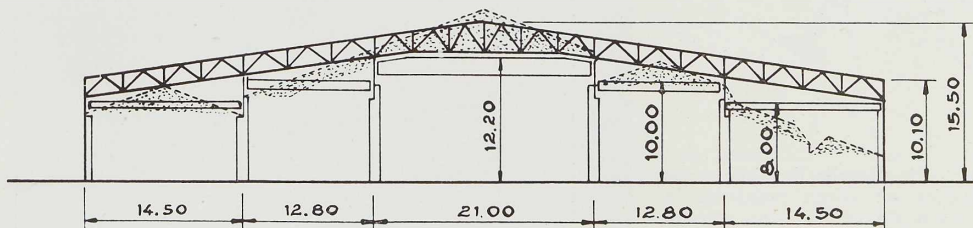
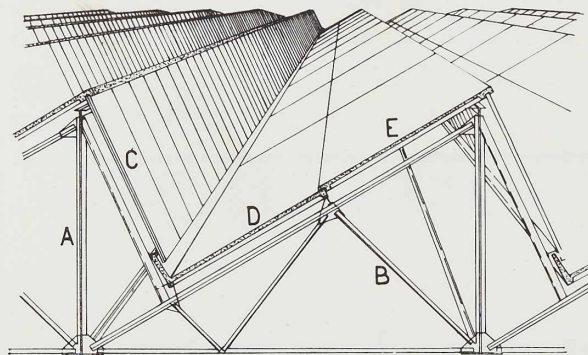


Fig. 158. Coupe schématique à travers le nouveau bâtiment de la tournerie.  
(En trait interrompu, l'ancienne disposition.)

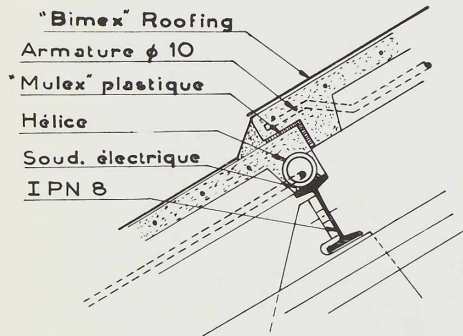




**Fig. 159.** Schéma de construction des fermes :

A : poutre continue de 75 mètres de longueur totale et d'une hauteur de 2 mètres;  
 B : fermes en shed reliant les maîtresses-poutres;  
 C : vitrage sur châssis métalliques;  
 D et E : plaques en béton, dont le mode de fixation est donné à la figure 161 ci-dessous.

**Fig. 160.** Vue intérieure de la charpente de la toiture.



**Fig. 161.** Détail du joint des plaques en béton montrant la fixation de celles-ci au moyen d'un système composé de spirales métalliques soudées aux pannes.





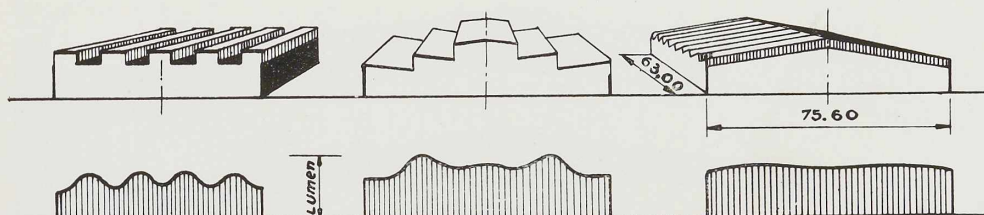


Fig. 162. Répartition schématique de la lumière naturelle suivant le type de toiture, montrant la supériorité de la toiture à deux versants.

nouvelle couverture ne pouvait être que légèrement supérieur au poids de l'ancienne couverture en tôle ondulée, sous peine de surcharger les anciennes colonnes.

D'autre part, comme il ne pouvait être question d'utiliser la tôle ondulée à cette époque, il fallut adopter une toiture en béton.

Afin d'arriver à une épaisseur minima uniforme, il fut décidé de préfabriquer des éléments en béton pour cette couverture.

Pour choisir le meilleur éclairage possible, l'intensité de la lumière fut mesurée sur plusieurs maquettes construites à l'échelle. Entre une demi-douzaine de formes de toitures différentes, c'est le type Raikem à double inclinaison qui s'est révélé le plus avantageux. Les graphiques de la figure 162 montrent l'intensité de l'éclairage mesurée à 1<sup>m</sup>50 au-dessus du sol.

Les fonderies avec leurs cubilots et convertisseurs, ainsi que les installations des sablages,

produisent une quantité assez importante de poussières et d'impuretés qui se déposent très facilement sur les surfaces vitrées. Il fut donc hors de question de donner au vitrage une forte inclinaison. Quelques essais suffirent pour démontrer les diminutions de pénétration de lumière du verre à vitre avec le nombre d'années de service. Avec une intensité de 1450 lumens, la pénétration de lumière à travers le verre martelé de 5 à 6 mm d'épaisseur se présente comme suit :

	Angle 22°	Angle 45°	Angle 90°
Après 8 ans . . . .	18 %	32 %	62 %
Après 13 ans . . . .	1,4 %	7 %	48 %
Après 18 ans . . . .	0,8 %	3,5 %	41 %

L'inclinaison de la partie vitrée a été réduite à son strict minimum, tout en tenant compte des dimensions nécessaires de la gouttière et de la possibilité d'y circuler sans difficulté.

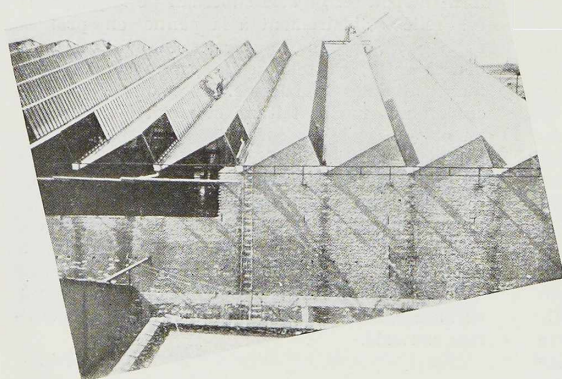


Fig. 163. Construction de la nouvelle toiture en voie d'achèvement.





**Fig. 164.** Vue intérieure de la tournerie dont le hall central est destiné au parachèvement des pièces de grandes dimensions.

#### Caractéristiques principales

La construction portante se compose de poutres A (fig. 159) continues en treillis de 2 mètres de hauteur. Ces poutres, d'une longueur totale de 75 mètres, couvrent les cinq halls et prennent appui sur six rangées de colonnes placées à des intervalles de 3<sup>m</sup>50 d'axe en axe. Les poutres pesant 2,4 tonnes chacune, sont reliées entre elles par de petites fermes B. Celles-ci sont distantes de 3<sup>m</sup>50 d'axe en axe et pèsent 43 kg.

La couverture proprement dite se compose de la partie vitrée placée dans des cadres métalliques C de 1<sup>m</sup>56 de hauteur et de 3<sup>m</sup>50 de longueur et d'éléments en béton D et E. La partie inférieure de la plaque D est construite en forme de gouttière, le côté montant de cette gouttière

formant poutre. Le côté supérieur de la plaque D est relié solidairement à la panne en profilés I PN 8 au moyen de spirales métalliques soudées à cette poutrelle, cette panne étant à son tour boulonnée à la ferme. La plaque E est exécutée en forme de faîtière et reçoit les cadres C au moyen de joints spéciaux.

Dans le sens longitudinal, les joints des plaques sont utilisés avec fermeture en « baïonnette », et remplissage au « Mulex plastic ». La longueur totale des halls est de 63 mètres, leur largeur est de 75 mètres. Ils couvrent ainsi une surface totale de 4.725 m<sup>2</sup>, dont 2.090 m<sup>2</sup> sont vitrés.

Le poids de la construction métallique s'élève à 63 tonnes, soit 13 kg 400 par mètre carré de surface couverte.

H. L.





# Les éléments de machines en tôles soudées

La soudure, dont l'emploi ne cesse de se développer, trouve aujourd'hui un nouveau champ d'application dans les éléments de machines.

L'article que l'on va lire est une adaptation d'une étude parue dans la revue **Lukens Plate** sous la signature de M. George L. Snyder, ingénieur en chef de la Société Lukenweld. L'auteur s'est fixé pour but d'informer les techniciens d'étude sur les limites du procédé, ainsi que sur l'ampleur des moyens et des méthodes utilisés pour la réalisation des ensembles soudés. Il s'est borné à l'examen des pièces de machines soumises à des efforts dynamiques, observant très justement que la conception des constructions soudées chargées statiquement suscite des considérations toutes différentes.

On connaît les objections que la soudure appliquée aux mécanismes en mouvement, envisagée pourtant depuis de nombreuses années, a généralement soulevées jusqu'ici. On sait notamment que la crainte des vibrations, nuisibles à la précision du travail exécuté sur les machines-outils, a retardé l'application de la soudure aux bâtis et a maintenu la prédominance de la fonte sur la tôle d'acier.

Sans calmer explicitement ces craintes, M. Snyder apporte cependant d'incontestables arguments à la cause des éléments soudés, par les nombreux exemples dont son étude est illustrée et dont nous reproduisons les plus caractéristiques, choisis parmi ceux qui correspondent le mieux aux objectifs de l'industrie européenne.

O. M.

## Préparation des éléments plats

La tôle d'acier laminée à chaud est le matériau de base utilisé dans les constructions de ce genre, en raison des multiples possibilités qu'elle présente quant aux dimensions et aux formes des éléments constitutifs.

Le *cisaillage* est la méthode certainement la plus économique pour le façonnage des éléments rectangulaires ou circulaires. Les déformations auxquelles il soumet les bords de la pièce coupée, et qui n'intéressent que leurs environs immédiats, sont presque toujours pratiquement négligeables.

Le *découpage au chalumeau* est le procédé le plus communément employé dans les fabrications ne portant que sur un faible nombre d'ensembles soudés, les éléments constituant chacun d'eux ayant généralement des formes très différentes.

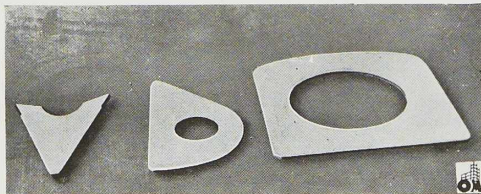


Fig. 165. Éléments estampés en tôles de 6 millimètres d'épaisseur.

Les deux procédés ci-dessus peuvent d'ailleurs être combinés pour la préparation d'un même élément.

Mais quelle que soit la méthode utilisée, les tolérances auxquelles doit répondre l'élément considéré méritent d'être prises en sérieuse considération, et c'est pourquoi un *façonnage sur machines-outils* est souvent plus recommandable. C'est le cas des assemblages comportant de nombreuses soudures. L'usinage des éléments séparés facilite le respect de la tolérance totale admise sur l'ensemble.

Dans l'exemple de la figure 170, les principaux éléments ont été préusinés. Étant donné la masse de l'organe, l'accumulation des erreurs frappant chacune des parties constitutives aurait pris des proportions incompatibles avec les tolérances imposées sur l'ensemble.

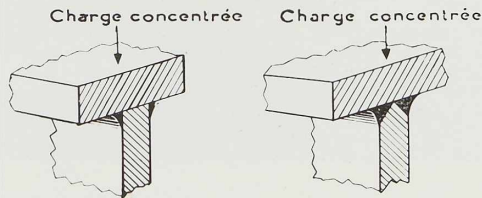


Fig. 166. Joint pour âme et aile montrant l'avantage du préusinage (à gauche).



D'autre part, plus larges sont les tolérances, plus importantes doivent être les entailles prévues pour les soudures; ces entailles réclament un dépôt plus volumineux de métal d'apport, ce qui élève le coût de l'opération.

Des considérations de résistance militent parfois également en faveur du préusinage, comme l'indique la figure 166 qui représente un détail de construction du bâti d'une grosse presse hydraulique ou mécanique. La charge dans la région comprimée de ces machines est telle que le joint indiqué à la droite de la figure serait nécessaire si le bord de l'âme n'était pas usiné.

L'usinage améliore d'autre part les contacts métal sur métal et rend les surfaces de portée capables de résister à des pressions locales considérables.

La figure 168 montre au surplus l'avantage d'une entaille usinée par rapport à une entaille exécutée au chalumeau, et l'économie de métal d'apport qu'elle permet de réaliser, surtout dans les tôles de forte épaisseur.

Soulignons encore que le préusinage est parfois nécessaire pour obtenir des contours régulier

liers dans les éléments fortement sollicités ou soumis à la fatigue (fig. 169).

Une méthode fréquemment utilisée aussi pour le façonnage des éléments plats est l'estampage à la presse. Cette opération, qui est en fait un cisailage mettant en œuvre des couteaux de forme spéciale, ne se justifie que lorsque le nombre de pièces à fabriquer permet de couvrir le

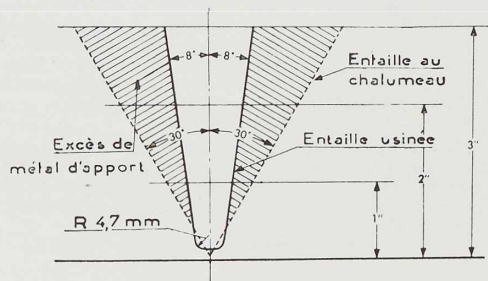


Fig. 168. Comparaison d'entailles en U et en V, nettement en faveur de la première.

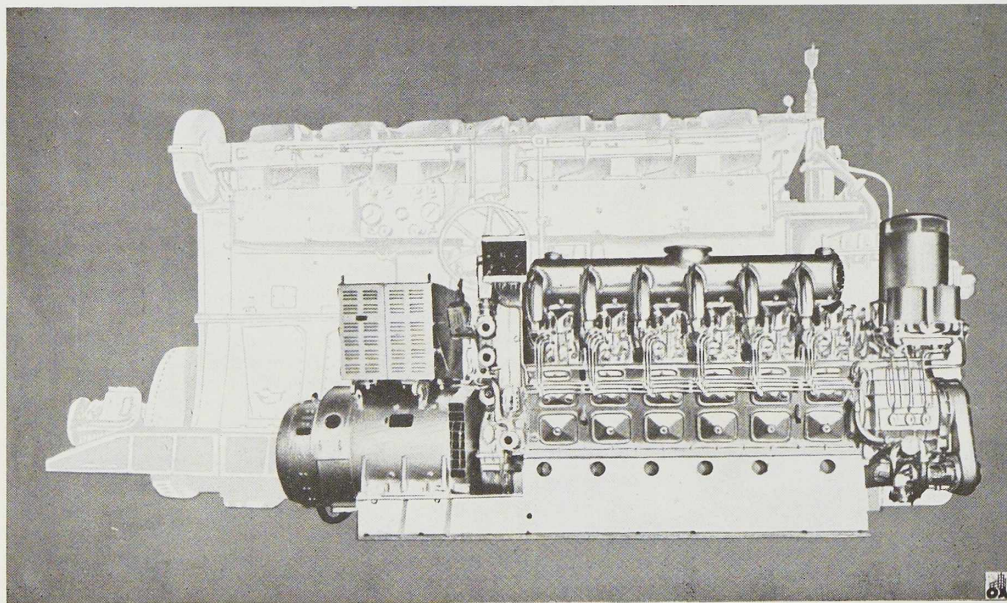


Fig. 167. Comparaison d'un moteur Diesel à 4 temps (1926) et d'un groupe électrogène Diesel à 2 temps (actuel) de même puissance, montrant nettement le gain d'espace par la construction soudée.





prix des matrices. Par exemple, l'estampage d'un élément rectangulaire s'effectue en une fois, alors qu'avec le cisailage ordinaire il faudrait quatre opérations. Le procédé dont la figure 166 montre d'autres applications, donne plus d'exactitude également dans les dimensions.

#### Pièces de forme

Nous n'avons considéré jusqu'ici que les éléments plats, mais les ensembles soudés comportent fréquemment des pièces de forme. Plusieurs méthodes sont utilisées pour leur façonnage. Citons tout d'abord le *pliage à la presse* pour l'obtention d'angles droits. La rigidité de tels éléments est naturellement plus grande que celle des éléments plats, et leur pliage est rarement aussi coûteux que les assemblages par soudure qu'ils permettent d'éliminer.

Lorsque les quantités mises en jeu le justifient, on peut utiliser avantageusement des éléments de formes spéciales produits par *emboutissage à la presse* dans des matrices adéquates. La figure 171 représente un élément obtenu de cette manière et la figure 172 montre l'ensemble soudé dans lequel quatre éléments semblables forment les coins.

Les contours cylindriques sont réalisés sur des *machines à cintrer*.

Parfois, des *profils laminés* peuvent être employés judicieusement comme éléments d'ensem-

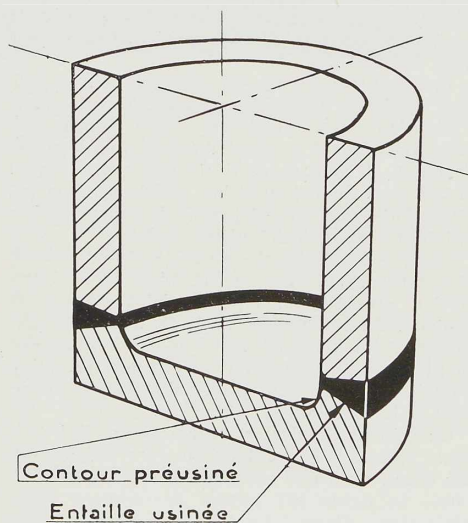


Fig. 169. Fond de cylindre d'une lourde presse hydraulique.

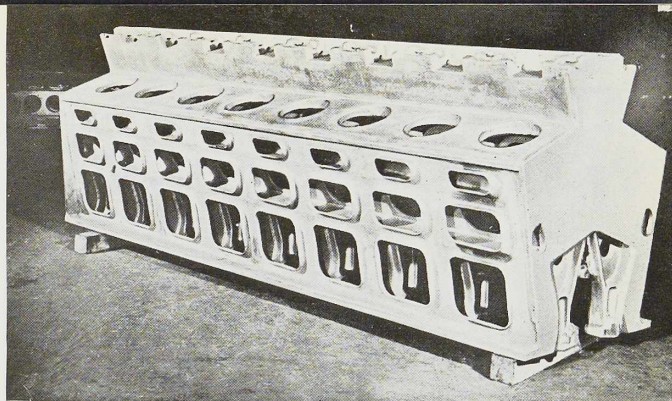


Fig. 170. Bâti soudé d'un moteur Diesel à 16 cylindres en « V ».

bles soudés. Leur intérêt à cet égard résulte de deux facteurs : une réduction du prix de revient par suite de l'élimination des soudures, et une rigidité initiale qui tend à simplifier les problèmes du retrait et des déformations. Les tolérances dont sont affectés ces produits doivent être étudiées soigneusement, car elles peuvent s'opposer aux exigences des bureaux d'étude.

Les pièces en *acier coulé* sont utilisées sur une grande échelle comme éléments constitutifs de formes compliquées, ou pour réaliser certains contours spéciaux en des points donnés d'assemblages considérés. Elles procurent d'intéressantes économies. Il y a lieu de spécifier soigneusement leurs propriétés physiques et chimiques. Si les dimensions le permettent, il est désirable de prévoir des pièces coulées en acier électrique, qui paraît posséder une plus grande pureté. Ceci est important pour l'obtention de bonnes soudures avec un minimum de difficultés.

Des pièces *forgées* peuvent être également utilisées quand leurs dimensions et leur quantité justifient la création de matrices. Ces produits possèdent de bonnes caractéristiques homogènes et, lorsqu'elles sont bien contrôlées, leurs tolérances sont serrées. La figure 173 en montre une application.

#### Montage des ensembles soudés

Après avoir examiné la fabrication et les applications des éléments séparés, passons maintenant au problème du montage des ensembles soudés, considéré du point de vue du bureau d'étude.

Les moyens de production à envisager se rangent en deux groupes. Le premier comprend ce que l'on peut appeler l'outillage universel : matériel de transport, postes de soudure automatiques, appareils de contrôle, etc. Le second groupe englobe les gabarits et montages spéciaux, ainsi que tous autres outillages qui peuvent être né-



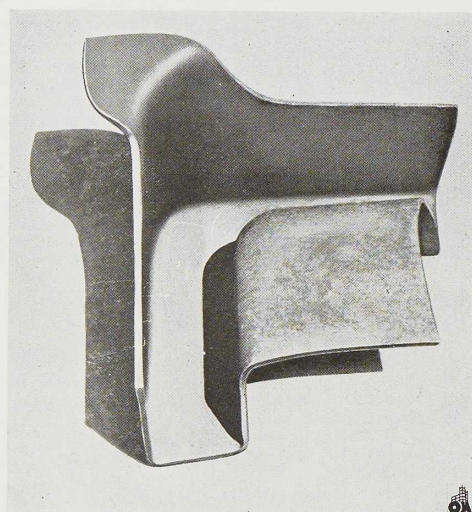


Fig. 171. Élément d'une porte de chaudière obtenu par emboutissage (voir fig. 172).

cessaires. D'une manière générale, si la production porte sur des séries qui se répètent, il convient d'examiner la création d'un outillage spécial.

Le dessinateur considérera également, par souci d'économie et de qualité, la possibilité de sub-

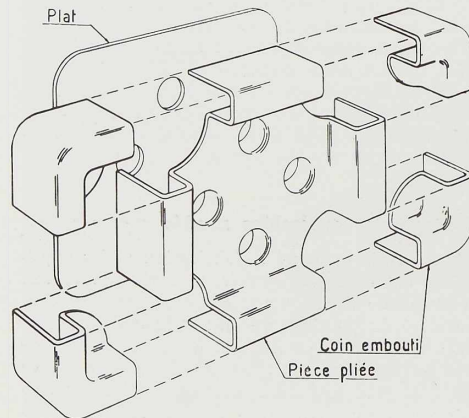


Fig. 172. Vue perspective d'une porte de chaudière à refroidissement par eau et comportant des éléments de la figure 171.

diviser l'ensemble soudé en plusieurs parties adaptées aux moyens de production de l'atelier.

En étudiant les outillages spéciaux, le dessinateur ne doit jamais perdre de vue qu'il a affaire à des éléments bruts, en dépit de toutes les précautions prises pour réduire les tolérances au minimum. Un atelier de soudure est naturellement moins bien outillé qu'un atelier de mécanique. Les gabarits et les montages seront donc conçus de manière à permettre leur transformation et leur adaptation.

Des montages spéciaux peuvent être également prévus pour maintenir des éléments dans la position convenable l'un par rapport à l'autre durant l'opération de soudage.

Il y a toujours intérêt à subdiviser un ensemble soudé en parties élémentaires parachevées le plus complètement possible avant leur assemblage. Plus loin sera poussée cette préparation, plus aisé et plus rapide sera l'assemblage final. On sera d'autant mieux assuré que celui-ci se trouve dans les limites des dimensions requises, et les effets de la soudure au point de vue du retrait et des déformations seront en outre éliminés.

Cette pratique facilite également le contrôle des soudures. Elle s'impose dans le cas du contrôle par rayons X, car celui-ci s'avérerait souvent impossible sur l'ensemble soudé par suite de l'enchevêtrement des éléments adjacents.

La méthode des montages partiels offre encore ce grand avantage qu'elle ménage le maximum d'accès aux soudures, ce qui réduit le prix de revient de ces dernières et améliore leur qualité (fig. 174 et 175).

Indépendamment de leur accessibilité, la position des joints dans l'ensemble soudé doit retenir l'attention pour plusieurs motifs importants. C'est notamment le souci d'économiser le métal d'apport et d'éviter qu'il ne soit partiellement enlevé par une mécanisation ultérieure. Une position judicieuse permet parfois de supprimer des entailles d'exécution toujours coûteuse.

Lorsque des diagonales de raidissement doivent être prévues sur une surface plane, leur intersection présente un type de joint difficile et coûteux. Dans l'exemple de la figure 176 le problème a été simplifié par l'insertion d'un élément central découpé au chalumeau, ce qui a donné lieu à des joints droits, et a facilité l'ajustage et la soudure.

Un soin particulier est requis par les intersections soumises à des tensions, des fatigues ou des chocs, ou à une combinaison de ces sollicitations. La figure 177 permet de comparer deux réalisations d'une telle intersection. A gauche, si l'on veut éviter une variation brusque de section, une quantité de soudure absolument anor-

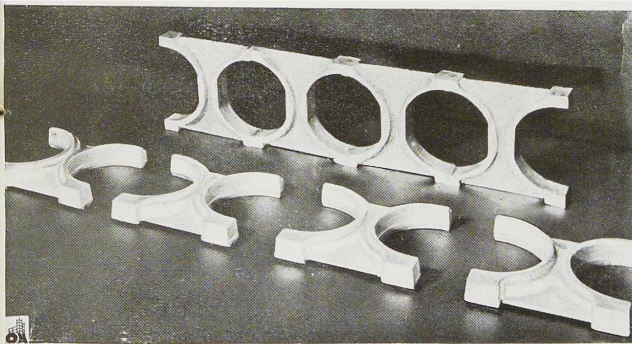




**Fig. 174.** Montage partiel dont toutes les soudures sont facilement accessibles (voir fig. 175).

male est nécessaire. Au surplus, il est pratiquement impossible de souder un pareil joint sans faire naître des tensions prohibitives. Un contrôle aux rayons X est exclu; les conditions d'ajustage sont médiocres, et le volume excessif de soudure complique les problèmes du retrait et des déformations. Aussi, la solution représentée à droite de la figure s'impose-t-elle d'elle-même.

Le constructeur veillera d'autre part à standardiser le plus possible les éléments constitutifs d'un ensemble soudé.

