

Laminage à chaud

Profilage à froid

Toutes sections  
spéciales en acier

Création rapide de  
nouveaux profilés

Spécialistes en profilés  
pour huisserie  
et châssis métalliques

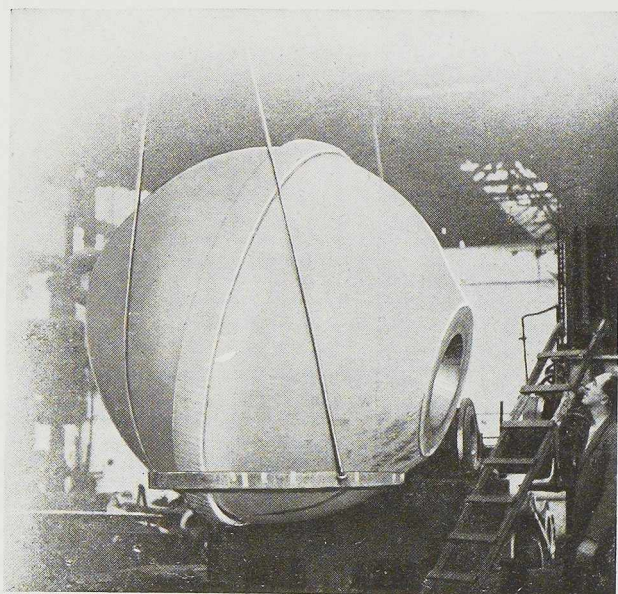
# LAMINOIRS DE LONGTAIN

TÉLÉPHONES : LA LOUVIÈRE 759 et 880

TÉLÉGRAMMES : LAMILONG La Louvière

CODES : Bentley et Acme.

Société Anonyme  
LA CROYÈRE (BELGIQUE)



---

La nacelle du bathyscaphe du Professeur Piccard quittant nos usines.

L'acier utilisé pour la fabrication du bathyscaphe du Professeur Piccard est un

**PRODUIT HENRICOT**

C'est un acier de haute qualité comme le sont tous ceux qu'élaborent les

# USINES EMILE HENRICOT

Consultez-les pour tout ce qui regarde la nuance la mieux appropriée pour atteindre la résistance qu'exigent vos pièces en acier coulé, ainsi qu'en ce qui concerne l'étude et la réalisation de tout problème « acier coulé » délicat, tel que :

Attelages automatiques,  
Appareils de voie,  
Bogies,  
Ossatures monobloc,  
Cuvelages de mines,  
Grosses pièces de fours et de broyeurs,  
Etc., etc.

**USINES EMILE HENRICOT**  
à Court-Saint-Étienne (Belgique)

---

# L'OSSATURE MÉTALLIQUE

## REVUE MENSUELLE DES APPLICATIONS DE L'ACIER

12<sup>e</sup> ANNÉE - N° 12

DÉCEMBRE 1947

### La nacelle sphérique du bathyscaphe des professeurs Piccard et Cosyns

L'exploration des mers présente de nombreuses inconnues qui offrent un intérêt considérable à la navigation : relief sous-marin, circulation stratosphérique marine, perméabilité aux ondes, etc. Ces inconnues ne peuvent être levées par les moyens d'auscultation habituels ne faisant appel qu'à des automates pénétrant dans les grandes profondeurs. Cette situation souligne tout l'intérêt de l'exploration sous-marine que préparent les professeurs Piccard et Cosyns de l'Université Libre de Bruxelles.

Pour explorer l'océan avec les facilités et les possibilités désirables, les audacieux savants comptent se servir d'un ballon libre océanique, dit « Bathyscaphe ».

Le bathyscaphe est capable de descendre jusqu'au fond de l'océan, d'évoluer à des profondeurs considérables et de remonter en surface par ses propres moyens; il est muni de moteurs et restera en contact avec la surface par ultrasons.

L'expérience des professeurs Piccard et Cosyns aura lieu sur l'Equateur dans le golfe de Guinée, à 400 milles au Sud d'Accra sur la Côte d'Or, au printemps 1948.