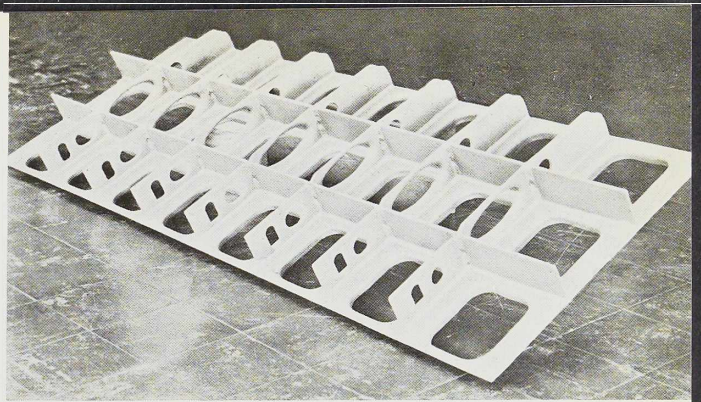


**Fig. 173.** Application de pièces forgées à la constitution d'éléments soudés de forme irrégulière.

Les problèmes du retrait et des déformations qui se présentent dans l'exécution des ensembles soudés subsisteront aussi longtemps que des températures extrêmement élevées interviendront dans l'exécution des soudures. Une certaine expérience est indispensable pour en prévoir les effets, pour les contrôler et pour les éliminer. Il est impossible de discuter ici cette question en détail. Le dessinateur doit cependant apercevoir les aspects généraux du phénomène afin d'éviter de concevoir des plans qu'il serait impossible de réaliser dans les tolérances usuelles.

La mesure dans laquelle se produisent les dé-

**Fig. 175.** Assemblage soudé comportant des éléments de la figure 174.



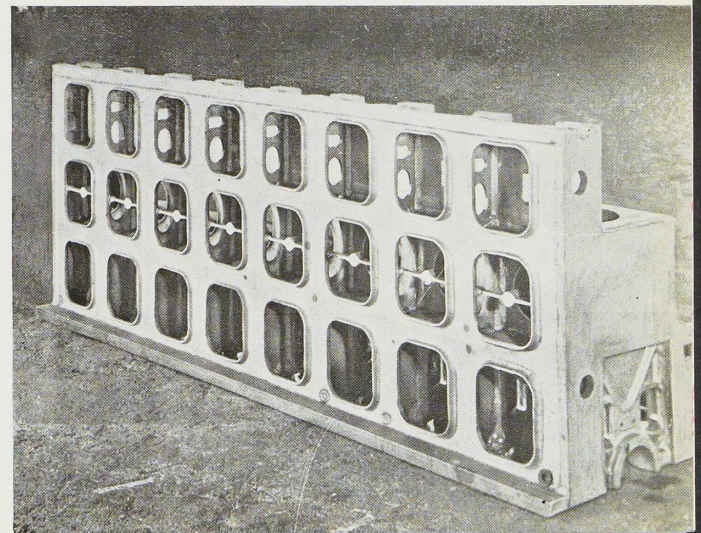
formations dépend des dimensions relatives des soudures et de leur distance à l'axe neutre de l'assemblage. Ceci est dû simplement à la capacité relative d'un élément de résister aux tensions de retrait se produisant en différents points de sa section transversale par rapport à l'axe neutre.

La soudure donne lieu à retrait longitudinal et normalement au cordon de soudure. L'ampleur du phénomène varie avec les dimensions et le type de soudure. Quand on considère la variété de types et de dimensions des soudures qui peuvent se présenter dans un assemblage moyen, ainsi que leur longueur et leur position respective l'une par rapport à l'autre, on doit admettre que le contrôle du retrait est surtout une question d'expérience pratique.

L'ordre d'exécution des soudures sera soigneusement établi, car c'est un moyen de réduire les déformations. Parfois, des montages spéciaux sont utilisés pour limiter celles-ci durant le soudage.

#### Parachèvement et méthodes de contrôle

Lorsque toutes les opérations de soudure sont terminées, il est de pratique courante d'ébarber et de sabler les arêtes et les surfaces de l'assemblage. L'enlèvement des bavures a pour but d'améliorer l'aspect et d'éviter qu'en se détachant ultérieurement ces bavures ne détériorent le mécanisme, comme ce serait le cas, par exemple, si





elles restaient logées dans un compartiment d'huile. Le sablage enlève la peau de laminage des surfaces planes et facilite l'inspection visuelle des soudures.

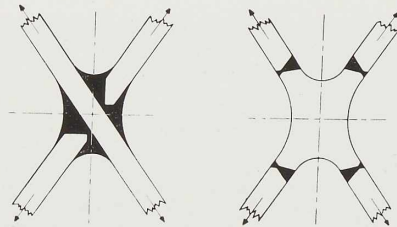
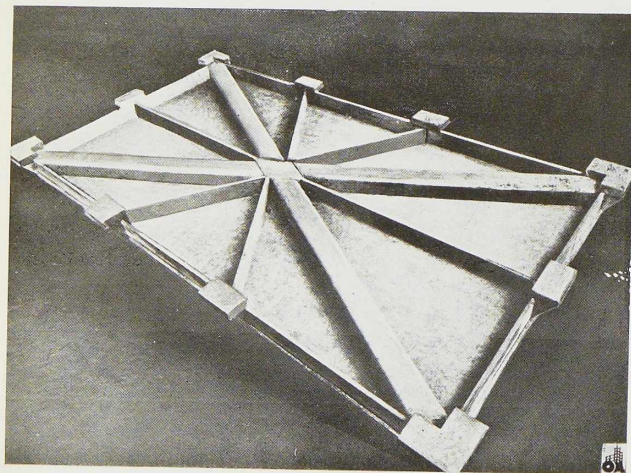
Celle-ci a pour but de vérifier l'aspect extérieur et de dépister les fissures superficielles et autres défauts apparents. Les défauts internes sont détectés à l'aide des rayons X. Les spécifications de l'ASME (American Society of Mechanical Engineers) et de la Marine de guerre des Etats-Unis donnent des règles précises à suivre dans ce domaine.

Des essais hydrostatiques sont souvent imposés par les cahiers des charges. L'étanchéité des compartiments d'huile en particulier doit être éprouvée avant que les pièces ne quittent l'atelier de soudure. Les assemblages sont soumis à une dernière vérification confirmant que leurs dimensions sont dans les tolérances prescrites.

Tout élément soudé devant subir un usinage ultérieur doit être débarrassé de ses tensions internes si les surfaces ou toutes autres parties mécanisées doivent conserver leur position relative durant toute la durée de leur service. Il en est de même des éléments soumis à des efforts, des fatigues ou des chocs importants. En effet, si les tensions naissant en service normal ont, en un point donné, la même direction que les tensions de soudure, il peut en résulter une détérioration structurale de la matière, ou des fissures.

Certes, il existe en fonctionnement des ensembles soudés qui n'ont pas été débarrassés de leurs tensions internes. C'est pourquoi il est malaisé de définir exactement les inconvénients auxquels de tels éléments sont exposés. Par conséquent, la suppression des tensions internes doit être regardée comme une sorte d'assurance dont la prime,

**Fig. 176.** Raidisseurs à la face inférieure d'un bâti de machine.



**Fig. 177.** Exemple d'intersection, sans et avec pièce de transition.

tout compte fait, est bien minime si l'on considère que le prix de revient de l'opération par kilogramme de métal ne représente que quelques centimes.

### Spécifications

Il est indispensable que les cahiers des charges relatifs aux assemblages soudés soient rédigés avec clarté et concision, afin d'éviter toute équivoque et de placer tous les soumissionnaires dans les mêmes conditions.

Les tolérances imposées sur les différentes dimensions seront soigneusement étudiées. On évitera les tolérances inutilement sévères qui exercent souvent une répercussion défavorable sur le prix de revient, alors qu'un examen judicieux montre qu'une tolérance plus large est sans effet sur le bon comportement de l'organe en service. En pratique, les meilleures conditions seront établies de commun accord avec l'atelier de soudure.

Beaucoup d'éléments soudés peuvent être incorporés dans des pièces de machines. Celles-ci, par opposition aux autres éléments constitutifs, peuvent être définies comme étant des pièces appelées à supporter des forces en mouvement, ou soumises à des efforts dynamiques.

Des charges dynamiques ou forces mobiles appliquées peuvent introduire des critères additionnels — fatigue et choc — à considérer dans la conception de la pièce et dans le choix du matériau qui la constitue. Ces deux facteurs, seuls ou combinés, influencent souvent la forme, la matière et le procédé de fabrication d'un élément mécanique.

Si la fatigue et le choc sont d'importance majeure, les caractéristiques du matériau, dont dépend sa résistance à de telles sollicitations, doivent être connues. Comme on le sait, ces propriétés sont essentiellement la limite d'endurance et la résilience ou résistance au choc.

Les contours extérieurs d'une pièce soumise à une charge dynamique doivent retenir sérieuse-



ment l'attention, surtout lorsque de la fatigue est à prévoir et que l'élément est soumis à des efforts statiques. Cette préoccupation est primordiale aux changements de section dans les pièces de formes irrégulières.

Les contours influent sur le comportement d'une pièce chargée, et ont de ce fait leur répercussion sur le poids de cette dernière. Cette préoccupation a trouvé son application dans l'exemple de la figure 178.

Les contours intérieurs sont également dignes d'attention, notamment ceux bordant les ouvertures de dimensions et de formes diverses ménagées dans certains bâtis pour des raisons de fabrication ou d'accessibilité.

Souvent, l'efficacité d'un contour judicieux, et particulièrement sa valeur au point de vue de la rigidité, ne peut être déterminée mathématiquement. Quand la rigidité doit être maximum, ou le poids réduit à l'extrême, on peut recourir à des essais sur modèle réduit. Les tensions réelles existant dans la pièce en grandeur peuvent être déterminées de leur côté à l'aide de tensomètres.

#### Limitation du poids

Fréquemment, le poids minimum constitue un facteur déterminant dans la conception des éléments de machines, et le poids d'une pièce mécanique peut être dominé par une ou plusieurs considérations. En premier lieu, une résistance suffisante doit être assurée, notamment par l'application d'un coefficient de sécurité convenable. Si l'on sait pertinemment qu'il n'existe pas de vides internes dans une section donnée, soumise à des efforts dynamiques, un des facteurs régissant le coefficient de sécurité disparaît, ou du moins est contrôlé.

Ce contrôle peut être exercé dès la conception de l'ensemble soudé si le dessin le permet. C'est un axiome que lorsqu'on désire obtenir le poids minimum, les formes doivent être aussi régulières que possible, ainsi qu'il ressort des considérations émises plus haut au sujet des contours.

Dans l'étude d'un élément de machine, il est également important de pouvoir prévoir aussi exactement que possible la grandeur, la direction et le point d'application des forces dynamiques l'une par rapport à l'autre, ainsi que les réactions qu'elles exercent dans la machine.

Après quoi, la matière capable de résister à ces efforts peut être répartie au mieux, en tenant compte des exigences mécaniques et de la condition du poids minimum.

#### Rigidité

Le facteur dominant dans le calcul des élé-

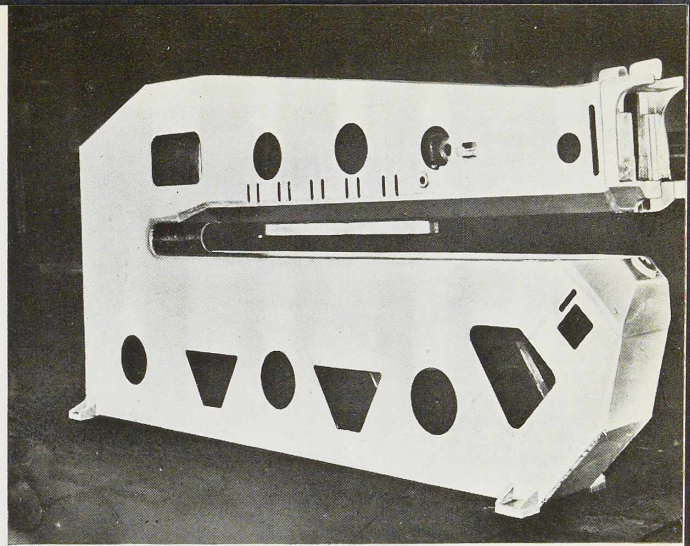


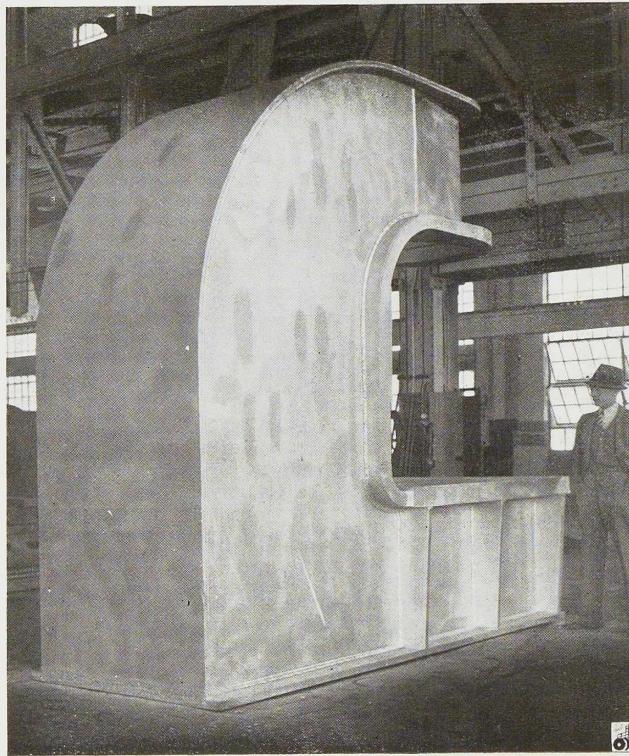
Fig. 178. Bâti de cisaille.

ments de machines est parfois constitué par la rigidité, ou raideur, plus encore que par la résistance. La rigidité ou le minimum de déformation a dominé dans le dessin du bâti de presse de la figure 170. Cet ensemble soudé est constitué uniquement de tôles laminées à chaud, avec des épaisseurs de métal aux seuls points indiqués par les exigences de l'étude.

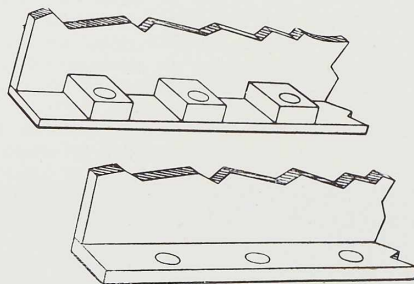
La figure 181 illustre un autre exemple de réalisation soudée qui tient compte du contrôle de la rigidité. Dans les presses de l'espèce, la structure du bâti se ramène normalement à une poutre inférieure, deux montants et une poutre supérieure; toutes les pièces séparées s'intègrent dans l'ensemble au moyen de deux ou quatre tirants verticaux fixés par des écrous à leurs deux extrémités. On aperçoit immédiatement que dans une telle conception, outre un allongement vertical rectiligne, les poutres inférieure et supérieure ont tendance, comme poutres, à fléchir au détriment de l'alignement des outils et du travail de la presse. La figure 181 montre la solution adoptée pour contrecarrer cette tendance néfaste.

La stabilité des parties métalliques minces et en porte-à-faux est un élément qui requiert également une grande vigilance dans l'établissement des éléments de machines soudés. Ces parties peuvent être néfastes au travail de la machine pour différentes raisons: risque de vibration, instabilité fondamentale, possibilité de déformations de la structure. Il existe plusieurs méthodes pour stabiliser ces expansions métalliques. « En pratique, l'imagination du dessinateur est suffisamment fertile pour trouver la solution du problème. »





**Fig. 179.** Bâti soudé d'une presse hydraulique du type ouvert pour laquelle le facteur rigidité domine de loin le facteur résistance.



**Fig. 180.** Aspects comparés d'une pièce coulée et soudée. La première peut être prévue avec des renforcements n'affectant pas le prix de revient, quant à la seconde, elle doit être constituée par des éléments simples et par conséquent comprend une aile sans renforcements d'une épaisseur plus forte.

#### Limitation des dimensions

En général, plus le nombre des éléments constitutifs d'un ensemble soudé est réduit, plus bas seront son poids et son prix de revient, et plus rigide il sera par rapport à un ensemble monobloc. La seule limite imposée aux dimensions des éléments est la possibilité de les traiter thermiquement (dimensions des fours), ainsi que la capacité des moyens de manutention.

Le technicien ne perdra pas de vue, en étudiant un bâti soudé, qu'il peut utiliser des aciers soudables à haute résistance pour les parties essentielles de la structure, tandis que les pièces secondaires seront faites en acier ordinaire au carbone, moins cher. Evidemment, les aciers soudables n'ajoutent rien à la rigidité, puisque le module d'élasticité reste pratiquement le même.

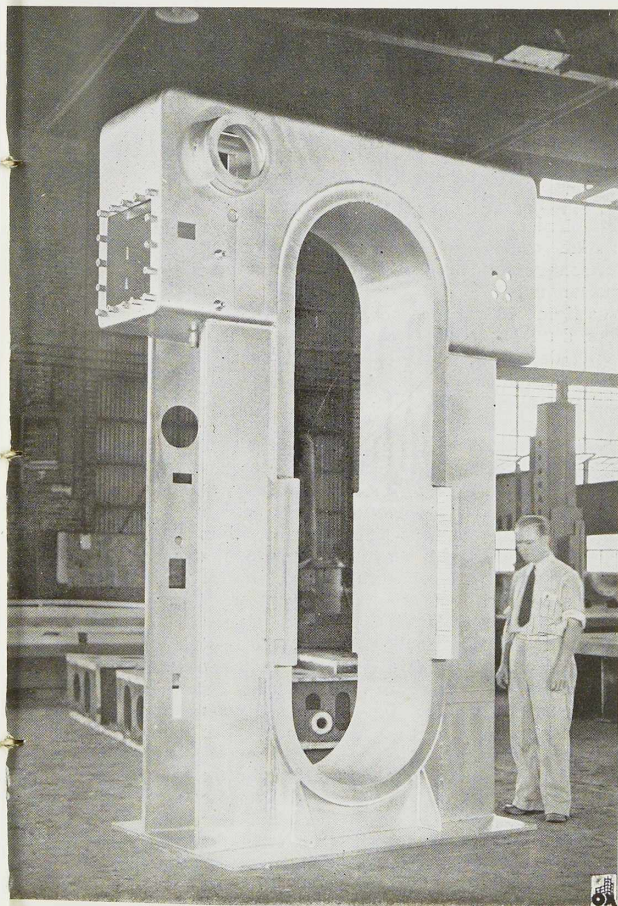
Pour déterminer s'il y a intérêt à recourir à la soudure pour l'exécution d'un organe donné,





il convient de tenir compte de son adaptation, du poids minimum et du prix de revient. Ceci étant, il faut admettre qu'un bâti soudé ne ressemble pas du tout à un bâti coulé, ce qui n'implique d'ailleurs pas qu'il soit plus désagréable à l'œil. Il est en effet logique qu'un organe produit par un procédé radicalement différent ait un aspect tout différent aussi. Si ce n'est pas le cas, il y a beaucoup de chances pour que l'ensemble soudé ne soit pas le plus économique.

**Fig. 181.** Bâti en acier soudé d'une presse hydraulique.



Prenons l'exemple de la première pièce sur la figure 180. En fonderie, des complications de forme n'affectent guère le prix de revient. En soudure, ces détails exigeraient un plus grand nombre d'éléments constitutifs nécessitant une main-d'œuvre importante pour les assembler. La deuxième pièce représentée sur la même figure remplit la même fonction, mais a été appropriée pour la soudure. Il en est ainsi dans des milliers de cas d'applications soudées.

Par ailleurs, si la réduction de poids est la préoccupation dominante, l'économie totale de l'organe peut suggérer de donner à celui-ci une forme plus compliquée. Une question se pose alors : pourquoi ne pas le couler ? La réponse est que, si la réduction de poids a une importance primordiale, pour des dimensions et un encombrement total donnés, l'organe soudé peut être réalisé avec un poids moindre sans que sa résistance ou sa rigidité soient affectées.

Pour décider de l'intérêt de la soudure dans l'exécution d'éléments de machines, il faut bien examiner dans quelle mesure elle est désirable. Logiquement, ce n'est pas uniquement parce qu'on souhaite employer ce moyen qu'il faut y recourir. Plus simplement, le moulage ou le forgeage doivent être rejetés quand la soudure offre des avantages supérieurs.

On pourrait s'étonner de l'importance accordée, dans ce qui précède, à la notion du poids et à sa réduction. Cela provient de ce que l'on a reconnu de plus en plus que la soudure s'applique avec un bonheur particulier dans tous les cas où le facteur poids a de l'importance. Le motif en est que le procédé n'impose pratiquement aucune limite à la minceur des sections. L'attention accordée au poids lui-même dans l'étude des machines s'explique par différentes raisons. C'est d'abord la réduction des forces d'inertie dans les pièces en mouvement. C'est également la nécessité d'alléger les masses soumises à des vitesses élevées, comme les voitures de voyageurs des chemins de fer modernes.

En conclusion, le résultat pratique de l'application des différentes considérations émises dans cette étude sera sans doute le mieux illustré par l'exemple de la figure 167 qui compare un moteur Diesel à quatre temps à attaque directe, construit en 1926, avec un groupe électrogène Diesel à deux temps de réalisation récente. La réduction d'encombrement est de 67,39 % et la réduction de poids de 58,40 %. Le développement de la construction en tôle soudée a donc provoqué matériellement une réelle réduction de poids. En même temps, le moteur léger moderne est de 50 % plus puissant que le moteur lourd d'il y a vingt ans.



## Les charpentes de toitures à versants portants

Les charpentes métalliques ordinaires utilisées pour la couverture des bâtiments industriels ou commerciaux, sont toutes caractérisées par des structures encombrant l'espace intérieur des locaux. Ces structures détruisent de ce fait toutes perspectives favorables à l'esthétique, sont exposées à la corrosion directe, constituent des nids à poussières, comportent un nombre relativement considérable de barres minces, coûteuses à nettoyer et à entretenir, de faible viabilité.

Les charpentes du type Robert et Musette, à versants portants, ont pour objet d'éviter cette série d'inconvénients. Elles éliminent de l'espace

intérieur du bâtiment tout élément quelconque qui nuirait à son esthétique. Elles donnent des locaux bien dégagés, convenablement éclairés et d'aspect agréable. Elles permettent l'utilisation de tous les types usuels de toitures (tuiles, tôle ondulée, éternit, etc.), et de sous-toitures, sans aucune modification du mode ni des accessoires d'attache, pas plus que des dispositifs classiques de supports (lattes, chevrons, pannes, etc.). Elles s'adaptent aux cas de sollicitation les plus variés, attendu qu'elles peuvent reprendre un effort quelconque sollicitant le système d'une manière quelconque.

La figure 185 donne un aperçu de l'aspect intérieur d'un bâtiment exécuté en ce type de charpente, dans le cas particulier de versants alternativement inclinés à 30° et à 60°. Les premiers sont recouverts indifféremment par des tuiles, de l'éternit ou d'autres matériaux, auxquels on adjoint facultativement un système usuel de sous-plafond; les seconds sont vitrés. Notons que ce type de charpente ne se limite pas au cas typique indiqué ci-dessus de sheds à versants inclinés à 30° et à 60°, mais peut s'appliquer à n'importe quelle inclinaison des versants, notamment dans le cas où ces versants sont disposés d'une manière symétrique.

Les caractères matériels du système étant ainsi définis en première analyse, étudions-en la structure générale. Une série de traverses, couvrant en nombre quelconque un espace donné, se présente en dents de scie (fig. 182). La longueur  $L$  est aussi grande que l'on désire, c'est-à-dire, en d'autres termes, le nombre de travées est illimité. La largeur  $l$  est également illimitée, et peut dépasser 50 mètres sans nécessiter de colonnes intérieures de support, chaque versant constituant une poutre en treillis à membrures parallèles ( $M$ ), montant ( $m$ ) et diagonale ( $d$ ).

Une caractéristique du système est constituée par le fait que chaque membrure supérieure ( $M_s$ )

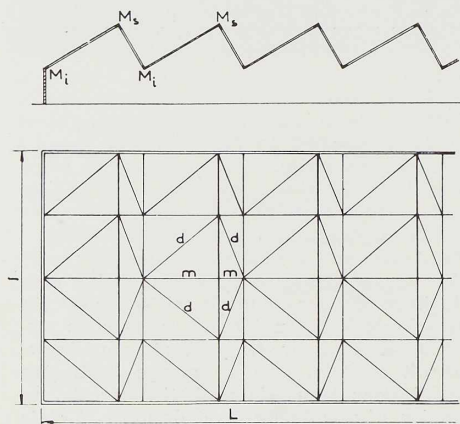
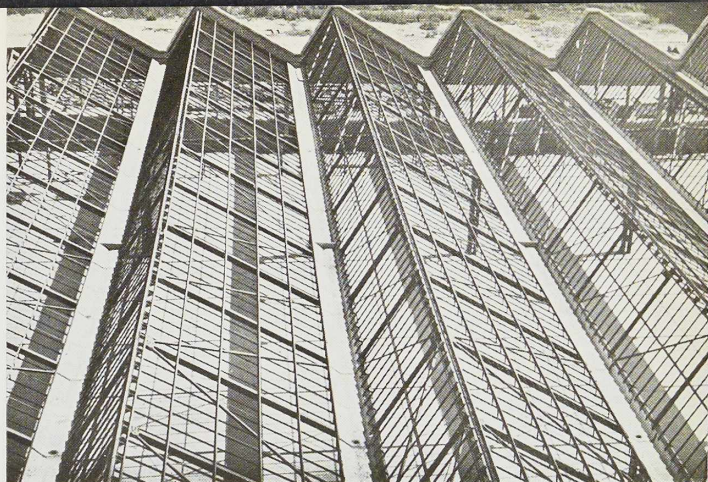


Fig. 182 et 183. Schéma d'une toiture en dents de scie sans appui intermédiaire. ( $L$  = longueur;  $l$  = largeur.) Le système en treillis est composé de membrures supérieures ( $M_s$ ), de membrures inférieures ( $M_i$ ), de montants ( $m$ ) et de diagonales ( $d$ ).





Fig. 184. Vue de la charpente de la toiture.



est commune à deux poutres du versant consécutives. En pratique, le profil de chacune de ces membrures est composé de plusieurs barres dont chacune joue un rôle de support direct des éléments de toiture dans le versant auquel elle appartient. Les membrures inférieures sont constituées très souvent par les pannes inférieures du versant; de même, les montants (*m*) sont constitués par des arbalétriers du support des pannes. Ceux des diagonales ne jouent d'autre rôle que celui d'appartenir à la poutre principale du versant.

On constate donc que les éléments de ce type de charpente sont conçus et disposés pour absorber rationnellement, sans aucun double emploi ni perte, toutes les charges affectant le bâtiment qu'elles couvrent. Il en résulte une économie certaine dans le tonnage, non compromise par un accroissement du prix unitaire.