Les diverses plongées devant avoir lieu à des profondeurs comprises entre 1.000 et 6.000 mètres seront faites en divers endroits, dépendant du relief sous-marin.

#### Principe de construction du bathyscaphe

Tout le monde sait maintenant que le bathyscaphe des professeurs Piccard et Cosyns est une copie de ballon stratosphérique, adapté évidemment au milieu dans lequel l'appareil devra évoluer : l'eau remplaçant l'air, les fortes pressions faisant place à la dépression de la stratosphère.

La nacelle étanche du ballon stratosphérique « F. N. R. S. » était supportée par une enveloppe contenant du gaz plus léger que l'air; la nacelle étanche du bathyscaphe sera supportée par une enveloppe contenant un liquide plus léger que l'eau. Le liquide choisi est l'essence, densité 0,7, dont la force ascensionnelle est de 320 kg/m<sup>3</sup>.

Le poids du vaisseau étant de près de 13 tonnes, il faudra donc 40 mètres cubes d'essence pour le maintenir en équilibre à la surface de l'eau, de telle sorte que le poids total du bathyscaphe chargé de son essence atteindra 40 tonnes.

Le vaisseau ne s'enfoncera dans les profondeurs sous-marines que s'il est chargé de lest supplémentaire et il remontera automatiquement à la surface dès qu'il sera délesté.

La figure 630 montre clairement les divers éléments de la construction du vaisseau sous-marin et dont nous ne décrirons ci-après que la nacelle sphérique.

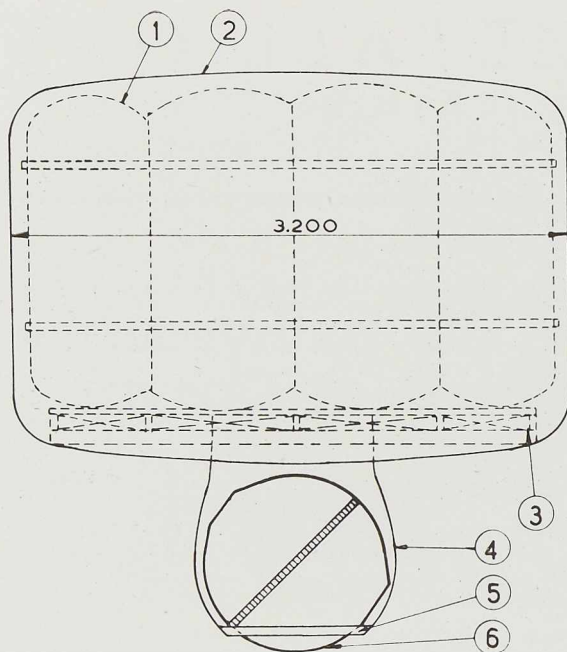
#### La nacelle sphérique

##### Matériau

Les alliages de faible densité, tels que les alliages d'aluminium, ne pouvaient pas être utilisés parce que l'épaisseur des parois de la cabine aurait été trop forte, ce qui aurait notamment rendu très difficile le placement des hublots. De plus, et ceci constitue la raison principale, les propriétés mécaniques de ces alliages ne sont obtenues que par un corroyage du métal. Or, comme on le verra plus loin, ce corroyage n'est pas possible.

Il fallait donc nécessairement choisir un acier allié, quitte à réduire l'épaisseur de la nacelle à un minimum compatible avec une sécurité suffisante.





**Fig. 630.** Bathyscaphe des professeurs Piccard et Cosyns de l'Université Libre de Bruxelles.

1. Réservoirs en construction très légère contenant de l'essence et communiquant la force ascensionnelle à l'ensemble du vaisseau. — 2. Enveloppe métallique reliant les réservoirs. — 3. Châssis métallique portant les réservoirs, les moteurs, le lest, les phares, et supportant la nacelle. — 4. Tringles de 25 millimètres de diamètre, au nombre de quatre, supportant l'anneau, et exécutées en acier Ni-Cr-Mo. — 5. Anneau formant support de nacelle, en acier Cr-Ni-Mo. — 6. Nacelle sphérique, en deux pièces, constituant l'habitacle des explorateurs.