La S. A. d'Ougrée-Marihaye a eu l'occasion d'exécuter plusieurs charpentes de ce type, dont l'exemple le plus important, actuellement construit, est le bâtiment de tissage des Usines Cottonnières de Belgique à Gand. La partie rectangulaire de ce bâtiment a comme dimensions

56 mètres de largeur et 63<sup>m</sup>45 de longueur pour une superficie totale d'environ 4.000 mètres carrés.

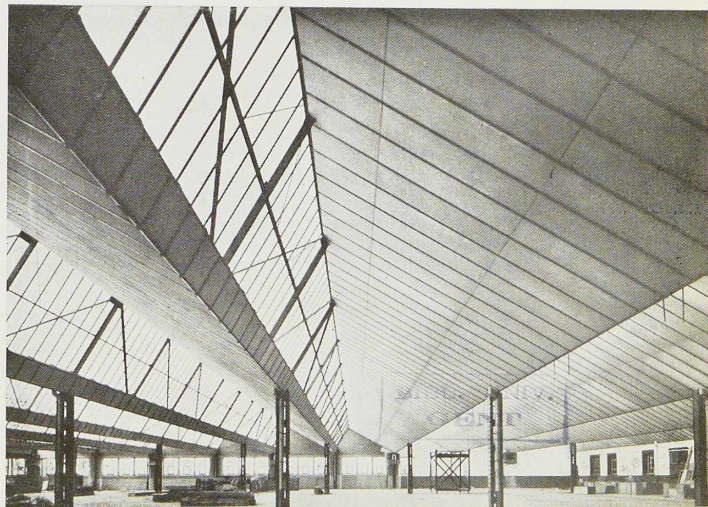
Le raccord trapézoïdal au bâtiment existant a été couvert par des fermettes dont la description n'offre pas d'intérêt particulier. La distance d'axe en axe des files de colonnes intérieures est de 24 mètres et les travées de rive ont chacune 16 mètres de portée. La hauteur libre sous ferme est de 4<sup>m</sup>30. La distance des colonnes suivant leur file est de 7<sup>m</sup>05. La couverture est réalisée en éternit ondulé. La sous-toiture est réalisée en éternit plan de 6 mm d'épaisseur déposé dans des fers T de 40 × 40 × 5 mm.

Le vitrage est constitué par du verre thermolux. L'isolation thermique des versants inclinés à 30° est réalisée par un matelas en ouate de verre situé entre la toiture et la sous-toiture. Le poids total de la charpente, y compris les colonnes, les supports de sous-toiture, ainsi que les fers T de vitrage, est de 170 tonnes.

Les figures 184 et 185 donnent des vues de ce bâtiment, prises au cours de sa construction.

On remarque tout particulièrement l'aspect dégagé du triangle sous versants.

Fig. 185. Vue intérieure de la toiture achevée : les versants sont alternativement inclinés à 30° et à 60° et sont portants; la partie vitrée est équipée de verre thermolux à grand pouvoir diffusant et isolant thermiquement.







**Fig. 186.** Vue du pont-route de l'usine hydro-électrique de Rapperswil-Auenstein d'une portée totale de 83<sup>m</sup>60 et comportant un tablier de 3<sup>m</sup>20 de largeur. Le pont a été construit en atelier en grands éléments de 33<sup>m</sup>58, 19<sup>m</sup>00 et 31<sup>m</sup>58 de portée. Une palée provisoire en rivière a été établie pendant les travaux.

## Pont-route d'accès à l'usine hydro-électrique de Rapperswil-Auenstein (Suisse)

par **A. Lambotte,**  
Ingénieur

L'usine hydro-électrique de Rapperswil-Auenstein, située sur l'Aar, est équipée de deux groupes de 23.000 CV actionnés par turbines Kaplan. L'un des groupes produit du courant monophasé 16 2/3 périodes par seconde pour les chemins de fer fédéraux et l'autre du triphasé 50 périodes par seconde pour les forces motrices du Nord-Est. La

construction de cette usine a commencé en mars 1942; elle a été mise en service en automne 1945.

Le bassin d'accumulation s'étend sur une longueur de 7,3 km et comprend une superficie de 11.359 km<sup>2</sup> pour un débit moyen de 300 m<sup>3</sup> par seconde.

Le transport de la machinerie de la centrale





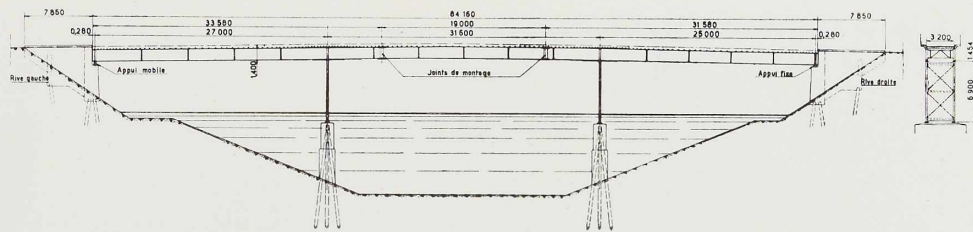


Fig. 187. Elévation et coupe du pont-route d'accès de l'usine hydro-électrique de Rapperswil-Auenstein, les deux palées en rivière sont constituées par une charpente enrobée : elles forment des appuis mobiles élastiques.

ayant dû se faire par la route, on a relié la route cantonale, à l'Ouest de Rapperswil, par une route de 4<sup>m</sup>50 de largeur qui traverse l'Aar et le canal de fuite au moyen de deux ponts métalliques à âme pleine avec tablier en béton armé et dont la largeur de la chaussée n'est que de 3<sup>m</sup>20 avec deux trottoirs de 0<sup>m</sup>65.

Le pont sur le canal de fuite a été construit par la firme Wartmann et C<sup>ie</sup> de Brugg (Argovie) et se trouve à quelques centaines de mètres de l'usine hydro-électrique.

La portée totale du pont est de 83<sup>m</sup>60 avec travées de 27 mètres, 31<sup>m</sup>60 et 25 mètres.

Les calculs de ce pont sont basés sur l'Ordon-

nance fédérale concernant les calculs, l'exécution et l'entretien des constructions métalliques, du 14 mai 1935.

### Construction

Les poutres du pont ont 1<sup>m</sup>40 de hauteur et sont constituées de deux demi-HI.60 et d'une âme de 800 × 12; elles sont en trois tronçons : 33<sup>m</sup>58, 19<sup>m</sup>00 et 31<sup>m</sup>58. Tous les cordons de soudure ont été exécutés à l'atelier et le transport des tronçons, de l'atelier à pied d'œuvre, a été effectué par la route. Les entretoises des poutres du

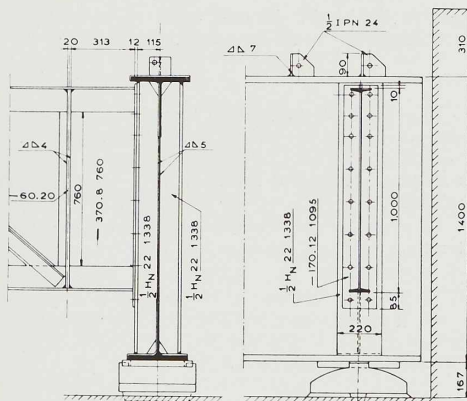


Fig. 188. Assemblage des poutres et entretoises - culée côté appui fixe. On note l'utilisation étendue de profils à larges ailes découpés et assemblés par soudure.

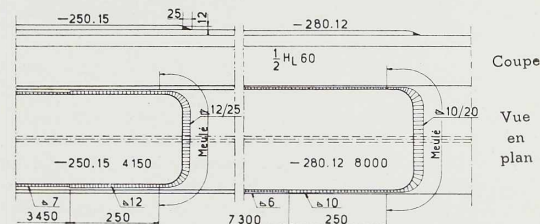


Fig. 189. Détail de la soudure des extrémités des semelles placées au droit des palées. Ces semelles ont été soigneusement raccordées à la membrure des poutres principales.

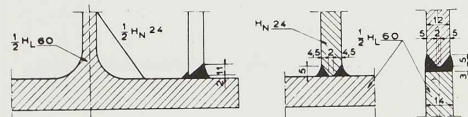


Fig. 190. Détails de la soudure des raidisseurs et (à droite) de l'assemblage des demi-poutrelles constituant membrures avec l'âme de la poutre.



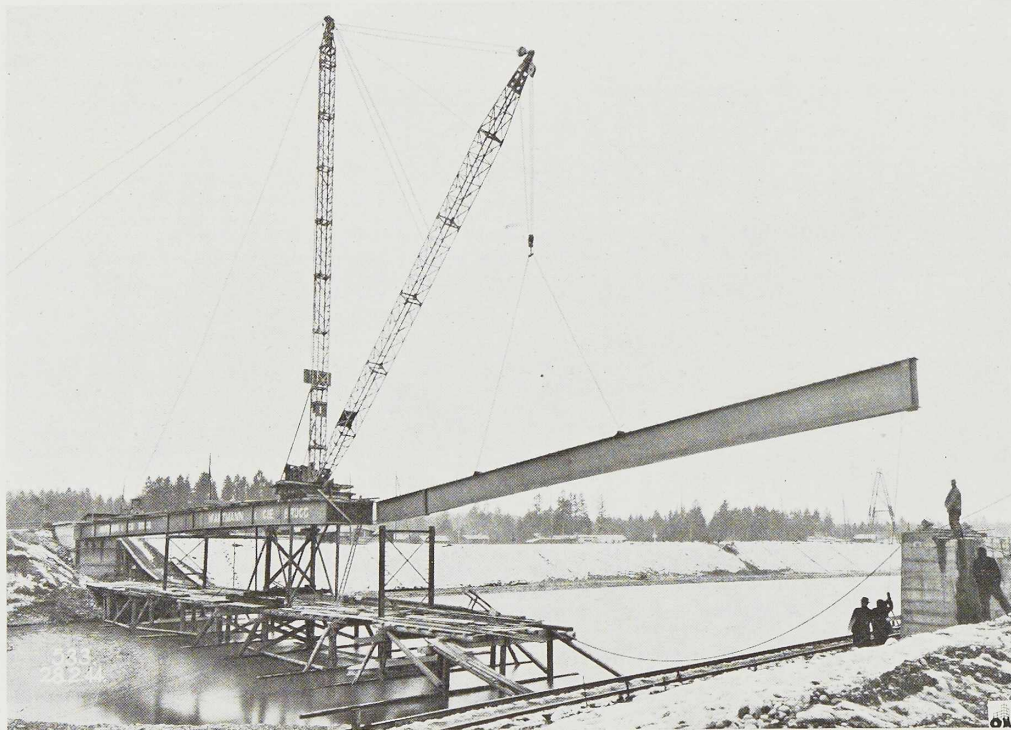


Fig. 191. Vue du pont en montage. A l'aide du derrick, on procède à la mise en place d'une poutre de 31<sup>m</sup> 58 de longueur.

Le pont ont été également soudées à l'atelier et leur fixation assurée par rivets de montage. Les contreventements des poutres sont rivés. Les figures 188 à 190 montrent quelques détails d'assemblages exécutés à l'atelier.

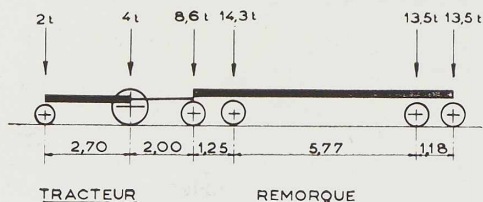


Fig. 192. Schéma des charges roulantes.

Le poids total du pont est d'environ 355 tonnes, soit 4,2 tonnes par mètre courant se répartissant en 1,1 tonne pour la partie métallique et 3,1 tonnes pour le béton armé et le revêtement en asphalte.

Le pont est conditionné pour le passage d'un tracteur avec sa remorque à la vitesse de 5 km/h, et transportant, par exemple, une roue Kaplan dont le poids atteint 40 tonnes.

Ce type de pont, un peu spécial, comportant des tronçons de poutres de plus de 30 mètres, complètement soudés à l'atelier, amenés à pied d'œuvre par la route, mis en place à l'aide d'engins appropriés et assemblés, au montage, par rivetage, a permis le passage, en toute sécurité, des pièces très lourdes de la machinerie de la Centrale.

A. L.





# Impératifs de la reconstruction des parcs de stockage <sup>(1)</sup>

par G. Daric

## Introduction

M. Larson, ingénieur à la Chicago Bridge Company, écrivait, récemment, non sans une pointe d'humour : « Il nous faut bien dire, tout d'abord, qu'il est avéré qu'un réservoir, quel qu'il soit, destiné au stockage du pétrole, est en somme un mal et un mal nécessaire. Quiconque s'occupe de pétrole reconnaît qu'un réservoir est une chose dont personne ne veut mais dont personne cependant ne peut se passer dans une exploitation industrielle. Il est en quelque sorte un *coffre-fort*. Il permet de garder et de protéger une chose qui a de la valeur, mais son rôle effectivement se borne là. » Nous ralliant à cette définition, nous esquisserons quelques considérations tendant à organiser au mieux *l'inévitable*.

Grands et petits, les réservoirs se rencontrent sur les champs pétrolifères, dans les raffineries et les dépôts. Avec des soins sans cesse plus attentifs, ils prennent en charge la précieuse énergie liquide à tous les stades de sa longue chaîne de transformation, de transport et de distribution.

En raffineries, ils représentent 20 % des investissements, et 40 % en dépôts. Sur les 3.300.000 mètres cubes de capacité installés en France en 1938, hors raffineries, 1 million de mètres cubes seulement subsistaient à la libération. Le déficit actuel serait de 1.600.000 mètres cubes nécessitant 60.000 tonnes d'acier.

Les mêmes ordres de grandeur existent dans le secteur raffinage.

Par ailleurs, la Commission de Modernisation des Carburants prévoit, pour l'année 1950, une consommation totale de 11.080.000 tonnes dont 3.600.000 tonnes d'essence d'auto, la quantité importée étant de 8.200.000 tonnes (valeurs respectives en 1938 : 6.478.000 tonnes, 2.740.000 tonnes et 8.127.000 tonnes).

De telles nécessités de restauration, puis de

développement, inciteront les pétroliers à reconsidérer les éléments du problème de stockage et à rechercher, compte tenu des contingences de la situation économique générale, les « impératifs » techniques. Ceux-ci sont simples dans leur énoncé et pourraient presque être résumés par « économie d'énergie, tant humaine que matérielle »; ce sont :

- Economie de matériaux de construction;
- Rapidité et simplicité d'exécution;
- Lutte contre le gaspillage des produits;
- Amélioration de l'exploitation.

La recherche de l'efficacité n'est pas nouvelle dans notre industrie : les rapides étapes de son évolution en fournissent une preuve incontestable.

Les économies de matières et la réduction des délais sont essentiellement réalisables par une organisation générale et locale des établissements pétroliers, par la normalisation et la recherche de formes rationnelles pour les réservoirs.

L'économie de produit appelle une lutte soutenue contre les pertes notamment par évaporation des produits légers et l'amélioration des qualités professionnelles des exploitants.

Les ingénieurs sont parfois enclins à limiter la notion de rendement et cela se conçoit, car il s'agit de leur champ d'activité quotidien, aux échelons machines, ateliers et usines, c'est-à-dire en fait à des rendements élémentaires. Le rendement final, pour toute branche d'activité (le stockage des produits pétroliers étant un cas particulier), intègre, en réalité, des facteurs complémentaires d'incidence non négligeable et perfectibles.

Globalement, le rendement pourrait s'exprimer par la relation

$$R_f = R_o \times R_t \times R_n \times U$$

dans laquelle :

$R_o$  : rendement organique (dispositions générales prises aux échelons national et local);  
 $R_t$  : rendement technique du matériel (degré de

(1) G. Daric a exposé cette question à la Société belge pour l'étude du Pétrole, à Bruxelles, le 29 avril 1947.





perfection ou d'adaptation de celui-ci);  $R_h$  : facteur humain (efficacité du personnel pour tirer le meilleur parti de l'outillage);  $U$  : coefficient d'utilisation (rapport des temps d'utilisation effective aux durées totales).

On pourrait sans doute développer et discuter longuement ces notions. Nous nous contenterons de faire ressortir les considérations répondant à notre objectif limité.

L'intérêt réel que présente une économie de matériel ou d'énergie pourrait s'exprimer par :

$$E = C_o \times \Delta R_y \times O$$

$C_o$  étant un facteur de consommation (tonnage, volume), et  $O$  un facteur d'opportunité variable en fonction des circonstances et des matériaux (hiérarchie mobile des matériaux).

Pour souligner ce facteur d'opportunité, ouvrons une courte parenthèse pour rappeler que la revue *National Petroleum News* a édité en 1945 un opuscule destiné à présenter les nécessités que la guerre a fait naître dans l'industrie pétrolière américaine. Nous y lisons notamment ceci :

- Réduction des tolérances de corrosion;
- Substitution d'échelles aux escaliers;
- Réduction du nombre des trous d'hommes;
- Élimination des vannes installées en double;
- Installation du matériel lourd de préférence au sol;
- Substitution d'acier Thomas à l'acier Martin;
- Généralisation du soudage tant pour les fabrications que pour les réparations;
- Réemploi des tubes de four en alliage par soudage des parties saines;
- Développement de la métallisation et de la recharge pour réparer les pièces usées;
- Réemploi pour la construction d'unités nouvelles d'appareils provenant d'unités périmées.

La France ne monopolise donc pas les solutions de pénurie, mais il est vrai qu'il s'agit là pour l'Amérique de circonstances de guerre.

*Dispositions à l'échelon national.* — Aux organisations professionnelles et aux pouvoirs publics reviennent les mérites d'un plan de modernisation. Rappelons néanmoins qu'avant-guerre un réaménagement était amorcé par des accords intersyndicaux portant notamment sur les caractéristiques des produits pétroliers de consommation courante. Ce faisant, les sociétés distributrices pouvaient recevoir la marchandise de la raffinerie la plus proche. Ainsi les transports, et par suite les manipulations et les stockages intermédiaires, se trouvaient notablement simplifiés.

Sur les dispositions les plus récentes, je me bornerai à signaler que l'étude des points nor-

maux d'importation de produits bruts et finis, des centres de raffinage et de distribution, ainsi que des moyens de transport (notamment des pipe-lines) fut l'une des bases du plan de modernisation.

*Dispositions à l'échelon local.* — Un regard en arrière sur la physionomie des agglomérations d'établissements pétroliers, notamment de dépôts, montre que la restauration ne pourrait se faire d'une manière identique pour chacun.

Ces agglomérations se développèrent en des points économiquement favorables, à proximité des lieux d'importation, de transformation ou de distribution, dans la mesure consentie par les prescriptions administratives; en fait, dans le voisinage des voies maritimes et fluviales qui sont les artères favorites des produits transportés en masse et là où des terrains de surfaces suffisantes pouvaient être acquis. L'examen de certaines d'entre elles montre l'absence d'un plan d'ensemble présidant à leur naissance et dirigeant leur développement. Elles sont le reflet d'une économie à tendance individualiste et aussi la conséquence d'une adolescence à présent révolue de notre industrie.

Un caractère dominant est l'autonomie presque totale de chaque établissement qui dispose pour son compte exclusif de réservoirs, liaisons au port, tuyauteries, ateliers, services de contrôle de douane, etc... Les principes d'un urbanisme appliqué aux agglomérations pétrolières, donneraient un bénéfice, du point de vue constructif seul, de l'ordre de 30 % pour le stockage, du fait, et de la capacité unitaire des réservoirs et de la réduction de capacité totale (pour une fonction économique donnée) qu'autorise une concentration et cette sorte d'assurance mutuelle réalisée par des interconnexions (fig. 193).

Dans le rapport de la Commission des Carburants, nous voyons notamment ceci :

« Au moins pendant la période de pénurie d'acier et de main-d'œuvre il est nécessaire de recourir à l'exploitation, voire même à la création en commun de certaines installations de stockage existantes ou à créer, coordination des efforts ne devant d'ailleurs pas être exclusive d'une grande souplesse terminale permettant aux sociétés d'aborder la clientèle dans des conditions d'émulation commerciale qui reste la meilleure garantie que le public sera convenablement servi. »

#### Progrès technique à l'échelon « réservoirs »

La construction d'un réservoir est et restera grosse consommatrice d'acier. L'idée de norma-





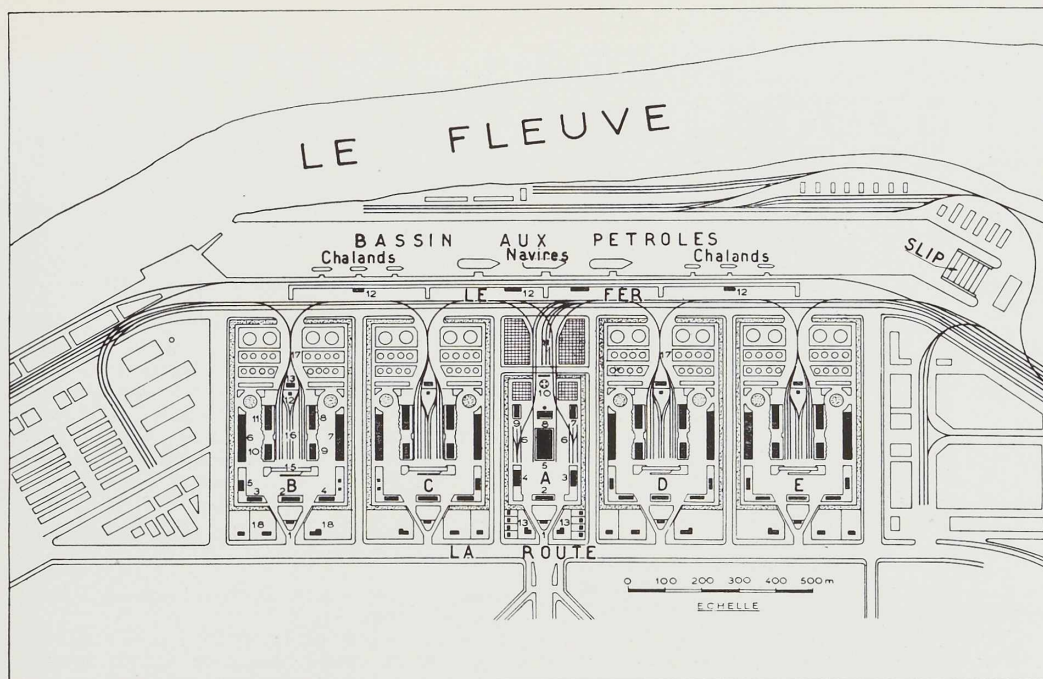


Fig. 193. Plan général d'un bassin pétrolier montrant la complexité d'un tel bassin et l'assurance mutuelle réalisée par les interconnexions.

lisation des réservoirs de type courant, c'est-à-dire cylindriques à axe vertical, naquit tout naturellement. Pendant la guerre, le Bureau français de Normalisation du Pétrole créa une commission à laquelle participèrent des représentants de tous les intéressés en cause, c'est-à-dire : pétroliers, constructeurs, métallurgistes, Service des Poids et Mesures, etc. Le bureau d'étude d'un constructeur fut mis à la disposition de cette commission.

Après une étude des normalisations existantes ou des tentatives faites en France et à l'étranger, la commission fixa sa doctrine dont voici l'essentiel :

#### Classement des réservoirs en fonction des pressions admissibles en phase gazeuse

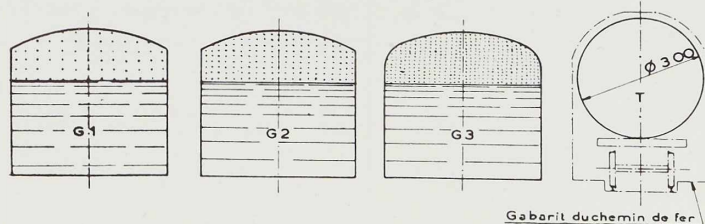
Groupe G 1 : réservoirs à « basse pression » (pressions de — 2,5 à 5 g);

Groupe G 2 : réservoirs à « moyenne pression » (pressions de — 5 à 25 g).

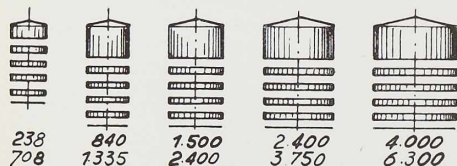
Un groupe G 3, réservoirs dit à « haute pression » (pressions de — 25 à 150 g) fut envisagé mais leur normalisation jugée prématurée en raison de l'évolution des techniques proposées.

Citons en outre les réservoirs transportables sur voies ferrées, dits réservoirs « T », caractérisés par leur diamètre de 3 mètres.

Fig. 194. Divers types de réservoirs classés en fonction des pressions admissibles en phase gazeuse, ainsi que le réservoir transportable sur voies ferrées d'un diamètre de 3 mètres limité par le gabarit.







### 1° Loi DES DIAMETRES

On a :  $\phi = \frac{nL}{\pi}$   
pour  $L = 1$  :  $d = \frac{1}{\pi}$   
d'où :  $\phi = n d$

### 2° Loi DES SURFACES

$S = \frac{\pi \phi^2}{4} = \frac{\pi^2 L^2}{4\pi}$   
pour  $n = 1$  :  $B = \frac{L^2}{4\pi}$   
d'où :  $S = B \times n^2$

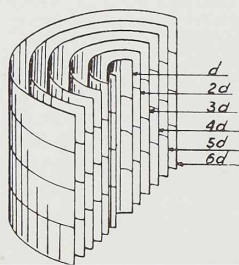
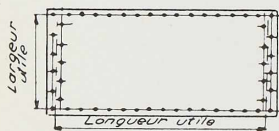


Fig. 195. Echeonnement des capacités par la combinaison de deux progressions arithmétiques.

Hauteur	Capacité
1 <sup>m</sup> 80	12,5
3 <sup>m</sup> 60	25
5 <sup>m</sup> 40	38
7 <sup>m</sup> 20	50

TABLEAU II. — Capacités en m<sup>3</sup> des réservoirs rivés (G 1R et G 2R, constitués par des tôles de 1<sup>m</sup>80 × π 2<sup>m</sup>00. La hauteur de ces réservoirs sera donc un multiple de 1<sup>m</sup>80, et leur diamètre un multiple de 2 mètres.

N. B. — Les réservoirs dont la capacité est indiquée en chiffres gras sont ceux particulièrement recommandés.

TABLEAU I. — Capacités en m<sup>3</sup> des réservoirs T d'un diamètre nominal de 3 mètres. Une virole est constituée par deux tôles de 1<sup>m</sup>80 × π 1<sup>m</sup>50; la hauteur du réservoir sera un multiple de 1<sup>m</sup>80.

N. B. — Les réservoirs dont la capacité est indiquée en chiffres gras sont ceux particulièrement recommandables.

Diamètre	8 <sup>m</sup> 00	12 <sup>m</sup> 00	16 <sup>m</sup> 00	20 <sup>m</sup> 00	24 <sup>m</sup> 00	28 <sup>m</sup> 00	32 <sup>m</sup> 00	38 <sup>m</sup> 00	40 <sup>m</sup> 00
	Surface								
Hauteur	50,27 m <sup>2</sup>	113,1 m <sup>2</sup>	201,1 m <sup>2</sup>	314,2 m <sup>2</sup>	452,4 m <sup>2</sup>	615,8 m <sup>2</sup>	804,3 m <sup>2</sup>	1 017,3 m <sup>2</sup>	1 256,3 m <sup>2</sup>
7 <sup>m</sup> 20	360	810	1 450	—	—	—	—	—	—
9 <sup>m</sup> 00	450	1 020	1 810	2 830	4 070	5 540	—	—	—
10 <sup>m</sup> 80	540	1 220	2 170	3 390	4 860	6 650	8 690	10 990	13 570
12 <sup>m</sup> 60	630	1 420	2 530	3 960	5 700	7 760	10 130	12 830	15 830
14 <sup>m</sup> 40	—	1 630	2 900	4 520	6 510	8 870	11 580	14 660	18 100

### Modes de réalisations

Réservoirs à assemblages rivés (G 1R, G 2R) dont le toit est cependant entièrement soudé, ainsi que certains éléments d'assemblages.

Réservoirs à assemblages entièrement soudés (T, G 1S, G 2S).

### Echelonnement des capacités (fig. 195)

Combinaison de deux progressions arithmétiques, l'une des diamètres, l'autre des hauteurs. Cette solution qui permet de satisfaire les besoins généraux de l'industrie donne une souplesse suffisante pour tenir compte notamment de la résistance du sol et des hauteurs requises pour l'écoulement des produits en raffineries (tableaux I à V).

### Normes dimensionnelles des tôles (dimensions nominales)

Réservoirs rivés (G 1R, G 2R) : longueur π 2<sup>m</sup>00; largeur 1<sup>m</sup>80.

Réservoirs soudés (G 1S, G 2S) : pour diamètres jusqu'à 20 mètres : longueur π 2<sup>m</sup>00; largeur 1<sup>m</sup>80; pour diamètres supérieurs à 20 mètres : longueur π 3<sup>m</sup>00 (sauf π 1<sup>m</sup>50 pour les tôles inférieures à 8 mm d'épaisseur), largeur 2<sup>m</sup>40.

Réservoirs T : longueur π 1<sup>m</sup>50; largeur 1<sup>m</sup>80.

### Rivetages et envirolages

A chaque épaisseur de tôle correspond un seul tracé de rivetage, ce qui rend la préparation des tôles presque indépendante du diamètre du réservoir sur lequel elles seront montées.

L'envirolage choisi est l'envirolage « tronconique » (fig. 196).





Diamètre	4 <sup>m</sup> 50	6 <sup>m</sup> 00
	Surface	
Hauteur	15,9 m <sup>2</sup>	28,27 m <sup>2</sup>
1 <sup>m</sup> 80	30	50
3 <sup>m</sup> 60	60	100
5 <sup>m</sup> 40	90	150
7 <sup>m</sup> 20	110	200
9 <sup>m</sup> 00	140	250
10 <sup>m</sup> 80	—	310

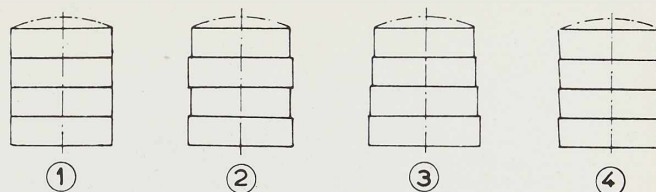


Fig. 196. Divers types de rivetage utilisés dépendant non pas du diamètre du réservoir, mais bien de l'épaisseur de la tôle. Le tracé et l'exécution des tôles est ainsi grandement facilité.

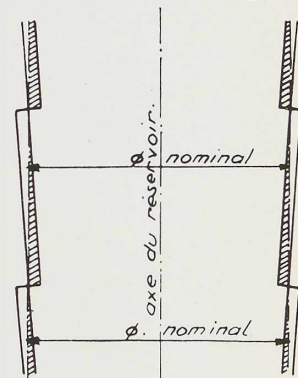


TABLEAU III. — Capacités en m<sup>3</sup> de réservoirs rivés constituant une série intermédiaire entre les réservoirs T et les réservoirs G 1R et G 2R. Les tôles utilisées ayant une dimension nominale de 1<sup>m</sup>80 × π 1<sup>m</sup>50, la hauteur du réservoir sera un multiple de 1<sup>m</sup>80 et son diamètre un multiple de 1<sup>m</sup>50.

Diamètre	4 <sup>m</sup> 50	6 <sup>m</sup> 00	8 <sup>m</sup> 00	12 <sup>m</sup> 00	16 <sup>m</sup> 00	20 <sup>m</sup> 00
	Surface					
Hauteur	15,9 m <sup>2</sup>	28,3 m <sup>2</sup>	50,2 m <sup>2</sup>	113,1 m <sup>2</sup>	201 m <sup>2</sup>	344,2 m <sup>2</sup>
1 <sup>m</sup> 80	30	50	90	—	—	—
3 <sup>m</sup> 60	60	100	180	—	—	—
5 <sup>m</sup> 40	90	150	270	—	—	—
7 <sup>m</sup> 20	110	200	360	810	1 450	—
9 <sup>m</sup> 00	140	250	450	1 020	1 810	2 830
10 <sup>m</sup> 80	—	310	540	1 220	2 170	3 390
12 <sup>m</sup> 60	—	—	630	1 420	2 530	3 960
14 <sup>m</sup> 40	—	—	—	1 630	2 900	4 520

TABLEAU IV. — Capacités en m<sup>3</sup> des réservoirs soudés (G 1S et G 2S) pour des diamètres jusqu'à 20 mètres. Les dimensions nominales des tôles étant de 1<sup>m</sup>80 × π 2<sup>m</sup>00, la hauteur de ces réservoirs sera un multiple de 1<sup>m</sup>80, le diamètre étant un multiple de 2 mètres. Une exception est constituée par les réservoirs de 4<sup>m</sup>50 de diamètre utilisant des tôles de 1<sup>m</sup>80 × π 1<sup>m</sup>50.

N. B. — Les réservoirs dont la capacité est indiquée en chiffres gras sont ceux particulièrement recommandés.

Diamètre	24 <sup>m</sup> 00	30 <sup>m</sup> 00	36 <sup>m</sup> 00	42 <sup>m</sup> 00
	Surface			
Hauteur	452,2 m <sup>2</sup>	706,5 m <sup>2</sup>	1 017,4 m <sup>2</sup>	1 384,7 m <sup>2</sup>
9 <sup>m</sup> 60	4 330	6 780	—	—
12 <sup>m</sup> 00	5 430	8 480	12 210	16 620
14 <sup>m</sup> 40	6 520	10 170	14 650	19 940

TABLEAU V. — Capacités en m<sup>3</sup> des réservoirs soudés (G 1S et G 2S) pour des diamètres supérieurs à 20 mètres. Les dimensions nominales des tôles étant de 2<sup>m</sup>40 × π 3<sup>m</sup>00, la hauteur de ces réservoirs sera un multiple de 2<sup>m</sup>40, le diamètre étant un multiple de 3 mètres.



## Nuance des aciers

a) Tôles de la catégorie « construction » (les tôles des catégories « chaudières et coques » étant réservées à des usages plus nobles) possédant une charge de rupture R comprise entre 42 et 50 kg/m<sup>2</sup> et un allongement A déterminé par un coefficient de qualité  $R + 2,5 A \geq 104$ . L'analyse chimique donnera des valeurs maxima de 0,06 % pour le phosphore et 0,05 % pour le soufre, le total de ces deux éléments étant inférieur à 0,10 %. De préférence, on choisira des tôles en acier Martin (1).

Pour les réservoirs soudés, les caractéristiques sont les mêmes mais avec garantie de soudabilité.

b) Les *cornières de rives* ont les mêmes caractéristiques que les tôles.

c) Les *profilés de charpentes rivées* sont par contre en acier Thomas, de charge de rupture comprise entre 33 et 50 kg/mm<sup>2</sup>.

d) Les *rivets* sont en acier Martin et auront une charge de rupture comprise entre 37 et 44 kg/mm<sup>2</sup>. Le coefficient de qualité  $R + 2,5 A \geq 114$ . L'indice de pureté chimique : phosphore + soufre  $\leq 0,07$  %.

## Charges

Les réservoirs sont calculés pour résister à un produit de densité 1 (eau).

Charge de neige sur le toit : 50 kg/m<sup>2</sup>.

Surcharge locale à un endroit quelconque du toit : 500 kg répartis sur une surface de 1 m<sup>2</sup>.

## Tensions admissibles maxima

15,5 kg/mm<sup>2</sup> sur tôles corrodées (marge de corrosion en principe 1 mm) compte non tenu du coefficient d'assemblage.

14 kg/mm<sup>2</sup> sur tôles neuves dans les mêmes conditions. Il s'ensuit que le coefficient de sécurité choisi est de 2,75 sur réservoirs corrodés et de 3 sur les réservoirs neufs, rapporté à la résistance à la rupture de l'acier la plus faible (42 kg/mm<sup>2</sup>).

Pour les assemblages rivés, les coefficients d'assemblage ont été calculés dans chaque cas particulier.

Par raison d'économie de matières, ces coefficients atteignent 94 % dans le cas des tôles les plus épaisses, grâce à l'emploi de couvre-joints

(1) Ces aciers correspondent aux aciers normalisés en Belgique sous la désignation A42 (voir *L'Ossature Métallique*, n° 1-1947, pp. 42 à 47).

doubles. Le coefficient d'assemblage par soudage a été fixé à 85 %.

## Formes des toitures et charpentes

Les réservoirs G 1R, G 1S ont une toiture conique de pente 1/16 supportée par des poteaux prenant appui sur le fond (conception américaine). Il s'agit là d'un mode de réalisation économique qu'autorise la faible pression (5 g).

Par contre, les réservoirs G 2R, G 2S ont une toiture sphérique de flèche  $= \frac{D}{12}$ . La charpente est constituée par des nervures jusqu'à 16 mètres de diamètre, et par des fermes à partir de 20 mètres de diamètre. Nervures et fermes sont fixées à la virole supérieure servant d'appui unique.

## Accessoires

La commission jugea opportun de se limiter, pour le moment, aux accessoires chaudronnés, c'est-à-dire : trous d'hommes, piètements, escaliers, etc.

## Documents établis

Plus de 250 documents ont été établis et sont mis à la disposition de l'industrie du pétrole et des constructeurs de réservoirs. Ces documents comportent notamment : une terminologie, les notes de calcul, les spécifications techniques des réservoirs, les dessins d'assemblages et d'ensembles, les notes d'approvisionnement, un cahier de qualification des soudeurs, un texte-type de commande, etc.

De nombreux réservoirs sont déjà construits par les diverses sociétés d'après ces documents.

Signalons toutefois que si les travaux de normalisation sont pratiquement achevés pour les réservoirs rivés G 1R, G 2R, ils sont moins avancés pour les réservoirs entièrement soudés G 1S, G 2S. Pour ces derniers les normes dimensionnelles, les capacités nominales, les épaisseurs des tôles et les bases essentielles d'une spécification technique sont néanmoins fixées.

Nous voudrions souligner les préoccupations d'économie de matières de la commission et aussi d'économie de produits dans le cas de stockage de pétroles bruts et d'essences en créant des réservoirs G2 (que ne comporte pas la normalisation de l'American Petroleum Institute (A.P.I.), qui sont susceptibles, grâce à leur pression de 25 g, de réduire d'une manière substantielle les pertes par respiration.





Les réservoirs G1 et G2 seront sans doute les plus utilisés dans l'avenir, mais ils ne peuvent prétendre par contre à une supériorité définitive au double point de vue énoncé. Aussi une tendance se manifeste-t-elle pour l'adoption de réservoirs de formes spéciales réalisant un gain d'acier, tout en permettant une pression intérieure sensiblement plus élevée que celle des réservoirs G2. A vrai dire, les Américains ont tracé la voie puisque les sphéroïdes existaient déjà aux Etats-Unis avant guerre.

Plus récemment, des inventeurs et constructeurs français se sont ingéniés à réaliser des réservoirs à pression; ce sont dans l'ordre chronologique : les réservoirs Caquot et Zenhlé.

Le premier a fait l'objet d'une réalisation de réservoir enterrée de 3.500 m<sup>3</sup> : plusieurs communications ont donné des précisions sur les particularités de ce réservoir dont la description a été faite dans *L'Ossature Métallique*, n° 11-12/1946.

Rappelons brièvement qu'il se caractérise par (fig. 198) :

Une ceinture circulaire reposant sur des colonnes métalliques ou en béton servant de soutien partiel à la cuve inférieure et d'appui à la coupole;

L'absence de toute armature intérieure;

Une pression de 400 g en phase gazeuse (les essais ont été poussés jusqu'à 800 g).

La double courbe de l'enveloppe et sa forme tendant à se rapprocher de la sphère autorisent des épaisseurs réduites et conduisent à des économies d'acier pouvant aller, d'après l'inventeur,

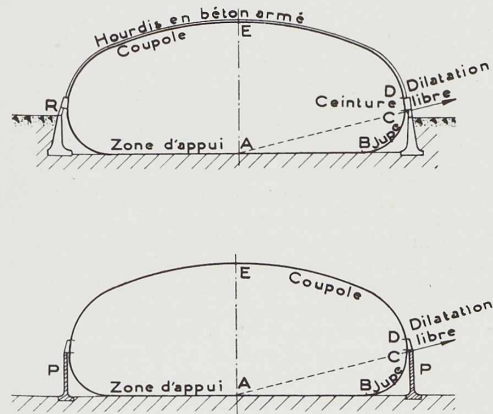


Fig. 198. Deux réalisations de réservoirs Caquot des types enterré et au-dessus du sol.

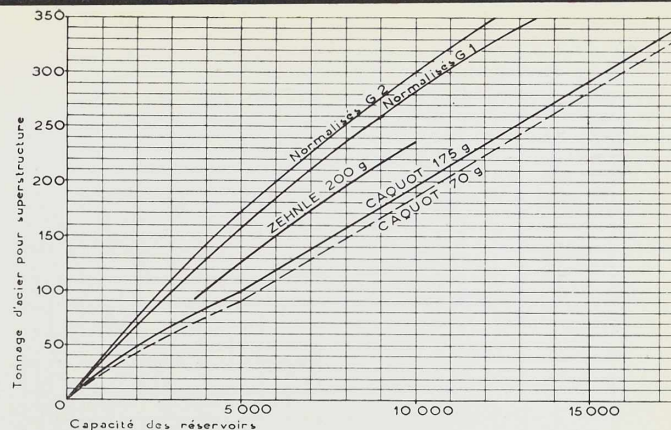


Fig. 197. Poids comparés de divers types de réservoirs.

jusqu'à 30 % environ par rapport aux réservoirs ordinaires du type G2 de même capacité (fig. 197).

La construction d'un réservoir aérien basé sur les mêmes principes (fig. 197), d'une capacité de 10.000 m<sup>3</sup> et d'une pression de 175 g est agréée par une importante société américaine, pour être réalisée dans une raffinerie française.

Le réservoir Zenhlé (fig. 199) s'apparente également aux sphéroïdes. Il se caractérise par des tranches méridiennes ondulées qui confèrent à l'enveloppe une grande rigidité. Les armatures intérieures se limitent à des tirants d'entretoisement de la coupole et du fond.

La sanction de l'expérience est souhaitable.

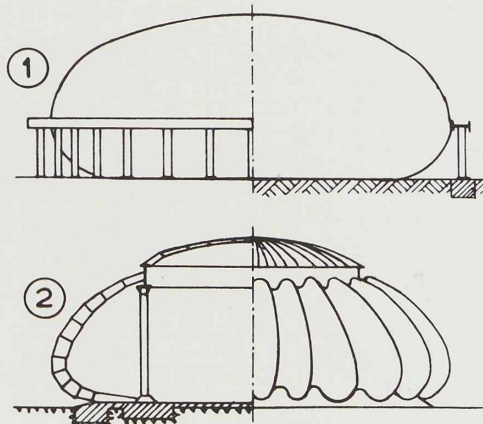


Fig. 199. Deux réalisations de réservoirs Zenhlé.



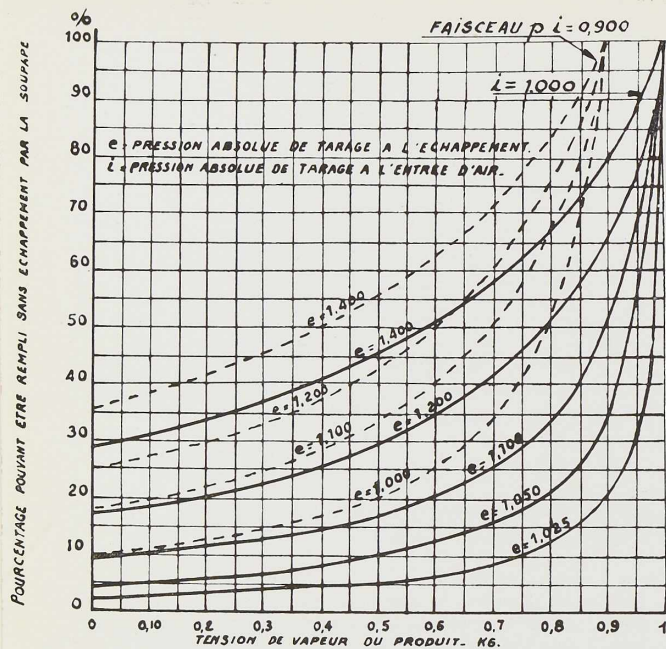
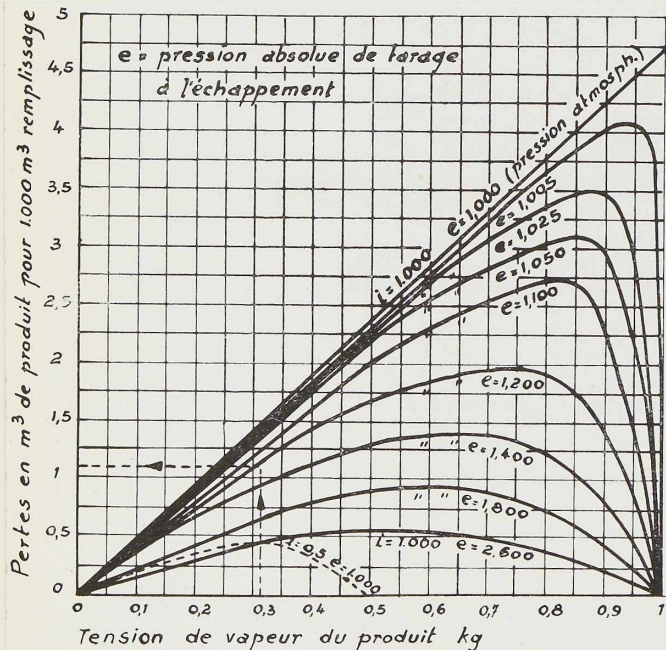


Fig. 200. Degré limite d'emplissage d'un réservoir, initialement vide, avant échappement par la soupape de sûreté de tarages donnés.

Fig. 201. Perte pour un remplissage complet d'un réservoir muni d'une soupape de tarages donnés.



Nous commettrions une omission si nous ne citions pas les réservoirs dont le béton est le matériau de base. L'étanchéité devant être assurée de manière absolue, divers procédés sont recommandés ou expérimentés : imprégnation d'eau, revêtements intérieurs, métallisation, verpage, etc. Des essais de réservoirs en béton pour contenir des fuels chauds sont en cours. Ils font apparaître l'intérêt du béton précontraint pour remédier aux fissurations (efforts de traction) susceptibles de se produire dans la zone externe de la paroi du fait du gradient de température. Rappelons aussi la construction aux U. S. A. et

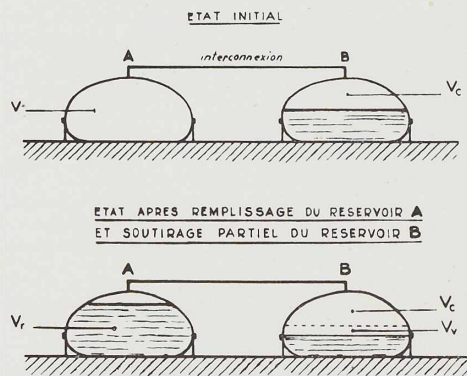


Fig. 202. Réduction de la perte par remplissage par interconnexion des phases gazeuses de réservoirs à pression variable (voir également la fig. 203).

au Canada de réservoirs en béton précontraint.

Au même titre que les réservoirs à toit flottant de construction connue, ceux à haute pression tendent à réduire ou à supprimer les pertes par évaporation qui sont de deux ordres :

Les pertes par respiration dues aux variations thermiques du système;

Les pertes aux remplissages dues aux variations du degré d'emplissage.

Je ne m'attarderai pas sur l'importante question des pertes, une synthèse des intéressantes communications présentées au deuxième Congrès mondial du Pétrole à Paris en 1937, ayant été faite par nous à Bruxelles (S.B.E.P.), et me bornerai à signaler les travaux, d'origine américaine pour une bonne part, susceptibles d'apporter sinon des vérités absolues, du moins quelques clartés pour l'usage pratique.

Des formules et des graphiques établis sur la base des lois de Raoult, de Dalton et de Mariotte,



et sur l'hypothèse de la saturation de la phase gazeuse en réservoirs en fonction de la tension de vapeur à la surface d'évaporation, permettent une appréciation ou une comparaison des pertes avec les divers types de réservoirs entre lesquels l'acheteur peut faire son choix. Ces types se ramènent à quatre familles principales (réservoirs à toit flottant non compris).

1. Réservoirs à volume constant et pression sensiblement constante (réservoirs à basse pression type G1 dont la soupape de sûreté est tarée à des valeurs voisines de la pression atmosphérique).

2. Réservoirs à volume variable et pression constante (réservoirs à basse pression pourvus de toit respirant ou relié à un gazomètre ou à un vaporsphère).

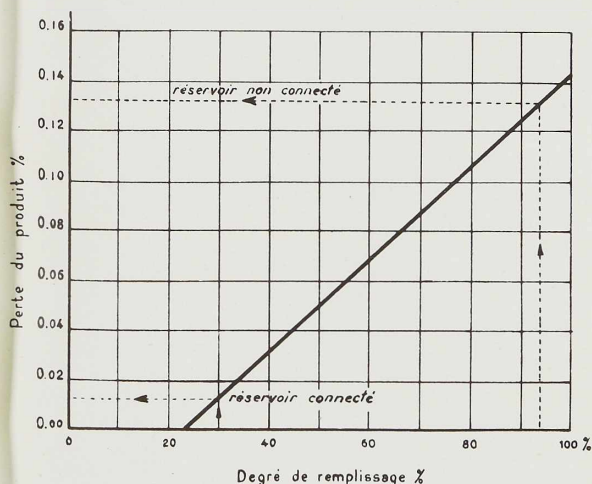


Fig. 203. Réduction de la perte par remplissage par interconnexion des phases gazeuses de réservoirs à pression variable (voir également la fig. 202).

3. Réservoirs à volume constant et pression variable (réservoirs à moyenne pression, type G2, et à haute pression).

4. Réservoirs à volume et pression variables (réservoirs à moyenne ou haute pression raccordés à un gazomètre ou un vaporsphère).

Pour faciliter la compréhension de ce qui suit, donnons les notations générales :

$H$ , pression atmosphérique exprimée en pression « absolue ».

$e$ , pression absolue d'échappement de la soupape de sûreté.

$i$ , pression absolue d'ouverture pour introduction d'air par la soupape de sûreté.

$P$  (ou  $p$ ) : tension de vapeur du produit correspondant à la température de la surface d'évaporation.

I. Volume en litres d'air saturé de vapeur correspondant à une perte par évaporation d'un litre de produit :

$$v = 0,082 (t + 273) \times \frac{W}{M} \times \frac{H}{P},$$

formule dans laquelle :

$W$  : poids en g d'un litre de produit à  $0^\circ$ ;

$M$  : poids moléculaire en g du produit évaporé;

$t$  : température de la phase gazeuse;

$v$  : volume en litres d'air saturé de vapeur correspondant à une perte d'un litre de produit.

Lorsque le pentane et l'hexane sont les principaux responsables de cette perte (cas de l'essence) et si on admet une température moyenne  $t$  de  $27^\circ$ , on a :

$$v = 210 \frac{H}{P}, \text{ soit approximativement :}$$

$v = 700$  l, si la tension de vapeur vaut 0,3 kg;

$v = 420$  l, si la tension de vapeur vaut 0,5 kg.

II. Degré limite d'emplissage d'un réservoir à volume constant initialement vide de liquide avant échappement par la soupape de sûreté de tarages donnés (fig. 200) :

$$R = \frac{e - i}{e - p}$$

III. Perte pour un remplissage complet d'un réservoir à volume constant muni d'une soupape de tarages donnés (fig. 201) :

$$F = 4,76 \times \frac{p}{H} \times \frac{i - p}{e - p}.$$

IV. Réduction de la perte par remplissage par interconnexion des phases gazeuses de réservoir à volume constant et à pression variable (fig. 202 et 203).

$$\text{Degré d'emplissage fictif} = \frac{V_r - V_c}{V + V_c}$$

à comparer avec le degré d'emplissage d'un réservoir non connecté  $\frac{V_r}{V}$ , formule dans laquelle :

$V$  : volume du réservoir au remplissage.

$V_r$  : volume du produit introduit.

$V_r$  : volume soutiré des réservoirs interconnectés pendant le remplissage du réservoir de volume  $V$ .

$V_c$  : volume de la phase gazeuse dans les résér-



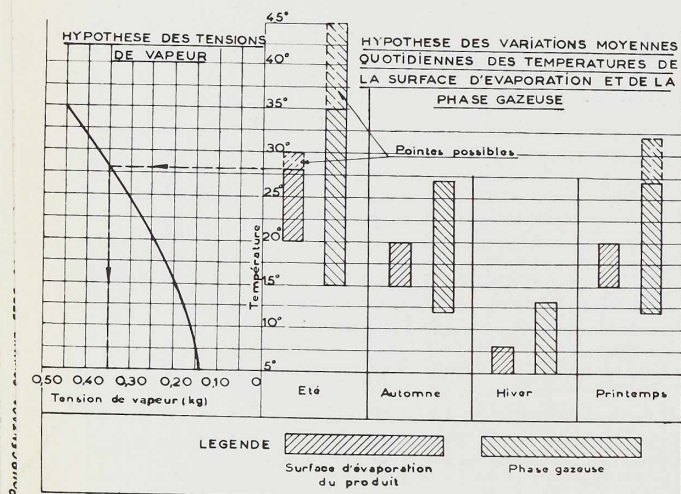
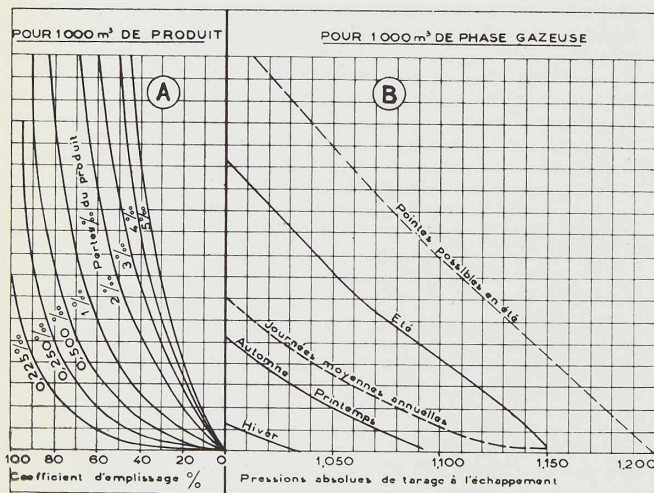


Fig. 204. Pertes quotidiennes par respiration d'un réservoir pourvu d'une soupape à tarages donnés.



voirs interconnectés avant l'opération de remplissage et de soutirage.

V. Pertes quotidiennes par respiration d'un réservoir à volume constant pourvu d'une soupape à tarages donnés (fig. 204) :

$$L = 2,4 \left[ \frac{P+p}{H} \left[ \left( \frac{i-p}{e-p} \right) \left( \frac{T+273}{i+273} \right) - 1 \right] \right],$$

formule dans laquelle :

L : pertes quotidiennes par respiration exprimées en volume de liquide pour 1.000 m<sup>3</sup> de volume de phase gazeuse.

p : tension de vapeur du produit à la température la plus basse de la surface d'évaporation. P : tension de vapeur du produit à la température la plus élevée de la surface d'évaporation.

t : température la plus basse de la phase gazeuse. T : température la plus élevée de la phase gazeuse.

En raison des hypothèses faites qui ne sont pas toujours réalisées à l'échelle de grandeur des réservoirs, notamment celle ayant trait à la saturation en vapeurs, les formules données présentement ne peuvent être considérées comme exactes en valeurs absolues. Elles constituent néanmoins des guides utiles pour fixer des ordres de grandeur, comparer les résultats obtenus avec divers types de réservoirs, diriger les études expérimentales, améliorer les techniques d'exploitation.

Le choix d'un réservoir est une opération délicate, si on songe à tous les facteurs qui interviennent, qui requiert non seulement des connaissances en techniques de construction, mais aussi en techniques pétrolières.

Sans doute faudrait-il faire encore appel à des expérimentations. Le grand ingénieur et précurseur qu'était, pour son époque, Léonard de Vinci, ne disait-il pas avec une certaine ironie, lui aussi : « L'expérience pure et simple est la seule maîtresse qui ne trompe pas », mais tout le monde sait qu'en matière de réservoirs, l'expérimentation est particulièrement onéreuse et longue et les circonstances présentes demandent de ne pas trop attendre.

S'il s'écarte des solutions classiques, le choix laisse un champ important au sens de la responsabilité. N'est-ce pas là la rançon de tout progrès ?

G. D.

#### BIBLIOGRAPHIE

- Premier rapport de la Commission de modernisation des Carburants (1) (Editeur : Commissariat général au Plan, 18, rue de Marignan, Paris VIIe).
- Pressure storage of Petroleum Products, par H. C. BOARDMAN (The Science of Petroleum, vol. 1).
- Etat actuel de la question des pertes par évaporation dans les réservoirs de stockage, par G. DARIC (Annales de la Société belge pour l'Etude du Pétrole, 1939).
- Reducing losses of volatile liquids in atmospheric pressure storage, par G. W. M. CULLONGH, H. R. LEGATSKI et H. J. PIXLEY (Monthly Technical Section Devoted to Refinery Management, and Petroleum Chemical Technology, vol. 38, n° 6 du 6 février 1946).

(1) Les documents relatifs aux réservoirs normaux peuvent être fournis par le Centre Intersyndical du Pétrole, 27, rue de Constantine, Paris.





# L'emploi de la soudure à l'arc dans la construction économique des bâtiments

par **R. Alexandre,**

Ingénieur A. & M. à Boulogne-sur-Seine (France)

Si l'on peut constater que la soudure électrique à l'arc est techniquement au point depuis un grand nombre d'années, et qu'elle a trouvé quantité d'applications en tous domaines, on doit remarquer cependant que son emploi dans les charpentes métalliques de bâtiments est encore limité.

Faut-il attribuer ce retard à la routine, à l'impossibilité de réunir les conditions requises pour un bâtiment, ou au prix de revient excessif? Aucun de ces facteurs, croyons-nous, ne doit être considéré comme déterminant dans cette réserve vis-à-vis de la soudure, qui, par ailleurs, a largement fait la preuve de ses possibilités dans les ponts, les constructions navales, les grands réservoirs, les pylônes et bien d'autres ouvrages. Mais il existe néanmoins un certain nombre d'obstacles que nous mentionnerons, en indiquant notre point de vue quant aux moyens de les aplanir.

Tout d'abord, les conditions d'édification d'un bâtiment diffèrent sensiblement de celles des constructions citées plus haut. Le bâtiment, au lieu de former un corps complet, se compose de poteaux, de fermes, de pannes, etc., qu'on ne peut songer à souder ensemble en atelier, et pas davantage sur le chantier. Cependant, comme il serait souvent désirable de faire bénéficier ces pièces des avantages de la continuité, l'emploi d'assemblages et dispositifs permettant de la réaliser, est à conseiller.

D'autre part, chacune des pièces d'un bâtiment est souvent composée d'éléments en treillis, attachés par goussets, pour lesquels l'avantage de la soudure n'apparaît pas nettement et qu'il faut chercher à éliminer en les remplaçant par des profilés ou par d'autres profils composés plus simples. On est donc conduit à des cadres en profilés, généralement hyperstatiques, qu'il restera à déterminer dans les meilleures conditions possibles.

Pour cela, il faudra éviter les calculs complexes auxquels on s'astreint pour un pont par exemple, et il faudra pouvoir réduire aussi les précautions destinées à éviter les « tensions » (précautions qui, malgré leur minutie, se sont quelquefois révélées inefficaces). Ces sujétions, délicates, ne peuvent être envisagées dans un bâtiment auquel on n'a en général que fort peu de temps à consacrer, au bureau d'études aussi bien qu'à l'exécution.

Il est donc nécessaire de recourir à des calculs simples, en premier lieu par une méthode appropriée et secondement en diminuant autant que possible le nombre des réactions surabondantes, ce qui permet aussi d'amoindrir les incertitudes pouvant exister du fait de tensions de soudures inconnues.

En suivant ces directives, il apparaît que l'on peut rationnellement construire des charpentes de bâtiment entièrement soudées en atelier, et satisfaisantes au point de vue économique.

## Halls industriels

Nous examinerons pour débiter le système de bâtiments à lanterneau central, représenté sur les figures 205 à 207. Il se compose simplement de portiques en profilés surmontés d'un cadre-lanterneau, et réunis par des pannes et sablières également en profilés. La couverture est constituée par une dalle mince en éléments de béton armé préfabriqués, et les chéneaux, également en béton armé, sont engagés dans les pannes de rive qui leur servent partiellement de coffrage.

On voit, notamment par les détails des figures 205 et 207, qu'il n'est employé aucun rivet d'atelier (exception faite pour les contreventements, mais ils ne constituent qu'une infime partie du tonnage mis en œuvre). Les traverses



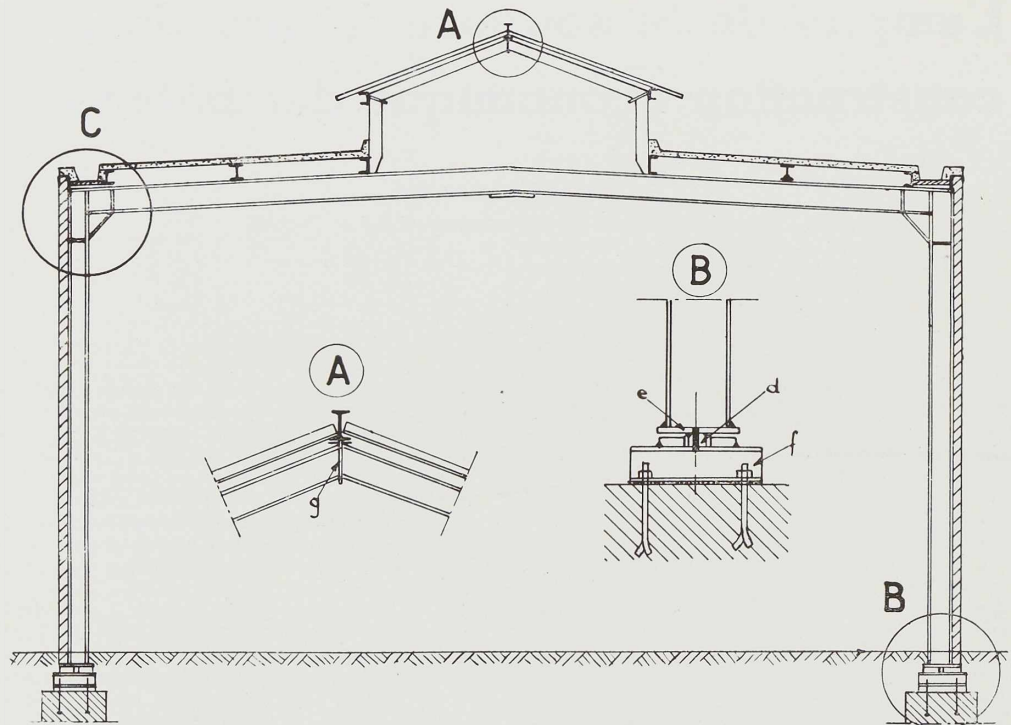


Fig. 205. Type de hall industriel à lanterneau central. (Pour le détail C, voir fig. 207).

de portiques sont busquées au centre, en atelier, et reçoivent aux extrémités un épanouissement soudé (a) muni d'une plaque d'assemblage (b). Le poteau comporte une autre plaque soudée (c)

servant d'éclisse. L'assemblage au chantier se fait à terre par les deux boulonnages visibles sur la figure 207, et il ne reste qu'à dresser les portiques d'une seule pièce au moyen du mât.

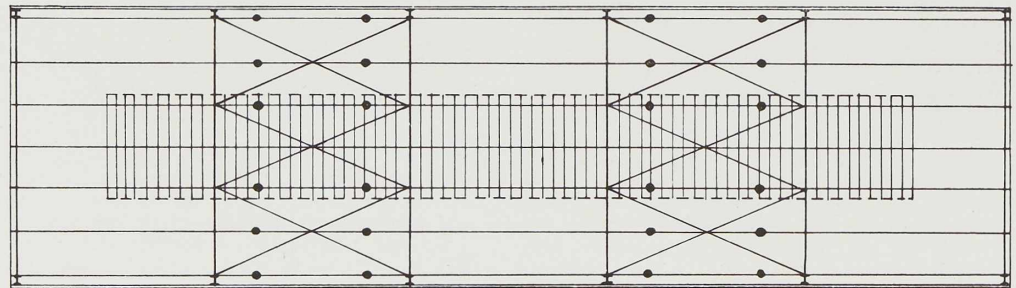


Fig. 206. Plan d'un hall industriel à lanterneau central, dont les pannes, exécutées en profilés sont boulonnées au montage sur les portiques.





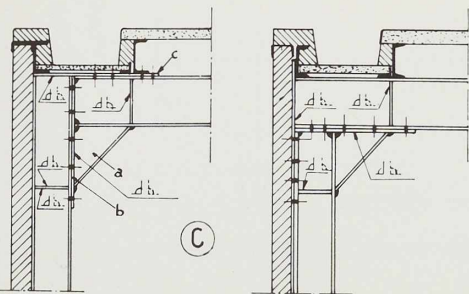


Fig. 207. Détail de la corniche du hall industriel de la figure 205.

En variante, on peut adopter le dispositif représenté à droite sur la même figure 207, qui permet un meilleur repos de la traverse, mais ne lui assure pas une continuité aussi parfaite.

Les pieds de poteaux sont articulés; la rotule est simplement réalisée au moyen d'un méplat central (d), soudé sur une platine (e), soudée elle-même au poteau. Celui-ci est maintenu en position par deux boulons axiaux et des butées solidaires de la base fixe (f).

Les pannes sont exécutées en profilés, boulonnées au montage sur les portiques; on utilise de préférence la disposition en « cantilever » (fig. 206), de façon à leur permettre le maximum de portée.

Les fermettes de lanterneau sont constituées par des cadres légers également en profilés, soudés aux angles par de petites plaquettes g (fig. 205 A).

On voit que la construction d'un pareil système comporte fort peu de main-d'œuvre. En fait ce dispositif a été appliqué sur une grande échelle par les Allemands pendant les hostilités et leur a permis l'édification rapide de nombreux bâtiments de faible portée.

Au point de vue calcul, le cas est extrêmement simple à traiter, du fait que les cadres ne comportent qu'une seule inconnue. Il y a lieu seulement de vérifier que les déformations ne dépassent pas les limites requises, léger supplément de calculs que l'on traite rapidement au moyen des tableaux des valeurs de déplacement, qui sont maintenant répandus dans nombre de bureaux d'études.

Ces tableaux se présentent sous la forme indiquée figure 208; il suffit, pour les utiliser, de mettre les moments dus aux sollicitations extérieures, et ceux dus aux forces surabondantes, sous la forme graphique (1). Au cas où l'on ne

MOMENTS M	MOMENTS m	$\int_0^l Mm dx$
		a.b.l
		$\frac{a.b.l}{2}$
		$\frac{2}{3} a.b.l = \frac{1}{12} a.p.l^3$
		$\frac{1}{3} a.b.l$
		$\frac{1}{6} a.b.l$
		$\frac{1}{3} a.b.l = \frac{1}{24} a.p.l^3$
		$\frac{5}{12} a.b.l$

Fig. 208. Tableau des valeurs de déplacement permettant de vérifier si les déformations ne dépassent pas les limites permises.

posséderait pas ces tableaux, on peut encore résoudre la question sans intégrales, en appliquant le théorème suivant :

Etant donné une surface de moments M quelconque, et une autre surface de moments m, relative à la même fibre élastique, mais limitée par une ligne droite, la valeur de l'intégrale  $\int Mm dx$ , est égale au produit de la surface M par l'ordonnée déterminée par l'abscisse du centre de gravité de cette surface, sur la surface m.

On remarquera que cette seconde surface est constamment délimitée par un contour à lignes droites dans le cas où l'on isole l'action des forces surabondantes, et par conséquent la proposition s'applique toujours; on se rappellera que pour les surfaces M en paraboles, le centre de gravité d'une demi-parabole se trouve aux 3/8 de la longueur de corde, en partant de l'axe.

La fibre neutre d'une poutre ou d'un cadre sera divisée naturellement en autant de segments

(1) Signalons qu'un très intéressant ouvrage a paru sur la question sous la signature de MM. Robert et Musette (Editeur : Desoer, Liège) : *Le calcul des systèmes hyperstatiques*.



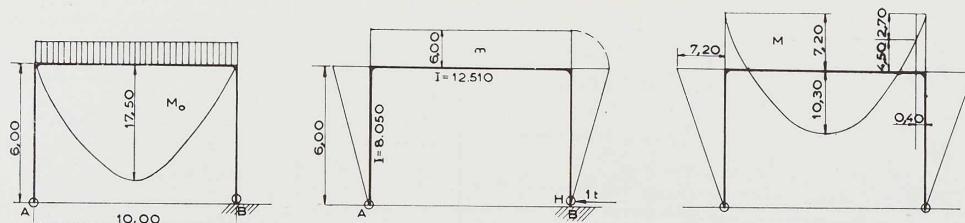


Fig. 209 à 211. Calcul d'un cadre dans le cas d'une portée de 10 mètres.

qu'il existera de tronçons de droite dans le polygone  $m$ .

On verra dans l'exemple suivant que, soit que l'on recoure au tableau ou au théorème précité, le calcul d'un cadre n'excède pas en longueur et difficulté celui d'une ferme ordinaire. Quant au plan, il peut être expédié beaucoup plus vite.

#### Cas d'application courante

Nous prendrons un exemple numérique de 10 mètres de portée, avec pannes de 7 mètres (fig. 209). Nous admettons comme charge totale due à la terrasse et autres poids propres  $200 \text{ kg/m}^2$  (dont  $50 \text{ kg/m}^2$  pour la neige).

On a donc sur un portique :

$$10 \text{ m} \times 7 \text{ m} \times 200 \text{ kg/m}^2 = 14.000 \text{ kg.}$$

Ceci donnerait sur appuis libres, c'est-à-dire avec B roulant, par exemple, un moment fléchissant  $M_0 = \frac{14 \times 10}{8} = 17,5 \text{ tm}$ , dont le diagramme est représenté figure 209, et qui nécessiterait un I P.N. 42 1/2 ( $I/V = 1740$ ,  $p = 104 \text{ kg/m.c.}$ ).

Mais, comme nous avons intérêt à bloquer le point B latéralement, il se produit une poussée H aux articulations A et B. Pour la déterminer, appliquons une force horizontale de 1 tonne en B, qui donne un diagramme de moment  $m$ , indiqué sur la figure 210. En exprimant que la distance AB n'a pas varié, on a :

$$0 = \int_A^B \frac{Mm dx}{EI}, \text{ avec } M = M_0 + mH$$

D'où :

$$H = - \frac{\int \frac{M_0 m dx}{EI}}{\int \frac{m^2 dx}{EI}}$$

Nous admettons des valeurs de I dans le rapport de 3 pour les traverses à 2 pour les montants.

Ceci nous donne immédiatement, en consultant les tableaux correspondants des « valeurs de déplacement » :

Parabole  $M_0$  avec rectangle  $m$  au numérateur, 2 fois triangle  $m$  avec triangle  $m$ , + rectangle  $m$  avec rectangle  $m$  au dénominateur, — ou en faisant le produit des surfaces  $M_0$  par les ordonnées  $m$  :

$$H = \frac{\frac{2}{3} (17,5 \times 6 \times 10) \frac{1}{3}}{\frac{2}{3} \cdot 6^3 \cdot \frac{1}{2} + 6^2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 10} = \frac{233}{192} = 1,2 \text{ tonne environ}$$

On obtient ainsi la ligne des moments M représentée figure 211.

Moment d'angle =  $1,2 \times 6,0 = 7,2 \text{ tm}$ .

Moment au centre =  $17,5 - 7,2 = 10,3 \text{ tm}$ .

Le moment d'angle doit être augmenté par suite des effets du vent.

Supposons un vent de  $100 \text{ kg/m}^2$  reporté moitié en tête et moitié au pied, on aura une ligne de moments  $M_v$  avec le maximum

$$M_{vm} = \frac{6,0}{2} \times 7,0 \times 100 \text{ kg/m}^2 \times \frac{6,0}{2} = 2.100 \cdot 3 = 6.300$$

Nous pouvons déterminer la section la plus fatiguée, qui se trouve à l'origine du gousset, soit à  $0^m40$  de l'axe du poteau. Nous déduisons la pointe du diagramme égale à =

$$-200 \cdot 7,0 \times \frac{9,60^2}{2} + 200 \cdot 7,0 \times \frac{10,0}{2} \times 9,60 = 2.688 \text{ kgm}$$

soit M d'angle (charges verticales) =  $7.200 - 2.688 = 4.512$

soit M d'angle (vent) =  $\frac{6.300}{5} \times 4,6 = 5.800$

Total 10.312.





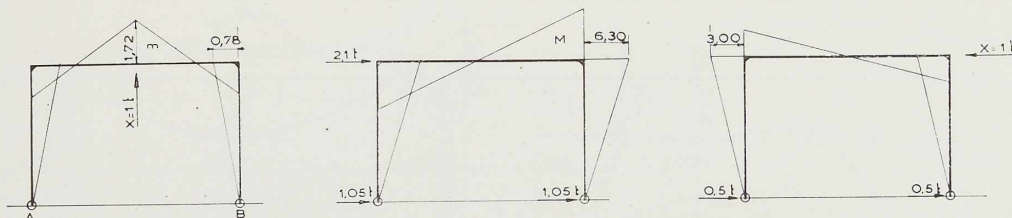


Fig. 212 à 214. Calcul des déformations du cadre de la figure 209.

Avec une poutrelle I P.N. 32 ( $\frac{I}{v} = 782$ ):

$$R_{\text{centro}} = \frac{10.300}{782} = 13,1$$

$$R_{\text{angle}} = \frac{10.312}{782} = 13,2.$$

On voit que, grâce à la continuité, obtenue cependant au moyen d'un assemblage non soudé, et par conséquent sans difficultés de transport ni de tensions internes, la traverse en I 32 peut convenir, c'est-à-dire que nous utilisons comme ferme un acier pesant 61,1 kg au mètre, alors que pour les charges verticales seules une poutrelle P.N. 42 1/2 était nécessaire avec appuis isostatiques.

Le poteau peut être constitué par une poutrelle à larges ailes H<sub>x</sub> 22 donnant un  $\frac{I}{v}$  sensiblement égal (732) et pesant 71,5 kg au mètre, auquel on adjoindra une semelle jusqu'à 1<sup>m</sup>50 de l'angle.

Le  $M_{\text{max}}$  à 4<sup>m</sup>50 est égal à :

$$(7,2 + 6,3) \times \frac{4,50}{6 \text{ m}} = 10.000 \quad R = \frac{10.000}{732} = 13,7 \text{ kg/mm}^2.$$

Ce poteau est choisi en poutrelles à larges ailes à cause de la rigidité bien connue de ces profils; il est sensiblement plus lourd au mètre que la traverse, mais dans les séries légères, on peut trouver des profils plus avantageux comme poids et comme  $\frac{I}{v}$ .

### Déformations

Nous utilisons les mêmes tableaux d'intégration que pour la détermination de la poussée.

I. — Affaissement vertical au centre :

On doit former  $\int \frac{Mm'dx}{EI}$  où M est le moment fléchissant sous charges verticales (fig. 211) et

$m'$  le moment fléchissant pour une force fictive  $X = 1$  tonne au milieu (fig. 212). Pour cette ligne  $m'$  on trouve  $H' = 0,13$  t, ce qui donne comme moments fléchissants :

$$m' \text{ dans l'angle} = 0,13 \times 6 = 0,78 \text{ tm};$$

$$m' \text{ au centre} = 2,5 - 0,78 = 1,72.$$

Avec I égal à 12510 pour la traverse, et 8050 pour les poteaux,  $E = 2 \cdot 10^3 \text{ t/cm}^2$ , on a :

$$\int \frac{Mm'dx}{EI} = -\frac{2}{3} \cdot \frac{0,78 \cdot 7,2 \cdot 6 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^3 \cdot 8.050}$$

$$- \frac{5}{12} \cdot \frac{2,5 \cdot 17,5 \cdot 10 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^3 \cdot 12.510} - \frac{0,78 \cdot 7,2 \cdot 10 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^3 \cdot 12.510}$$

$$+ \frac{2}{3} \cdot \frac{0,78 \cdot 17,5 \cdot 10 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^3 \cdot 12.510} + \frac{1}{2} \cdot \frac{2,5 \cdot 7,2 \cdot 10 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^3 \cdot 12.510}$$

$$= -1,40 - 7,28 - 2,3 + 3,6 + 3,6 = -3,78$$

$$= \frac{1}{264}.$$

Il faut remarquer que plus des  $\frac{2}{3}$  de cette flèche se produisent au montage du bâtiment, et peuvent être compensés par la pente des versants; la déformation n'a donc rien d'excessif, et permet une bonne conservation de la toiture.

II. — Déplacement horizontal de la tête sous l'action du vent.

D'après les figures 213 et 214, on a :

$$\int \frac{Mm'dx}{EI} = \frac{2}{3} \cdot \frac{6,3 \cdot 3 \cdot 6 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^3 \cdot 8.050} + \frac{2}{3} \cdot \frac{6,3 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^3 \cdot 12.510}$$

$$= 4,7 + 2,5 = 7,2 \text{ cm}$$

Cette déformation théorique sera empêchée en grande partie par la dalle et les chéneaux, prenant appui sur les pignons extrêmes lorsque le bâtiment n'est pas trop long. Il y a lieu de remarquer d'ailleurs que, si rigide que soit la ferme que l'on pourrait substituer à la traverse en profil normal du portique, elle ne pourrait





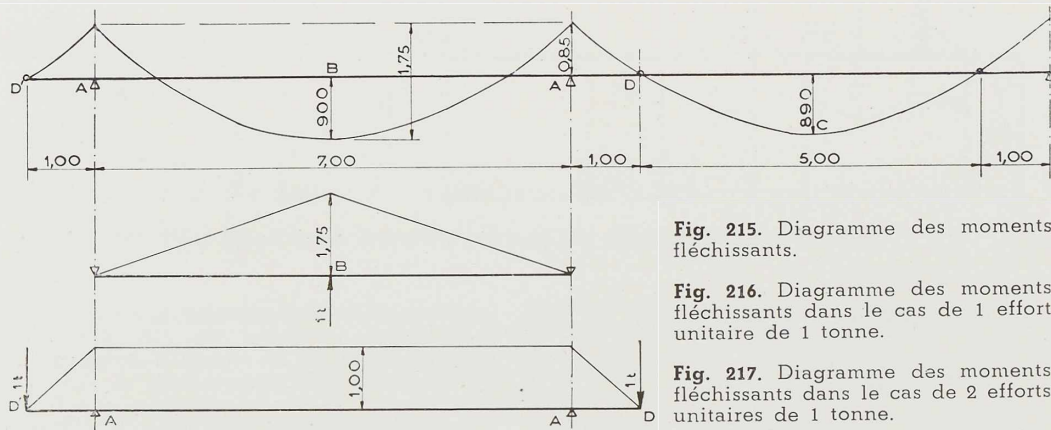


Fig. 215. Diagramme des moments fléchissants.

Fig. 216. Diagramme des moments fléchissants dans le cas de 1 effort unitaire de 1 tonne.

Fig. 217. Diagramme des moments fléchissants dans le cas de 2 efforts unitaires de 1 tonne.

ramener le second terme de l'expression à zéro, et que, par suite, la déformation théorique serait toujours de l'ordre de 5 cm au minimum. Pour la réduire, il suffit d'utiliser des poteaux à moment d'inertie plus grand, des P.N. par exemple, lorsque l'on peut se contenter d'une moindre résistance transversale.

En résumé, les cadres en profilés constituent une ossature d'une rigidité comparable à celle des constructions à treillis, mais avec des avantages évidents au point de vue prix de revient et délai d'exécution. En outre, la charpente est mieux à même de résister à l'action de chocs ou de charges locales.

*Pannes.* — L'emploi des « cantilever » est plus simple que la continuité, et permet aussi bien de réduire le taux de travail et la déformation, comme on peut s'en rendre compte rapidement en utilisant, là encore, les tableaux d'intégration.

La charge sur les pannes, de 190 kg/m<sup>2</sup> environ, avec une largeur portée de 1<sup>m</sup>50, nous donne le diagramme des moments fléchissants (fig. 215). Le maximum égal à 900 kgm, peut être équilibré avec un P.N. 16 ( $\frac{I}{v} = 117$ ).

Reste à considérer la déformation, avec  $I = 935 \text{ cm}^4$ . Appliquons 1 tonne en B, ce qui donne le diagramme figure 216 avec un moment maximum  $m$  de  $1 \times \frac{7}{4} = 1,75 \text{ tm}$ .

On a :  $f = \int Mm \, dx =$  parabole de 1,75 tm par triangle de 1,75 tm,  
— rectangle de 0,85 tm par triangle de 1,75 tm,

$$\text{soit en cm} = \frac{5}{12} \cdot \frac{1,75 \cdot 1,75 \cdot 7 \cdot 10^6}{2,10^3 \cdot 935}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \frac{0,85 \cdot 1,75 \cdot 7 \cdot 10^6}{2,10^3 \cdot 935} = \frac{0,300 \cdot 12,25}{1,870} \\ = 2,00 \text{ cm en B.}$$

Déformation en C. — Il faut ajouter  $f_a + f_c$ . Nous appliquons 1 tonne en D et D', ce qui donne un trapèze de 1 tm d'ordonnée (fig. 217).

$f_a =$  parabole de 1,75 tm par rectangle de 1 tm et 7 m de long

— trapèze de 0,85 tm par trapèze de 1 tm et 9 m de long

$$\frac{2}{3} \cdot \frac{1,75 \cdot 1,0 \cdot 7 \cdot 10^6}{1,870 \cdot 10^3} - \left( \frac{0,85 \cdot 1 \cdot 7 \cdot 10^6}{1,870 \cdot 10^3} \right. \\ \left. + \frac{2}{3} \cdot \frac{0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 10^6}{1,870 \cdot 10^3} \right) = 0,9 \text{ cm.}$$

(soulèvement)

$f_c =$  (en appliquant 1 tonne au milieu de DE, donnant  $m = 1,25$ )

$$\frac{5}{12} \cdot \frac{0,890 \cdot 125 \cdot 5 \cdot 10^6}{2,10^3 \cdot 935} = 1,30.$$

Flèche totale en G =  $-0,9 + 1,30 = +0,4$ . Le maximum est donc de 2 cm, soit  $\frac{1}{350}$  de 7 m environ, et les pannes en I P.N. 16 conviennent bien pour les travées courantes; elles pourront être légèrement renforcées dans les travées d'about.





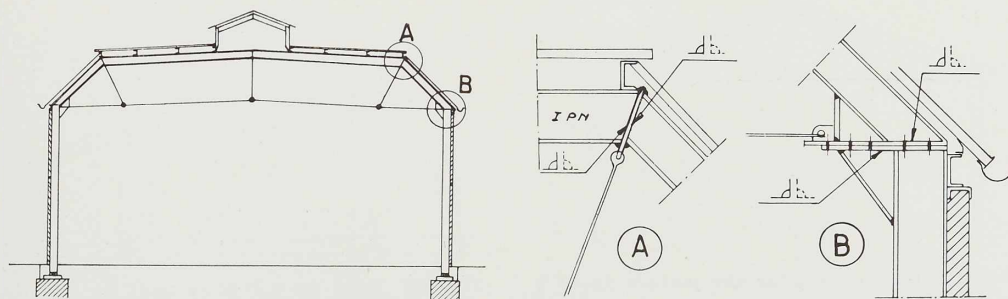


Fig. 218. Type de construction pour des portées de 10 à 15 mètres.

#### Comparaison avec les charpentes rivées

A) *Matières premières.* — L'ensemble fermes-pannes, extrêmement simple, ne comporte pas d'éléments sensiblement plus lourds que ceux d'un bâtiment à fermes et pannes rivées.

En effet, en construction ordinaire, on aurait adopté normalement une ferme en treillis de 1 m environ de hauteur, composée d'une membrure supérieure à deux cornières de 80.80.8, une membrure inférieure à deux cornières de 70.70.7, avec du treillis en deux cornières de 50.50.5.

Une telle ferme pèserait 600 kg environ, soit 60 kg au mètre, au lieu de 61,1 kg pour notre traverse.

La consommation de matière pour les pannes (18 kg au mètre), et celle des poteaux sont également du même ordre que celles d'un bâtiment rivé.

B) *Main-d'œuvre.* — Il nous reste à comparer le temps de main-d'œuvre passé.

Sur la ferme, type figure 205, il existe une longueur totale de soudure de 8<sup>m</sup>60 environ, en cordon de 6 × 6 mm en moyenne, nécessitant la fusion de 31 électrodes de 5 cm<sup>3</sup> utiles (électrodes de 4 mm de diamètre, longueur utile de 0<sup>m</sup>38).

Un soudeur moyen peut consommer de 7 à 8 électrodes à l'heure, ce qui donne pour la ferme 4 heures environ de main-d'œuvre de soudure.

La ferme rivée comporterait, au minimum, 140 rivets de 14 à 16 mm, à poser par une équipe de trois hommes (deux ouvriers et un aide). Le rendement moyen de l'équipe dans un tel travail ne dépasse pas 45 à 50 rivets-heure. Il faut donc compter 3 heures, soit en estimant le temps de l'aide à 50 % de valeur de celui d'un ouvrier qualifié, 3 heures × 2,5 = 7 h 1/2.

On voit que la soudure permet d'économiser près de 50 % de temps rien que sur ce poste,

sans tenir compte de la suppression de la presque totalité du poinçonnage et du traçage. Par conséquent, il en résulte, sans pousser plus loin la comparaison, un bénéfice certain en prix payé et en temps passé.

Dans d'autres cas, sur lesquels nous ne pouvons nous étendre ici, faute de place, le gain serait rendu plus appréciable encore par l'emploi de machines à souder.

#### Généralisations de l'emploi de la soudure

L'exemple que nous venons d'analyser sommairement nous conduit à une conclusion très favorable à la soudure, mais on peut se demander s'il en est de même dans tous les cas. C'est ce qu'il appartient à l'ingénieur d'apprécier en tenant compte des différents facteurs en jeu.

On peut être certain que dans tous les cas de portée inférieure à 10 mètres, l'avantage restera à la soudure. Au-dessus, il faudra compter avec la nécessité d'abaisser le taux de travail des traverses, afin de rester dans des limites de déformation acceptables, ce qui entraînera une légère plus-value de consommation de matière.

On aura la possibilité de recourir à un autre dispositif, comme celui de la figure 218 par exemple, dans lequel la flèche du cadre sera beaucoup moindre, et qui, avec des profilés relativement faibles, permettra d'atteindre des portées de l'ordre de 15 mètres.

Les assemblages de pied de ferme seront du même genre que ceux du cas précédent; quant à l'angle supérieur du cadre, il sera facilement réalisé avec le dispositif de la figure 218 A, où l'on interpose simplement une plaque soudée entre les deux tronçons du profil normal. Les pieds des poteaux sont toujours articulés.

Au point de vue calcul, sous l'action des charges de toiture, le système n'aura qu'une seule



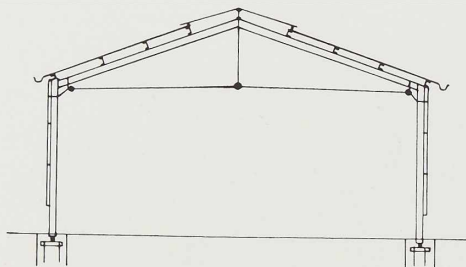


Fig. 219. Charpente pour des portées de 10 à 14 mètres.

inconnue, la tension dans le tirant, car ces charges donnent une poussée nulle au pied, et par suite, des moments nuls aux naissances des retombées.

On peut envisager également le cadre de la figure 219 pour les portées de 10 à 14 mètres, mais en tenant compte des déformations, c'est-à-dire que si la toiture est en tuiles ou en tôle ondulée, il conviendra d'avoir des bardages également en tôle ondulée, la rigidité du système étant trop faible pour assurer une bonne conservation de longs pans en maçonnerie (à moins de très faible hauteur). Par contre, si la toiture se compose d'une dalle en béton, opposant une résistance certaine aux déformations transversales, les longs-pans pourront être, sans inconvénient, constitués par de la maçonnerie.

Il est certain, d'autre part, que l'on réduira fortement les déformations en utilisant des cadres encastrés au pied, mais on aura alors trois grandeurs indéterminées au lieu d'une. Le calcul, rendu plus long de ce fait, ne présentera cependant pas de difficultés nouvelles, et le risque de tensions internes ne sera pas augmenté, puisque les liaisons surabondantes ne sont faites que sur le chantier.

#### Bâtiments à plusieurs travées

La figure 220 représente un hall de portée moyenne flanqué de deux appentis. Ceux-ci sont accouplés aux poteaux comme l'indique la figure 221, par des liaisons formant articulations analogues aux « semi-rotules » de la figure 205. Les pieds de poteaux sont également articulés, et l'ensemble présente, compte tenu de la continuité du cadre central, trois réactions surabondantes représentées par les poussées des trois cadres. Dans le cas de charges verticales symétriques, ce nombre se trouve réduit à deux.

On peut encore réaliser un système du même

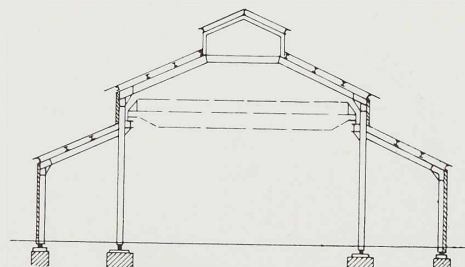


Fig. 220. Type de charpente pour un hall de portée moyenne flanqué de deux appentis (voir fig. 221).

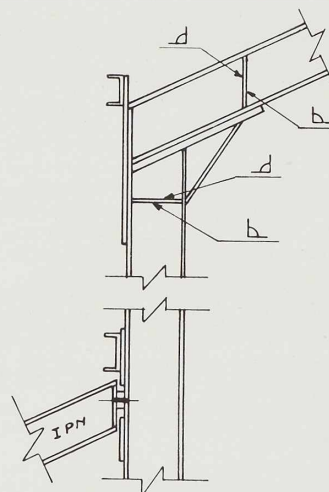


Fig. 221. Détail de la charpente de la figure 220.

genre avec des fermes articulées sur les têtes de poteaux, ainsi qu'il est représenté par la figure 222. Dans ce cas, il n'y a plus qu'une seule inconnue, la poussée  $X$  de la ferme sur le poteau. La ferme en question peut être traitée avec assemblages soudés, malgré sa construction triangulée (fig. 223). Pour cela, chacune des membrures est formée au moyen d'un IPN dont l'âme est coupée en deux dans le sens de la longueur, et les barres de remplissage (montants et diagonales), sont soudées sur les demi-âmes de membrures. On économise ainsi la fabrication des goussets et la plus grande partie du poinçonnage. Pour la mise en place des éléments à souder, on



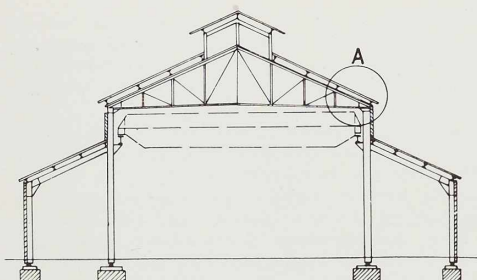


Fig. 222. Type de charpente analogue à celle de la figure 220, mais avec fermes articulées sur les têtes de poteaux.

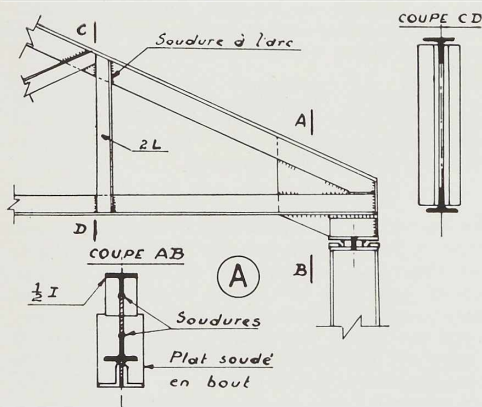


Fig. 223. Détails de la charpente de la figure 222.

peut procéder, suivant le nombre de pièces semblables à fabriquer, soit en «épinglant» les barres avec boulons, par un trou unique, soit en constituant un «mannequin» de montage assurant la pose correcte et la tenue des différentes parties pendant l'opération de soudure. Il faut observer, cependant, que dans ce dernier cas, l'économie due aux soudures ne devient sensible qu'à partir d'une série assez importante.

A titre d'application, nous mentionnerons schématiquement la détermination de l'inconnue unique du système (qu'il soit symétrique ou non) sous l'action du vent.

Sur la figure 224, nous supposons les efforts du vent concentrés en  $V_1 = 3 \text{ t}$  et  $V_2 = 1,5 \text{ t}$ , et nous supprimons la liaison X entre les têtes de poteaux J, K. Ceci nous donne, en calculant les réactions d'appuis, déterminables par la statique, une ligne de moment  $M_0$ .

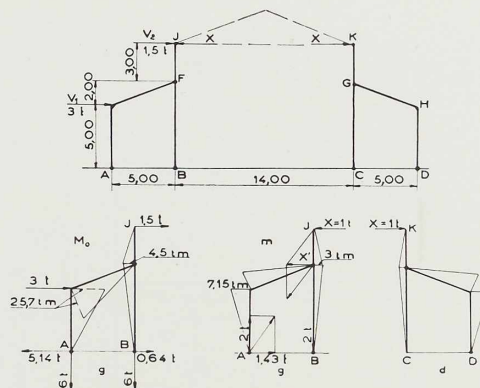


Fig. 224. Schéma pour le calcul de l'effort dû au vent représenté par deux forces concentrées  $V_1$  et  $V_2$ , permettant de déterminer par les réactions d'appui une ligne de moments  $M_0$ , ainsi que les réactions  $m$  pour  $X = 1$  tonne.

Sur la même figure, on a représenté les réactions et moments  $m$ , pour  $X = 1$  tonne dans chacun des cadres droite et gauche ( $d$  et  $g$ ).

Soit  $M$  le moment fléchissant dans  $g$ , il est égal à  $M_0 - mX$ , et détermine un déplacement de  $X$  égal à

$$\int_A^B (M_0 - mX) \frac{mdx}{EI}.$$

Ce déplacement doit être égal à celui de  $X'$  sur le cadre  $d$ , dont les moments sont de la forme  $mX$ , et donnent en  $K$  une déformation =

$$\int_C^D \frac{mXm dx}{EI}$$

On écrira donc que la somme des deux déplacements de  $g$  et  $d$ , en  $J$  et  $K$ , est nulle, soit :

$$\int_A^B M_0 \frac{mdx}{EI} - X \int_A^B \frac{m^2 dx}{EI} - X \int_C^D \frac{m^2 dx}{EI} = 0,$$

ce qui donnera, en supposant  $I$  constant :

$$\frac{25,7 \cdot 7,15 \cdot 5}{3} - \frac{25,7 \cdot 7,15 \cdot 5,4}{3} - \frac{4,5 \cdot 3 \cdot 10}{3} + 2X \left[ \frac{(7,15)^2 \cdot 5}{3} + \frac{(7,15)^2 \cdot 5,4}{3} + \frac{3^2 \cdot 10}{3} \right] = 0.$$

$$\text{D'où } X = \frac{681}{2.206,8}, \text{ soit } X = 1,65 \text{ t.}$$



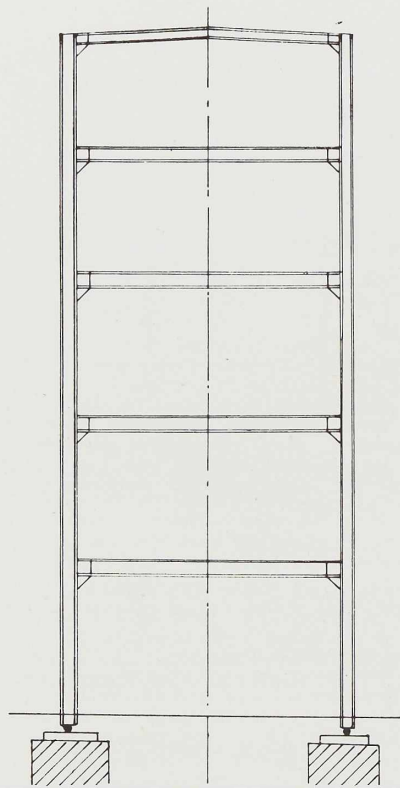


Fig. 225. Ossature type de bâtiment à plusieurs étages.

#### Bâtiments à plusieurs étages

On peut réaliser, d'une façon très simple, des bâtiments économiques à étages, du type représenté figure 225, uniquement avec des profilés. Ces profilés seront assemblés au moyen d'épanouissements soudés analogues à ceux de la figure 205; leur emploi, dans ce cas, sera très compatible avec l'économie de matière car ils auront à supporter des charges de planchers généralement supérieures à celles d'une terrasse, de sorte que leur rapport  $\frac{\text{portée}}{\text{hauteur}}$  sera plus favorable.

Les poteaux peuvent être continus du bas en haut, avec renforts partiels au moyen de semelles aux endroits voulus, et articulation au pied, afin de diminuer le nombre de liaisons surabondantes.

Au point de vue des tensions internes, un tel système, quoique fabriqué entièrement par soudure à l'atelier, ne présentera aucune incertitude, puisque les liaisons ne seront établies que par les boulonnages au chantier.

La seule difficulté peut provenir du calcul, mais nous allons voir qu'il est possible de réduire très fortement le nombre des équations de conditions lorsque, comme cela arrive souvent, le système est de construction symétrique.

Nous considérerons un système supportant, comme indiqué à la figure 226, des charges dissymétriques. Si les charges étaient symétriques, on pourrait déterminer au moyen de la méthode de Cross, sans aucune équation, les efforts résultant de ces charges, mais comme elles ne le sont pas, la méthode en question demande un ajustement complémentaire, que nous effectuerons en même temps que le calcul des efforts dus au vent.

L'écartement des cadres est de 5 mètres. La figure 227 donne les moments fléchissants dus aux charges verticales, avec l'hypothèse d'encastrement parfaits des traverses.

Sur la figure 228 on a indiqué les rigidités  $\frac{I}{l}$  des barres, et les transferts de moments nécessaires à la détermination des moments d'angle. Les résultats sont consignés figure 229 et supposent que tous les nœuds n'ont subi aucun mouvement transversal. Ce n'est malheureusement pas le cas, car si le système était libre, il aurait pris un certain déplacement; nous devons donc considérer que le cadre a été maintenu bloqué aux différents étages par des forces horizontales  $H_1, H_3,$  etc. égales et opposées à celles qui seraient nécessaires pour lui faire prendre la position qu'il devrait occuper étant libre.

Ce sont ces dernières forces ( $-H_3, -H_1,$  etc) que nous allons déterminer en écrivant que les efforts tranchants des poteaux d'un étage s'équilibrent.

On a pour le troisième étage en valeur absolue :

$$H_4 = \frac{M_{g4} + M_{g3}}{h} - \frac{M_{d4} + M_{d3}}{h} \text{ soit } H_4 = \frac{8,9 + 10,2}{4} - \frac{9,75 + 12,7}{4} = -0,84 \text{ t.}$$

au 2<sup>e</sup> étage :

$$H_3 = \frac{11,3 + 11}{4} - \frac{14,85 + 14,25}{4} = -1,7 \text{ t.}$$

au 1<sup>er</sup> étage :

$$H_2 = \frac{11,1 + 11,65}{4} - \frac{12,8 + 11,95}{4} = -0,5 \text{ t.}$$

au rez-de-chaussée :

$$H_1 = \frac{6,1}{4} - \frac{5,8}{4} = +0,075 = 0.$$





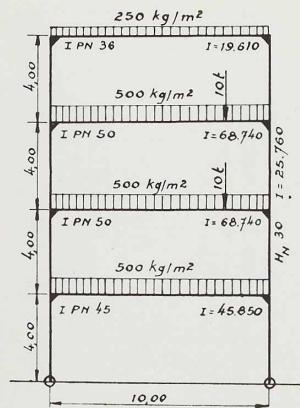


Fig. 226. Système important des charges dissymétriques.

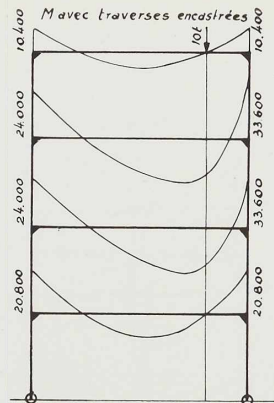


Fig. 227. Diagramme des moments fléchissants dus aux charges verticales (hypothèse d'un encastrement parfait).

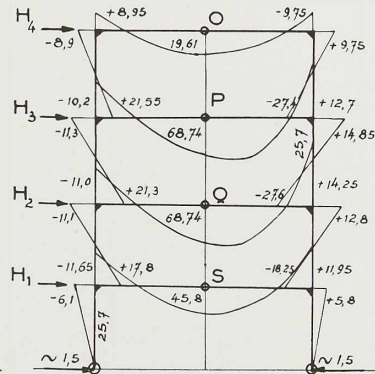


Fig. 229. Diagramme des moments en tenant des moments d'angles. On suppose que les nœuds n'ont subi aucun mouvement transversal.

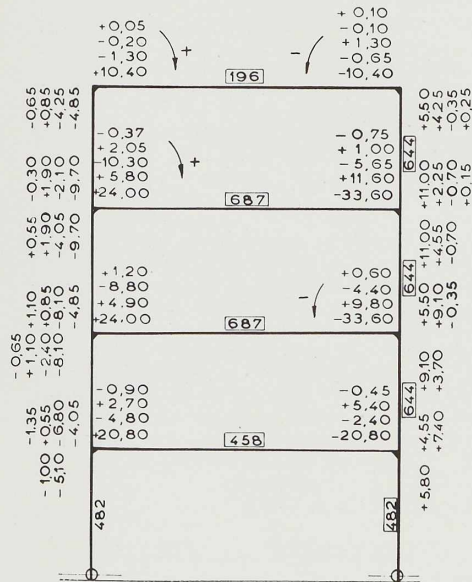


Fig. 228. Rigidité  $\frac{L}{I}$  des barres.

Nous avons maintenant les efforts du vent, soit à raison de  $100 \text{ kg/m}^2$ , et en prenant de droite à gauche :

A la traverse supérieure :

$$100 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m} \times 5 \text{ m} = 1\,000 \text{ kg,}$$

et à chacune des suivantes :

$$100 \text{ kg/m}^2 \times 4 \text{ m} \times 5 \text{ m} = 2\,000 \text{ kg.}$$

Les forces horizontales aux différents étages sont donc au total :

$$\text{Traverse 4-4} = 0,84 + 1,0 = 1,84 \text{ t.}$$

$$\text{Traverse 3-3} = 1,70 + 2,0 = 3,70 \text{ t.}$$

$$\text{Traverse 2-2} = 0,5 + 2,0 = 2,50 \text{ t.}$$

$$\text{Traverse 1-1} = 0 + 2,0 = 2,00 \text{ t.}$$

Pour résoudre ce système, qui normalement comporterait 10 inconnues nous considérons la symétrie et séparons le cadre suivant son axe vertical en deux moitiés G et D (fig. 230).

Isolons ces deux moitiés en supposant que chacune d'elles comporte une membrure fictive à moment d'inertie nul à la place de l'axe, il est évident que si nous appliquons la moitié des efforts horizontaux à chacun des demi-cadres, ils vont prendre tous deux des déplacements horizontaux égaux en chaque point. Quant aux déplacements verticaux, au centre, en négligeant les allongements ou raccourcissements de la membrure centrale, par traction ou compression, ils seront nuls.

Or, si nous rapprochons les deux moitiés pour les réunir à nouveau, la membrure centrale rece-



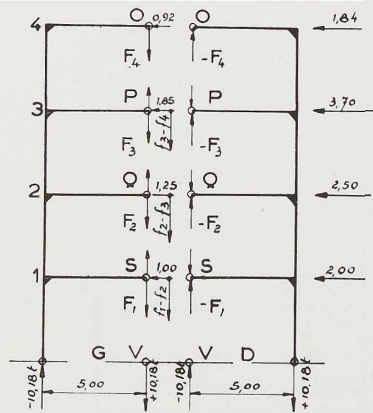


Fig. 230. Séparation du cadre en deux moitiés symétriques.

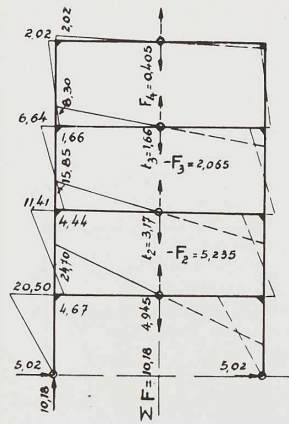


Fig. 231. Diagramme des moments fléchissants dus aux efforts horizontaux.

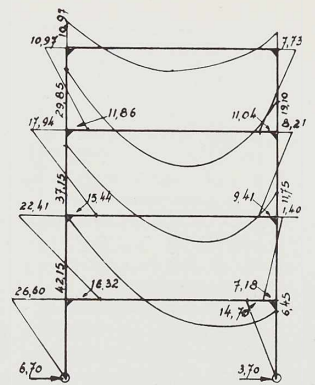


Fig. 232. Diagramme des moments fléchissants toutes charges comprises.

vra des efforts axiaux égaux et de signes contraires en chaque point, c'est-à-dire qu'ils seront nuls; on peut donc la supprimer et considérer un demi-cadre, sollicité par les demi-forces horizontales.

Pour le demi-cadre G, le système  $M_0$  est représenté figure 233, équilibré avec

$$-\Sigma H = 5,02 \quad \text{et} \quad \pm V = \Sigma M_z H : \frac{l}{2} = 10,18$$

Nous aurons à exprimer que OP, PQ, QS et SZ n'ont pas varié.

Soit  $F_4, F_3, F_2, F_1$  les tensions respectives dans ces quatre segments, en O on a  $F_4$ , en P on a  $F_3 - F_4$ ; en Q,  $F_2 - F_3$  et en S,  $F_1 - F_2$ . Il n'est donc pas indiqué de considérer les longueurs OP, PQ, QS, SZ séparément puisque les deux branches d'un étage n'ont pas la même tension.

Remarquons d'abord que  $F_1 = V$  et que S est fixe. On a ensuite

un 1<sup>er</sup> système  $F_4$  avec  $F_4$  de O à S, soit  $F_4$  en O, un 2<sup>e</sup> système  $F_3$  avec  $F_3$  de P à S, soit  $F_3 - F_4$  en P, un 3<sup>e</sup> système  $F_2$  avec  $F_2$  de Q à S, soit  $F_2 - F_3$  en Q, ce qui donne en S :

$$F_4 + (F_3 - F_4) + (F_2 - F_3) = F_2, \text{ d'une part, et } V \text{ opposé, soit en définitive : } V - F_2 \text{ en S.}$$

Les inconnues sont donc :

$$F_4, F_3 - F_4 (= t_3) \text{ et } F_2 - F_3 (= t_2),$$

d'où les surfaces  $m_4, m_3, m_2$  (fig. 233 a, b, c).

$$\text{On a toujours } M = M_0 + F_4 m_4 + t_3 m_3 + t_2 m_2$$

soit :

$$\begin{aligned} \frac{dT}{dF_4} = 0 &= \int \frac{M m_4 dx}{EI} \\ &= \int (M_0 + F_4 m_4 + t_3 m_3 + t_2 m_2) \frac{m_4 \cdot dx}{EI} \\ \frac{dT}{dt_3} = 0 &= \text{etc ...} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{donc : } \frac{dT}{dF_4} = 0 &= \int \frac{M_0 m_4 dx}{EI} \\ &+ F_4 \int \frac{m_4^2 dx}{EI} + t_3 \int \frac{m_3 m_4 dx}{EI} \\ &+ t_2 \int \frac{m_2 m_4 dx}{EI} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{puis : } \frac{dT}{dt_3} = 0 &= \int \frac{M_0 m_3 dx}{EI} \\ &+ F_4 \int \frac{m_4 m_3 dx}{EI} + t_3 \int \frac{m_3^2 dx}{EI} \\ &+ t_2 \int \frac{m_2 m_3 dx}{EI} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{et } \frac{dT}{dt_2} = 0 &= \int \frac{M_0 m_2 dx}{EI} \\ &+ F_4 \int \frac{m_4 m_2 dx}{EI} + t_3 \int \frac{m_3 m_2 dx}{EI} \\ &+ t_2 \int \frac{m_2^2 dx}{EI} \end{aligned}$$





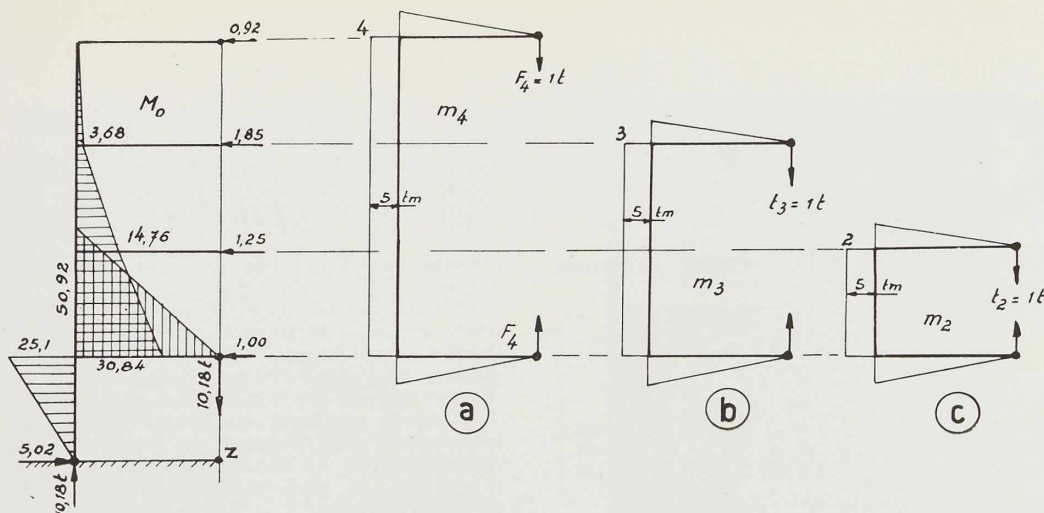


Fig. 233. Diagramme des moments fléchissants pour le demi-cadre.

En combinant les surfaces comme on a vu précédemment, ces trois équations nous donneront les valeurs :

$$F_4 = 0,405, t_3 = 1,66 \text{ et } t_2 = 3,17$$

avec lesquelles on peut construire le diagramme des moments fléchissants dus aux efforts horizontaux (fig. 231) et celui des moments toutes charges comprises (fig. 232). Les maxima seront obtenus avec le vent en sens contraire.

Au point de vue calcul on a donc résolu ce système avec trois équations au lieu de dix, qui seraient nécessaires par la méthode générale, ou huit par la méthode des rotations.

Au point de vue construction, on obtient, grâce aux assemblages utilisés, une continuité suffisante, sans risquer cependant d'introduire des tensions internes qui sont toujours à redouter dans les cadres entièrement continus.

Dans le cas de bâtiments à plusieurs étages et plusieurs travées où le nombre des liaisons surabondantes deviendrait trop important, il sera toujours indiqué, tant pour le calcul que pour les tensions, d'introduire dans le système quelques articulations, ou « semi-articulations », par exemple dans le cas de deux travées, aux pieds de poteaux tous les deux étages, ou bien, dans le cas d'un nombre de travées supérieur à deux, aux pieds de poteaux de tous les étages.

### Conclusion

L'emploi de la soudure électrique dans les charpentes de bâtiments est donc parfaitement rationnel, à condition d'adopter un mode de construction convenable.

On doit examiner principalement pour cela les points suivants :

1° Détermination d'un type de bâtiment approprié, en tenant compte des portées limites, de la nature de la couverture, et du remplissage des parois;

2° Etant donné la forme générale du bâtiment, le choix du ou des systèmes statiques convenant le mieux pour assurer la rigidité indispensable, et bénéficier des continuités, sans avoir pour cela un trop grand nombre de liaisons surabondantes, ni un coefficient d'erreur trop sensible par suite de tensions internes;

3° Comparaison en poids et main-d'œuvre des principaux organes à construire, en fonction des formes et des modes d'assemblages à utiliser, de l'importance des séries de pièces semblables, de l'outillage, etc.

Avec l'habitude, cette analyse de la question pourra se faire d'ailleurs très rapidement, car une fois un type établi il est toujours facile d'en faire dériver d'autres plus ou moins apparentés.

Il est fort probable que les travaux de la reconstruction dans les pays sinistrés, où il reste encore beaucoup à faire, pourront fournir des occasions nombreuses d'employer utilement la soudure, en cherchant à grouper les bâtiments en catégories types dans lesquelles la soudure apparaît comme incontestablement économique.

Enfin, on peut remarquer que, du point de vue du transport et du montage, les organes en profilés massifs des charpentes soudées sont plus économiques et faciles à manutentionner que les pièces à treillis; on réalisera donc encore, de ce fait, une sensible économie.

R. A.



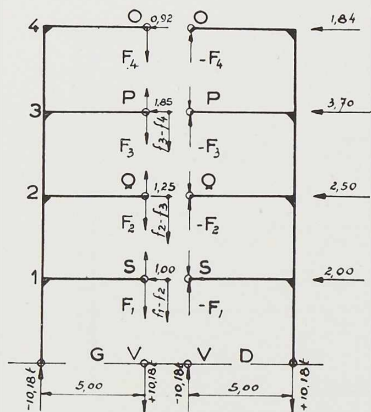


Fig. 230. Séparation du cadre en deux moitiés symétriques.

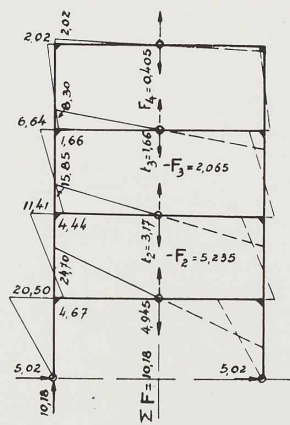


Fig. 231. Diagramme des moments fléchissants dans les colonnes aux efforts horizontaux.

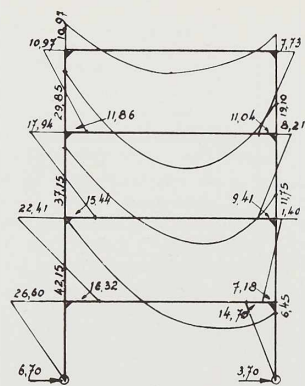


Fig. 232. Diagramme des moments fléchissants toutes charges comprises.

vra des efforts axiaux égaux et de signes contraires en chaque point, c'est-à-dire qu'ils seront nuls; on peut donc la supprimer et considérer un demi-cadre, sollicité par les demi-forces horizontales.

Pour le demi-cadre G, le système  $M_0$  est représenté figure 233, équilibré avec

$$-\Sigma H = 5,02 \quad \text{et} \quad \pm V = \Sigma Mz H : \frac{l}{2} = 10,18$$

Nous aurons à exprimer que OP, PQ, QS et SZ n'ont pas varié.

Soit  $F_4, F_3, F_2, F_1$  les tensions respectives dans ces quatre segments, en O on a  $F_4$ , en P on a  $F_3 - F_4$ , en Q,  $F_2 - F_3$  et en S,  $F_1 - F_2$ . Il n'est donc pas indiqué de considérer les longueurs OP, PQ, QS, SZ séparément puisque les deux branches d'un étage n'ont pas la même tension.

Remarquons d'abord que  $F_1 = V$  et que S est fixe. On a ensuite

un 1<sup>er</sup> système  $F_4$  avec  $F_4$  de O à S, soit  $F_4$  en O, un 2<sup>e</sup> système  $F_3$  avec  $F_3$  de P à S, soit  $F_3 - F_4$  en P, un 3<sup>e</sup> système  $F_2$  avec  $F_2$  de Q à S, soit  $F_2 - F_3$  en Q, ce qui donne en S :

$$F_4 + (F_3 - F_4) + (F_2 - F_3) = F_2, \text{ d'une part, et V opposé, soit en définitive : } V - F_2 \text{ en S.}$$

Les inconnues sont donc :

$$F_4, F_3 - F_4 (= t_3) \text{ et } F_2 - F_3 (= t_2),$$

d'où les surfaces  $m_4, m_3, m_2$  (fig. 233 a, b, c).

$$\text{On a toujours } M = M_0 + F_4 m_4 + t_3 m_3 + t_2 m_2$$

soit :

$$\begin{aligned} \frac{dT}{dF_4} = 0 &= \int \frac{M m_4 dx}{EI} \\ &= \int (M_0 + F_4 m_4 + t_3 m_3 + t_2 m_2) \frac{m_4}{EI} dx \end{aligned}$$

$$\frac{dT}{dt_3} = 0 = \text{etc ...}$$

$$\begin{aligned} \text{donc : } \frac{dT}{dF_4} = 0 &= \int \frac{M_0 m_4 dx}{EI} \\ &+ F_4 \int \frac{m_4^2 dx}{EI} + t_3 \int \frac{m_3 m_4 dx}{EI} \\ &+ t_2 \int \frac{m_2 m_4 dx}{EI} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{puis : } \frac{dT}{dt_3} = 0 &= \int \frac{M_0 m_3 dx}{EI} \\ &+ F_4 \int \frac{m_4 m_3 dx}{EI} + t_3 \int \frac{m_3^2 dx}{EI} \\ &+ t_2 \int \frac{m_2 m_3 dx}{EI} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{et } \frac{dT}{dt_2} = 0 &= \int \frac{M_0 m_2 dx}{EI} \\ &+ F_4 \int \frac{m_4 m_2 dx}{EI} + t_3 \int \frac{m_3 m_2 dx}{EI} \\ &+ t_2 \int \frac{m_2^2 dx}{EI} \end{aligned}$$





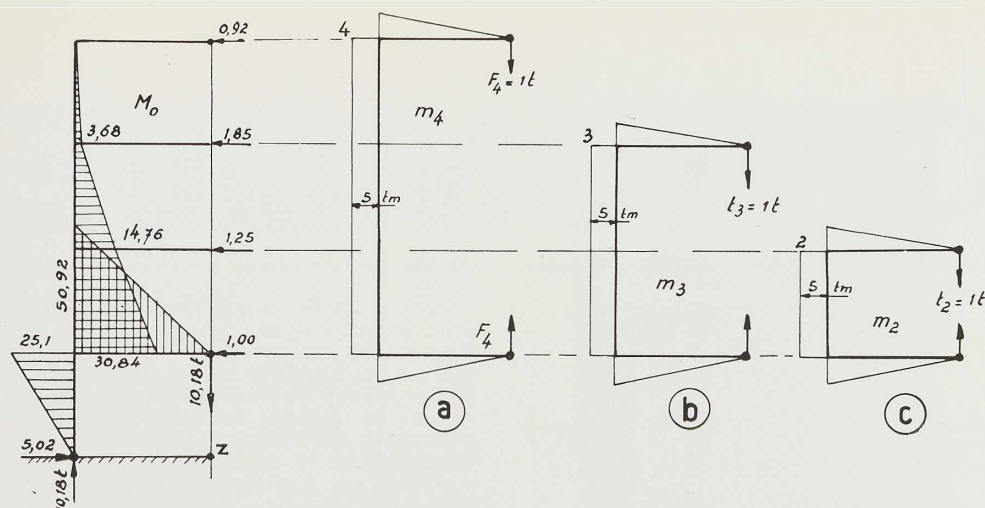


Fig. 233. Diagramme des moments fléchissants pour le demi-cadre.

En combinant les surfaces comme on a vu précédemment, ces trois équations nous donneront les valeurs :

$$F_4 = 0,405, t_3 = 1,66 \text{ et } t_2 = 3,17$$

avec lesquelles on peut construire le diagramme des moments fléchissants dus aux efforts horizontaux (fig. 231) et celui des moments toutes charges comprises (fig. 232). Les maxima seront obtenus avec le vent en sens contraire.

Au point de vue calcul on a donc résolu ce système avec trois équations au lieu de dix, qui seraient nécessaires par la méthode générale, ou huit par la méthode des rotations.

Au point de vue construction, on obtient, grâce aux assemblages utilisés, une continuité suffisante, sans risquer cependant d'introduire des tensions internes qui sont toujours à redouter dans les cadres entièrement continus.

Dans le cas de bâtiments à plusieurs étages et plusieurs travées où le nombre des liaisons surabondantes deviendrait trop important, il sera toujours indiqué, tant pour le calcul que pour les tensions, d'introduire dans le système quelques articulations, ou « semi-articulations », par exemple dans le cas de deux travées, aux pieds de poteaux tous les deux étages, ou bien, dans le cas d'un nombre de travées supérieur à deux, aux pieds de poteaux de tous les étages.

### Conclusion

L'emploi de la soudure électrique dans les charpentes de bâtiments est donc parfaitement rationnel, à condition d'adopter un mode de construction convenable.

On doit examiner principalement pour cela les points suivants :

1° Détermination d'un type de bâtiment approprié, en tenant compte des portées limites, de la nature de la couverture, et du remplissage des parois;

2° Etant donné la forme générale du bâtiment, le choix du ou des systèmes statiques convenant le mieux pour assurer la rigidité indispensable, et bénéficier des continuités, sans avoir pour cela un trop grand nombre de liaisons surabondantes, ni un coefficient d'erreur trop sensible par suite de tensions internes;

3° Comparaison en poids et main-d'œuvre des principaux organes à construire, en fonction des formes et des modes d'assemblages à utiliser, de l'importance des séries de pièces semblables, de l'outillage, etc.

Avec l'habitude, cette analyse de la question pourra se faire d'ailleurs très rapidement, car une fois un type établi il est toujours facile d'en faire dériver d'autres plus ou moins apparentés.

Il est fort probable que les travaux de la reconstruction dans les pays sinistrés, où il reste encore beaucoup à faire, pourront fournir des occasions nombreuses d'employer utilement la soudure, en cherchant à grouper les bâtiments en catégories types dans lesquelles la soudure apparaît comme incontestablement économique.

Enfin, on peut remarquer que, du point de vue du transport et du montage, les organes en profilés massifs des charpentes soudées sont plus économiques et faciles à manutentionner que les pièces à treillis; on réalisera donc encore, de ce fait, une sensible économie.

R. A.



# CHRONIQUE

## Le marché de l'acier pendant le mois de janvier 1948

		Production acier lingot en tonnes		
		Belgique	Luxembourg	Total
Janvier	1947	225 493	96 787	322 280
Décembre	1947	290 174	167 831	458 005
Janvier	1948	305 848	166 341	472 189

Alors que les usines luxembourgeoises ont à peine maintenu leur production du mois précédent, la production belge dépasse, pour la première fois, depuis 1940, le chiffre mensuel de 300.000 tonnes. Tous les facteurs laissent d'ailleurs prévoir, pour janvier 1948, une production en hausse par rapport à l'année passée. Toutefois, les grèves éclatées dans les charbonnages à la fin du mois mettent une première sourdine à ces prévisions optimistes.

L'approvisionnement en matières premières, minerais, s'est effectué avec facilité. On signale une légère baisse sur le marché des mitrailles.

Plusieurs usines poursuivent leur rééquipement en remplaçant des hauts fourneaux de moindre

capacité par des unités nouvelles de 400-450 tonnes.

Au Grand-Duché, on a rallumé un haut fourneau, portant à 18 le total des appareils à feu. Incidemment, attirons l'attention sur le fait qu'il ne faut pas, à l'heure actuelle, attacher au nombre de hauts fourneaux à feu une importance trop stricte; par suite des faibles quantités de combustibles dont disposent les producteurs, la composition du lit de fusion est telle que la production par haut fourneau est plus élevée qu'en temps normal.

### Marché intérieur

La production accrue amène une réduction des délais pour la plupart des produits. On demande actuellement 3 à 4 mois pour la livraison des tôles fines, 4 à 5 mois pour les tôles moyennes. Il n'y a plus guère que les larges plats et les tôles fortes qui donnent encore lieu à des délais fort grands.

En fonte de moulage, la situation s'est également améliorée, depuis qu'une usine luxembourgeoise fournit 3.000 tonnes par mois de ce produit au marché intérieur. Avec l'apport de 4.000 tonnes de fontes hollandaises on atteint ainsi le total de 17.000 tonnes par mois qui sont nécessaires et qui correspondent à la consommation d'avant-guerre.

Le syndicat des étireurs et tourneurs d'acier a déposé une requête tendant à obtenir pour 1948 et 1949 une réglementation de l'industrie des barres d'acier étirées et tournées, basée sur 80 % de la capacité des entreprises, à la date du 16 avril 1947.

Les ateliers de construction sont toujours largement pourvus de commandes. L'exécution de la commande de 10.000 wagons de la S. N. C. B., qui devait se faire à raison de 270-280 unités par mois, a subi un certain retard. Une accélération des fournitures est à prévoir, à l'heure actuelle.

Les expéditions de fabrications métalliques, pendant le mois de décembre 1947, se sont élevées à 141.500 tonnes comprenant notamment :

- 23.646 tonnes de produits de la tôle,
- 15.326 tonnes de matériel de chemins de fer et de tramways,
- 10.345 tonnes d'accessoires métalliques du bâtiment,
- 5.417 tonnes de ponts et charpentes.

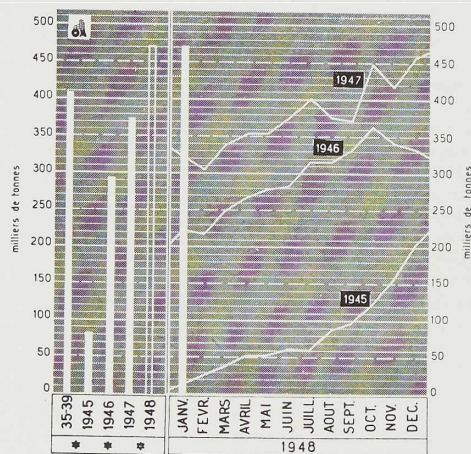


Fig. 234. Production mensuelle des aciéries belges et luxembourgeoises.





### Marché d'exportation

On estime à 140 millions de tonnes la production mondiale de l'acier de l'année 1947. Malgré ce chiffre relativement élevé, les exportations des principaux pays producteurs restent loin en arrière des livraisons d'avant-guerre, ainsi qu'il résulte de la comparaison suivante :

Exportations en milliers de tonnes	1937	1946	1947
U. S. A. . . . .	3.832	4.500	6.200
Angleterre . . . . .	2.869	2.243	2.100
Belgique-Luxembourg . . . . .	4.277	1.340	2.200
France . . . . .	2.207	—	275
Allemagne . . . . .	3.989	—	—
<b>Totaux . . . . .</b>	<b>17.174</b>	<b>8.083</b>	<b>10.775</b>

Des négociations assez longues ont eu lieu ou se poursuivent encore, avec nos principaux partenaires commerciaux. Un accord paraphé avec l'U. R. S. S. prévoit la fourniture de 60.000 tonnes de produits sidérurgiques et tréfilés et d'importantes quantités de fabrications métalliques. D'autre part, le nouveau traité belgo-suédois prévoit la fourniture, par la Belgique, de produits sidérurgiques et de fabrications métalliques et notamment de pièces en acier moulé, de pièces forgées et estampées, de machines-outils et de machines pour l'industrie textile.

Les pourparlers avec la France et avec l'Angleterre sont rendus difficiles par les problèmes monétaires. On espère cependant arriver à des conventions satisfaisantes.

En ce qui concerne les prix, la tendance reste à la hausse. L'Angleterre vient de majorer ses prix intérieurs de 5 shillings à la tonne et il est question d'une hausse de 5 % à l'exportation. Aux Etats-Unis, on prévoit une hausse des prix de minerai et de nouvelles revendications en ce qui concerne les salaires.

Nos boulonneries ont reçu d'importantes commandes, en provenance de Suède, des Indes et des colonies.

Les ateliers de constructions ont reçu de la bizonie allemande de nouveaux ordres de réparation de matériel ferroviaire.

Précisons que les chiffres cités dans le dernier alinéa du « Marché de l'Acier » paru dans notre numéro 2-février 1948, page 107, se rapportent aux expéditions totales des fabrications métalliques et non aux exportations : les expéditions totales de Fabrimitéal ont atteint environ 30 milliards et comportent un tiers d'exportation.



Fig. 235. Nouvelle série de timbres-poste belges consacrés à l'industrie.

### Timbres-poste consacrés à l'Industrie belge

L'administration des Postes de Belgique vient d'émettre une série de timbres-poste consacrés aux principales branches de l'industrie du pays.

Les différentes vignettes illustrées à la figure 235 représentent des installations sidérurgiques,





Fig. 236. Vue des arcs à 3 rotules d'une travée de rive du pont de Fragnée, sur la Meuse.

des charpentes métalliques symbolisant l'industrie de la construction, des machines textiles (construites par l'industrie mécanique belge) et des installations de chaudronnerie destinées à l'industrie chimique.

### Reconstruction du pont de Fragnée

Le pont de Fragnée sur la Meuse à Liège, construit en 1904, a été détruit en mai 1940, par le génie de l'armée belge. Cet ouvrage métallique, d'une longueur totale de 177<sup>m</sup>60, se composait de trois travées en arc à trois rotules.

Actuellement, on procède à la reconstruction de l'ouvrage. Les travaux, qui nécessiteront une mise en œuvre de 2.500 tonnes d'acier, ont été confiés à la Société John Cockerill.

### Charpentes métalliques pour le Congo belge

Une compagnie minière du Congo belge vient de passer, à la S. A. des Ateliers de Construction et Chaudronnerie de l'Est, une commande de 2.200 tonnes de constructions métalliques comprenant des charpentes de bâtiments, des charpentes supports de matériel, des passerelles aériennes, des silos, des appareils de concassage, broyage,

criblage et traitement de minerais, plusieurs kilomètres de transporteurs à courroies, etc.

### Travaux de la Jonction Nord-Midi

L'Office National pour l'achèvement de la Jonction Nord-Midi (O. N. J.) vient de publier son XIII<sup>e</sup> rapport annuel. Nous extrayons de ce document les données relatives à l'avancement des travaux.

Les deux premiers tronçons du tunnel, allant de la tête Sud à la rue de Loxum, sont actuellement achevés. Le troisième tronçon a été subdivisé en deux secteurs rue de Loxum-rue d'Assaut et rue d'Assaut-rue d'Orsendael.

Les travaux du premier secteur progressent normalement, ceux du second sont presque terminés. Le quatrième tronçon s'étend de la rue d'Orsendael au (et y compris) boulevard Botanique. Les travaux y sont fort avancés. Quant au cinquième tronçon, les travaux de gros-œuvre du tunnel sont complètement terminés.

L'ossature du bâtiment des Recettes de la Halte centrale est terminée et les travaux de pose de la toiture et des lanterneaux sont en cours.

Les travaux de construction des viaducs Nord et Midi progressent normalement. On prévoit d'ici peu de temps la mise en service, à la gare du Nord, des voies surélevées Bruxelles-Anvers.





# Bibliothèque

## Nouvelles entrées (1)

### Mécanique du sol et fondations

par J. VERDEYEN.

Un volume de 564 pages, format 16 × 24 cm, illustré de 320 figures. Edité par la S. A. Desoer, Liège, 1947. Prix : 475 francs belges.

La mécanique du sol, malgré son âge relativement jeune, a produit déjà une littérature assez abondante. Il convient toutefois de saluer tout spécialement la publication de l'ouvrage du professeur J. Verdeyen. Ce livre en effet ne s'adresse pas aux spécialistes de la mécanique du sol, mais il a été écrit à l'intention des architectes, ingénieurs et entrepreneurs, à qui il permet d'avoir une vue d'ensemble des principes de base qui régissent la technique des fondations.

La première partie est un résumé des principales théories et méthodes expérimentales actuellement utilisées en mécanique du sol.

La deuxième partie a pour but de dégager les principes généraux sur lesquels repose une exécution rationnelle des fondations.

Les différents chapitres de l'ouvrage de M. J. Verdeyen sont les suivants :

Historique - Dénomination pétrographique des sols - Equilibre des massifs pulvérulents et des massifs cohérents - Caractéristiques physiques et mécaniques des sols - Dénomination et classification géotechnique des sols - Calcul des tassements - Les fondations directes - Les fondations profondes - Renforcement des fondations - Le rabattement de la nappe aquifère - Les palplanches - La sécurité des fondations.

Attirons notamment l'attention sur l'important chapitre consacré aux palplanches qui présente un intérêt particulier. Il contient en effet des données sur les différents types de palplanches, la résistance des palplanches à la flexion, les emboitements, les qualités de l'acier et sa résistance aux attaques physiques et chimiques, le battage et l'arrachage des palplanches, etc.

Une importante bibliographie des publications sur les fondations se trouve en fin de l'ouvrage. Le remarquable livre du professeur J. Verdeyen, par la qualité de sa documentation autant que par la compétence de l'auteur, constitue un outil de travail qui sera extrêmement utile à tous ceux qui ont à résoudre les délicats problèmes des fondations.

(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).

### Les bases de la résistance mécanique des métaux et alliages

par P. LAURENT, J. VALEUR et S. BOGROFF.

Un ouvrage de 288 pages, format 16 × 25 cm, illustré de nombreuses figures. Edité par Dunod, 1947. Prix : 1.200 francs français.

Dans la préface de cet ouvrage, M. Caquot, membre de l'Institut de France, souligne l'importance du rôle de la plasticité cristalline et de l'effet des interactions des différents cristaux dans la connaissance de la matière. Ce rôle a été mis en relief par les recherches modernes. C'est sur cette base que s'appuient les auteurs pour présenter au lecteur une synthèse des propriétés mécaniques des matériaux et spécialement des alliages métalliques.

Le livre est divisé en trois parties. La première se limite à des rappels de cristallographie, d'élasticité et à l'étude de l'agitation thermique dans les cristaux. La seconde partie est réservée aux propriétés du monocristal, la troisième à celles des polycristaux.

Il y a une vingtaine d'années, nos connaissances sur les métaux se bornaient presque exclusivement à un ensemble de faits expérimentaux. Les édifices polycristallins des métaux étaient considérés comme quasi-isotropes. Les recherches ont permis de dégager des théories cohérentes des propriétés des métaux. Ces théories, dont l'intérêt et l'importance n'échappent à aucun ingénieur, sont en pleine évolution.

L'ouvrage de MM. Laurent, Valeur et Bogroff constitue un nouveau pas en avant dans ce domaine. Fruit d'un long et patient travail, le livre est solidement charpenté; il constitue une utile contribution à l'étude des propriétés des métaux et alliages.

### Modern Assembly Processes (Procédés modernes d'assemblages)

par J. L. MILLER.

Un ouvrage relié de 196 pages, format 14 × 21,5 cm, illustré de 170 figures. Edité par Chapman et Hall, Londres, 1946. Prix : 15 shillings.

L'ingénieur moderne dispose, pour l'assemblage des pièces métalliques, de différents procédés tels que : rivure, boulonnage, brasure, soudure oxy-acétylénique, soudure à l'arc, etc.



Le livre de M. Miller est destiné à faciliter aux techniciens le choix et le contrôle de ces procédés pour une application particulière.

Dans ce but, l'auteur s'étend longuement sur les différents facteurs qui régissent ce choix. L'ouvrage, basé sur la longue expérience de l'auteur, a une valeur documentaire certaine.

#### **Ferien- und Landhäuser (Maisons de week-end et de campagne)**

par Paul ARTARIA.

Un volume relié de 176 pages, format 18 × 24 cm, illustré de 500 figures, édité par les Editions d'Architecture Erlenbach, Zurich, 1947.

Cet ouvrage, abondamment illustré, contient une intéressante documentation sur les maisons de week-end et maisons de campagne réalisées dans 13 pays différents par plus de 100 architectes, parmi lesquels on relève les noms de Le Corbusier, W. Gropius, R. Neutra, Frank Lloyd Wright, A. Roth, S. Tschermayeff.

Le texte de l'ouvrage de l'architecte Artaria est rédigé en langues anglaise et allemande.

#### **Vlaamse Bouw en Aanbestedings Kalender 1948 (Agenda du bâtiment et des adjudications)**

Un ouvrage de 256 pages, format 12,5 × 20,5 cm. Edité par la revue *Bouwkronek*, Bruxelles, 1948. Prix : 40 francs.

A côté de l'agenda proprement dit, on trouve dans ce petit volume des renseignements techniques sur le bâtiment et les industries connexes (Matériaux pierreux, bois, métaux, résistance des matériaux, etc.) ainsi que des données sur les dommages de guerre, les adjudications, etc.

#### **Oxy-acetylene welding handbook (Manuel de soudure oxy-acétylénique)**

par L. J. TIBBENHAM.

Un ouvrage relié de 208 pages, format 12 × 19 cm, illustré de 226 figures. Edité par Suffolk Iron Foundry Ltd, Stowmarket (Angleterre), 1947. Prix : 5 shillings.

Ce manuel, d'un caractère pratique, traite de la soudure oxy-acétylénique des métaux ferreux et non ferreux.

La table des matières du livre de l'ingénieur Tibbenham, abondamment illustré, comporte les chapitres suivants : Ateliers de soudure et son appareillage — Technique de la soudure — Ré-

parations par soudure dans les domaines suivants : Automobiles — Agriculture — Matériel roulant — Méthodes de préchauffage — Soudure des constructions légères en acier — Soudure des aciers inoxydables — Soudure par fusion des aciers doux, etc...

#### **Travail mécanique de la tôle**

Un ouvrage relié de 230 pages, format 21 × 27 cm, illustré de nombreuses figures et planches hors texte. Edité par le Travail Mécanique de la Tôle (T. M. T.), Bruxelles.

Cet album, d'une présentation absolument remarquable, montre par le texte et l'image les très nombreuses applications de la tôle. Tour à tour défilent sous les yeux du lecteur les pages consacrées aux emballages métalliques, aux articles de ménage et de ferme, aux tuyaux et coudes, aux articles de fonderie, etc.

L'ouvrage est complété par des chapitres sur la galvanisation, la métallisation, la parkérisation, etc.

#### **Flats (Immeubles à appartements)**

par H. KAMENKA

Un volume relié de 144 pages, format 19 × 25 cm, illustré de 54 figures et 23 plans. Edité par Crosby Lockwood & Son, London 1947. Prix : 15 shillings.

L'ouvrage de l'architecte Kamenka est un vibrant plaidoyer pour l'immeuble à appartements. L'auteur souligne le danger d'étendre les villes et d'empiéter sur les campagnes. Le remède consiste dans la construction d'immeubles à appartements à étages multiples (12 à 16 en moyenne).

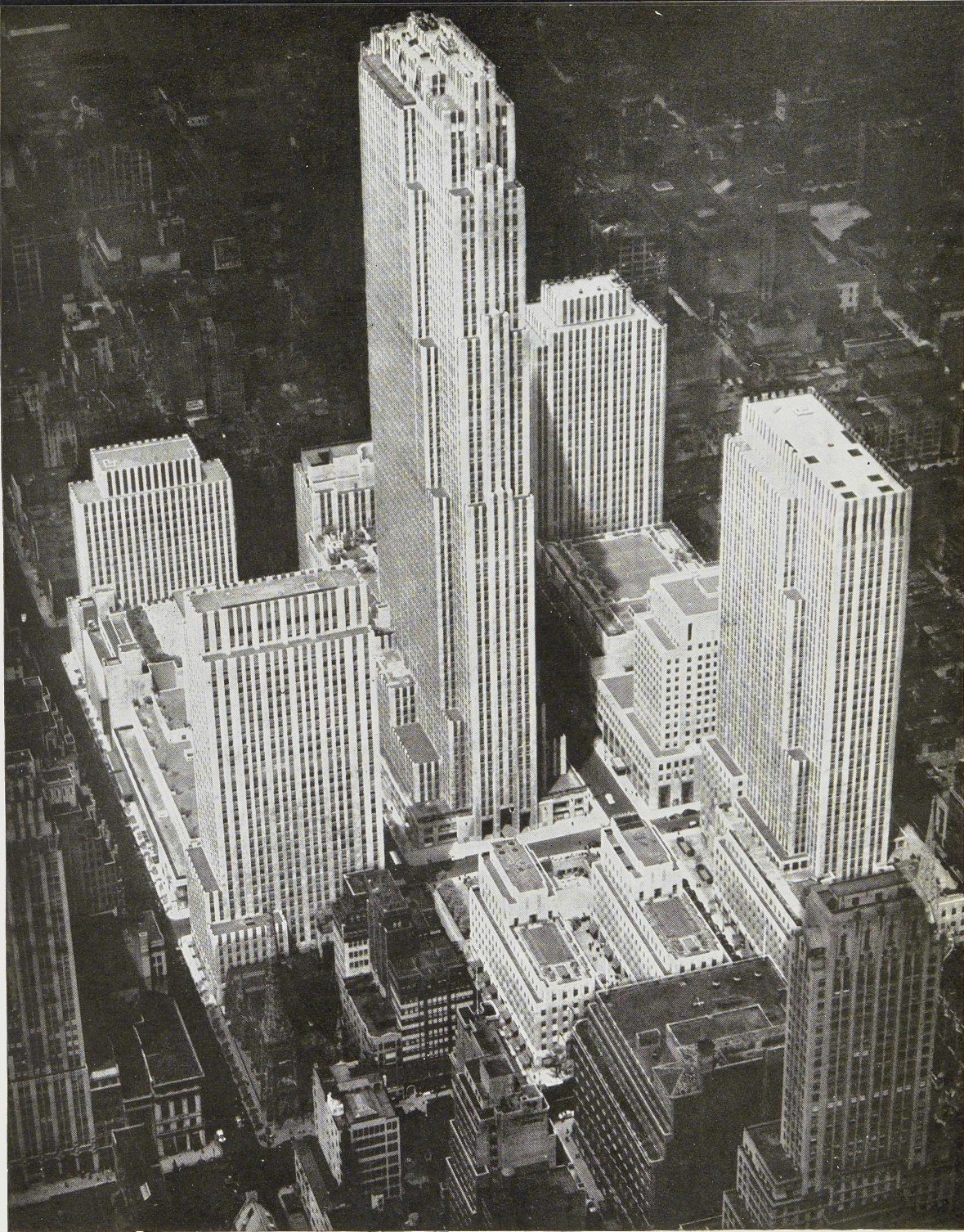
D'après Sir Patrick Abercrombie, professeur d'urbanisme à l'University College de Londres, le développement des villes devrait être « pyramidal », c'est-à-dire avec zones centrales urbaines comportant des immeubles à étages multiples, descendant graduellement vers la banlieue. M. Kamenka estime que les immeubles à appartements offrent de nombreux avantages et illustre sa thèse par des exemples judicieusement choisis tant en Europe qu'aux Etats-Unis.

Ecrit avec conviction et abondamment illustré, le livre de M. Kamenka ne manquera pas d'intéresser tous ceux qui se préoccupent du développement harmonieux des grandes cités. Il présente en effet certains aspects originaux trop souvent méconnus d'un problème essentiel pour le développement de la civilisation.

Parmi les nombreuses illustrations de ses théories, l'auteur présente une remarquable vue d'ensemble du Rockefeller Center de New-York (fig. 237).







(Cliché Crosby Lockwood & Son.)

Fig. 237. Le Rockefeller Center à New-York.



# Bibliographie

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

### 15.4. - Découpage des aciers et métaux durs par érosion électrique

T. P. REKSHINSKAYA, *Engineers' Digest*, juillet 1947, pp. 216-217, 4 fig.

Le sectionnement du métal par érosion électrique est un procédé nouveau qui se base sur l'action destructive de décharges électriques d'un circuit à courant continu.

La matière détachée est emportée par un liquide électrolytique de densité comprise entre 1<sup>o</sup>,32 et 1<sup>o</sup>,34 Beaumé. La machine se compose d'un disque en acier agissant comme une scie circulaire avec un effort de 0 à 1,5 kg/cm<sup>2</sup>. Ce disque constitue le pôle négatif. Le courant retourne à la source par l'intermédiaire de la pièce métallique à sectionner. La scie, dont le diamètre est de 150 à 350 mm, tourne à la vitesse de 750 t/m. La composition du liquide électrolytique, à base de silicate de soude, est primordiale sur la vitesse de coupe, qui est favorisée par le petit diamètre du disque sectionneur : celui-ci est en acier doux au carbone, de 0,5 à 0,8 mm d'épaisseur et est recouvert de 0,016 mm de cuivre. Le voltage recommandé est de 18 volts avec une intensité de courant de 80 à 100 ampères.

La perte de métal, sectionné par érosion électrolytique, correspond à l'épaisseur du disque. Le découpage ne provoque pas la surchauffe du métal coupé qui garde sa dureté primitive.

### 52.4. - La protection des conduites forcées

Bernard DAUTRY, *La Houille blanche*, mai-juin 1947, pp. 185 à 188, 6 figures.

Ces problèmes sont les mêmes pour les vannes, les batardeaux, les grilles de prise d'eau, etc.

<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*, no 7/8-1946, p. 189.

Une peinture à base d'huile se gonfle sous l'eau, n'adhère plus exactement à la paroi et, dans ces conditions, n'empêche plus l'attaque de la rouille. Les peintures bitumeuses s'appliquent à froid ou à chaud et donnent de meilleurs résultats. On peut encore améliorer la durée de la protection par un meilleur « accrochage » de cette couche de protection.

On se contentait de brosser les parois, le métal étant soi-disant « propre » par définition, soit par piquetage à la main, ou pneumatique. Ces procédés n'arrachaient nullement la rouille ancrée dans le métal.

Comme une peinture ne se fixe que difficilement sur une surface libre, il faut que le métal sur lequel on l'applique soit rugueux, afin qu'elle s'y accroche et pénètre la surface des parois à enduire; ainsi la rouille ne pourra s'interposer entre le métal et la peinture. On n'y parvient que par le sablage.

Sur des conduites très longues, le sableur est en relation téléphonique au fur et à mesure de son avancement avec la sableuse.

Le sable doit être abrasif, lavé, séché, dépoussiéré et calibré. Le mélange de sable, servant à décaper, se fait suivant le degré de profondeur de la couche d'oxydation. Le sable de rivière ou de mer n'est pas assez abrasif. Le sablage décèle parfois les parties de la conduite rendues faibles par l'oxydation, et permet la vérification des soudures appliquée après sablage, la durée des peintures est considérablement augmentée.

Le procédé que l'on applique surtout aux conduites forcées neuves est la métallisation. Par ce procédé, qui est le meilleur, les conduites forcées sont doublées d'une armature de protection, le zinc étant le plus employé.

La métallisation d'une conduite se fait au moment de sa construction chez le fabricant, ou sur le chantier avant sa pose.

Son épaisseur peut varier de 12/100 à 8/10. Avant la métallisation la conduite sera sablée blanc argent, au sable calibré siliceux, dont le grain devra correspondre proportionnellement au grain du métal utilisé. La protection de l'intérieur des conduites peut être augmentée, par l'application sur la première couche de zinc de base, de deux couches d'aluminium qui seront polies, afin de n'offrir à l'eau aucune résistance : pour l'extérieur de la conduite, deux ou trois couches de zinc recouvertes d'une couche de peinture, suffiront à sa protection pour de longues années.

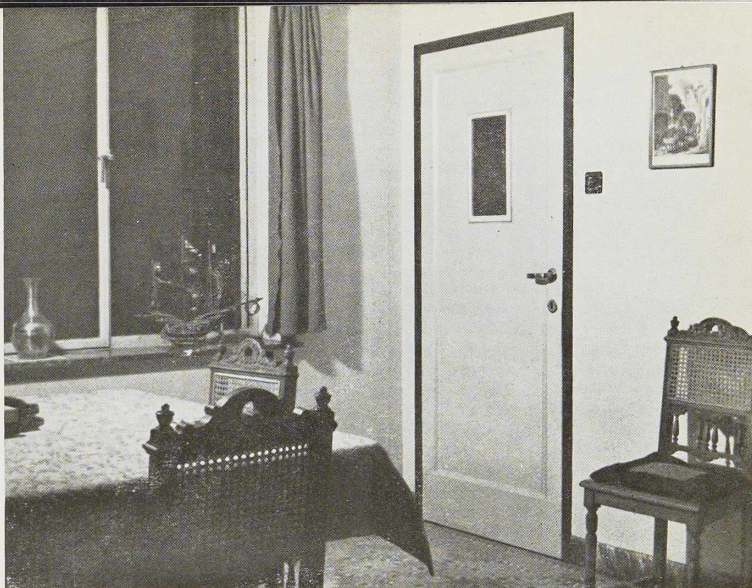




PORTES MÉTALLIQUES  
" STANDARDISÉES "  
POUR L'INTÉRIEUR

LÉGÈRES

RIGIDES



S. A. ATELIERS **VANDERPLANCK** FAYT-lez-MANAGE



'S-GRAVENHAGE (HOLLANDE)

Bezuidenhout, 103

Tél. : 77.20.57 - 77.20.58

Adr. télégr. : NEFA

Département d'exportation de **TH. DE GROEN** Technisch Handelsbureau N.V. i/o.  
(créé en 1912)

NOTRE « DÉPARTEMENT D'EXPORTATION » SE CHARGE DE L'EXPORTATION VERS :  
**L'INDONÉSIE, L'AFRIQUE DU SUD, L'AMÉRIQUE DU SUD, ETC.**

de matériel de chemin de fer à voie normale et à voie étroite,  
ponts et charpentes métalliques, réservoirs, rouleaux compresseurs,  
machines agricoles, etc.

NOTRE DÉPARTEMENT « ISTO » (INTERNATIONAL STEEL OFFICE) EXPORTE  
**FERS ET ACIER**

pour la construction de bateaux, charpentes, réservoirs, machines.  
fûts métalliques, tubes en fonte et en acier pour conduites de gaz  
et d'eau.

LES FABRICANTS DE CE MATÉRIEL SONT PRIÉS DE SE METTRE EN RAPPORT AVEC NOUS

BIBL. UNIV.  
GENT



# 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**

#### **PONTS ROULANTS**

ordinaires et à grappin

#### **GRUES ÉLECTRIQUES**

sur trucks et portiques  
à crochets et à grappin

#### **TREUILS - CABESTANS - SKIPS**

#### **ÉLEVATEURS**

industriels et pour carrières

#### **GRAPPINS**

charbon, sables, gravier, etc.  
à griffe, pour mitrilles.

#### **TOUS APPAREILS DE LEVAGE**

#### **MANUTENTION**

#### **MÉCANIQUE EN GÉNÉRAL**

#### **PARACHÈVEMENT**

#### **TAILLE D'ENGRENAGES**

## **Ateliers A. LUCAS**

**LA LOUVIÈRE**

**USINES A HOUDENG - AIMERIES**

**80, RUE I. ISABELLE**

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

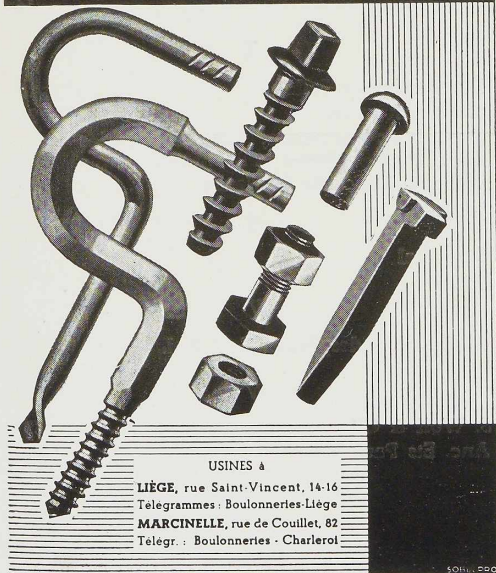
La concurrence s'annonce âpre.  
Abaissez vos prix de revient!



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

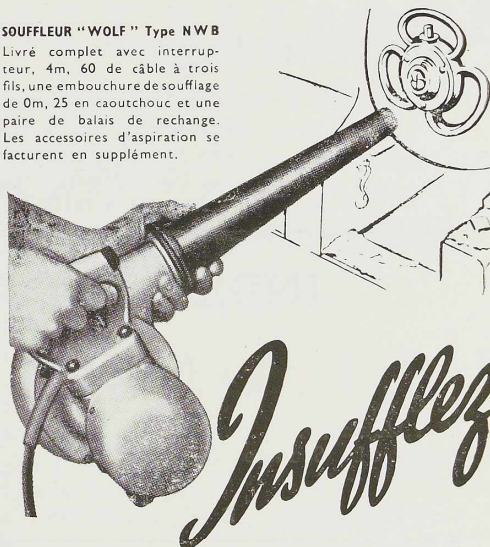
### SYSTÈME DES BOULONNERIES DE LIÈGE ET DE LA BLANCHISSERIE



USINES à  
LIÈGE, rue Saint-Vincent, 14-16  
Telegrammes : Boulonneries-Liège  
MARCINELLE, rue de Couillet, 82  
Telegr. : Boulonneries - Charleroi

#### SOUFFLEUR "WOLF" Type NWB

Livré complet avec interrupteur, 4m, 60 de câble à trois fils, une embouchure de soufflage de 0m, 25 en caoutchouc et une paire de balais de rechange. Les accessoires d'aspiration se facturent en supplément.



## UNE PROLONGATION DE VIE DANS VOS MACHINES

Prolongez de plusieurs années l'existence de vos machines, à l'aide d'un souffleur "Wolf" extrêmement puissant. Celui-ci souffle l'air à une vitesse de 350 Km.h., chassant poussières, crasses, mailles, copeaux, etc. L'embouchure en caoutchouc est une garantie de sécurité parfaite quand on travaille sur des appareils électriques. Nous vous offrons là une machine, dont le capital investé produit le dividende le plus élevé.

#### OUTILLAGE ÉLECTRIQUE

★ Prospectus de tout l'outillage "Wolf" sur demande.

# Wolf

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

Agents généraux pour la Belgique et le Grand Duché de Luxembourg (Vente en Gros et Entretien) :

J. & R. LENAERS  
5, Ave. Ernest Renan, BRUXELLES, 3.

BI. UNIV.  
GENT



# Architectes,

Visitez la bibliothèque du **Centre belgo-luxembourgeois d'Information de l'Acier**. Vous y trouverez notamment des grandes revues d'architecture françaises, anglaises, américaines, etc. La bibliothèque est ouverte de 9 à 17 heures, le samedi de 9 heures à midi.

## INDEX DES ANNONCEURS

	Pages		Pages
<b>A</b>			
A. C. E. C. . . . .	30	Laminoirs de Longtain . . . . .	11
L'Air Liquide. . . . .	20	Ateliers A. Lucas . . . . .	34
Arcos, « La Soudure Electrique Auto-gène » . . . . .	26	<b>N</b>	
<b>B</b>			
B. E. I. . . . .	35	Nefa . . . . .	33
Belradio . . . . .	34	Anc. Ets Nobels-Peelman, S. A. . . . .	couv. IV
Usines Gustave Boëi. . . . .	10	<b>O</b>	
Ateliers de Bouchout et Thirion Réunis . . . . .	24	Oca . . . . .	28
S. A. des Boulonneries de Liège et de la Blanchisserie . . . . .	35	L'Oxyhydrique Internationale, S. A. . . . .	29
La Brugeoise et Nicaise & Delcuve . . . . .	couv. II	<b>S</b>	
<b>C</b>			
P. & M. Cassart . . . . .	5	Sidérur . . . . .	15-17
C. B. L. I. A. . . . .	36	Someba, S. A. . . . .	6
Chamebel . . . . .	27	Soudométal . . . . .	16
Cockerill . . . . .	couv. III	<b>T</b>	
Columeta . . . . .	8-9	Etablissements Tallon . . . . .	16
<b>D</b>			
Davum . . . . .	19	Titan Anversois. . . . .	23
Alexandre Devis & C <sup>ie</sup> . . . . .	14	S. A. Hauts-Fourneaux, Forges et Acieries de Thy-le-Château et Marcinelle . . . . .	25
<b>E</b>			
Société Métallurgique d'Enguien Saint-Eloi . . . . .	32	Usines à Tubes de la Meuse . . . . .	22
E. S. A. B. . . . .	2	<b>U</b>	
<b>J</b>			
S. A. Ateliers de Construction Jambes-Namur . . . . .	13	Ucométal . . . . .	7
Constructions Métalliques de Jemeppe-sur-Meuse, S. A. . . . .	12	<b>V</b>	
Etablissements Jouret, S. P. R. L. . . . .	21	Ateliers Vanderplanck, S. P. R. L. . . . .	33
<b>W</b>			
		S. Wolf & C <sup>ie</sup> . . . . .	35
		Anc. Ets Paul Würth . . . . .	18