Pour ce motif, il était indispensable d'utiliser un acier de haute résistance, alliée à une ductilité suffisante et une homogénéité parfaite du métal. Les Usines Henricot, chargées de la construction de la nacelle, ont choisi un acier de construction au nickel-chrome-molybdène élaboré au four électrique à arc. Cet acier est non seulement un acier spécial, mais il est également, et surtout, un acier « fin ». Ses propriétés mécaniques remarquables lui sont communiquées par la méthode et le soin extraordinaire avec lesquels il est élaboré et traité thermiquement.

#### Forme et dimensions

La forme doit être sphérique, étant celle résistant le mieux aux grandes pressions.

Cependant, la nacelle doit posséder des hublots d'observation et une porte permettant aux passagers de s'y introduire. Les parties correspon-

dantes sont planes et sont raccordées à la partie sphérique par un cône tangent à l'extérieur et par une surface de toroïde à l'intérieur.

Les ouvertures pour la porte et les hublots sont tronconiques; il en résulte que la pression extérieure de l'eau constitue une sécurité de fermeture.

#### Dimensions

Le diamètre doit être suffisant pour que deux hommes puissent habiter dans la cabine pendant une douzaine d'heures et que les instruments de bord et de mesure scientifique puissent y trouver place. Il sera réduit au minimum afin que le poids de la nacelle soit le plus petit possible. Le diamètre intérieur a été fixé à 2 mètres.

L'épaisseur au droit de la porte et des hublots est de 150 mm correspondante à l'épaisseur théorique calculée, compte tenu d'un coefficient de sécurité suffisant. L'épaisseur théorique de la partie sphérique est de 75 mm; cette épaisseur a été portée à 90 mm par suite du danger qu'aurait présenté une diminution d'épaisseur de 150 à 75 mm sur une distance relativement faible (fig. 631).

On peut affirmer que la forme et les dimensions de la nacelle ont été déterminées et calculées, par les deux savants avec une précision remarquable. Le calcul a été contrôlé par des essais expérimentaux effectués sur des maquettes au dixième qui se sont écrasées à l'endroit des hublots sous une pression de 1.530 atmosphères alors que le calcul avait prévu la destruction de la pièce à la pression de 1.500 atmosphères.

On sait que la pression atteinte au cours de la plongée à vide sera de 600 atmosphères; elle sera de 400 atmosphères au cours des plongées avec passagers.

Le coefficient de sécurité sera donc voisin de 4, ce qui est extrêmement satisfaisant.

#### Exécution

Le poids, l'épaisseur et la nuance de l'acier utilisé excluaient la possibilité d'obtenir la forme de la nacelle par forgeage. La réalisation par éléments soudés était également exclue, non seulement par suite de la difficulté d'exécution, mais également pour des raisons de sécurité.

La réalisation de la nacelle en acier moulé a donc été choisie comme étant la seule solution possible et acceptable.

Une telle réalisation présentait toutefois des difficultés très sérieuses. Dans la fabrication d'une pièce quelconque, quel que soit le procédé de fabrication (forgeage, laminage, moulage), une mise au point est souvent nécessaire pour obte-

nir un résultat satisfaisant. Cette mise au point est d'autant plus nécessaire que les difficultés de réalisation sont grandes ou que les conditions imposées sont sévères.

Habituellement, la ou les premières pièces sont découpées afin de s'assurer de la santé des sections dangereuses ou sont examinées par le procédé plus moderne des rayonnements X ou  $\gamma$ . La fabrication proprement dite ne peut être entreprise avant la mise au point parfaite des pièces-témoins. Cependant, si la fabrication proprement dite n'intéresse qu'une seule pièce, on comprend que ces procédés d'investigation sont irréalisables ou ne sont d'aucune utilité. De plus, si minutieuse que soit l'étude préalable à l'exécution d'une pièce, on ne peut jamais affirmer qu'aucune anomalie susceptible de justifier le rebut ne puisse survenir. Et si la pièce représente une grande valeur, le risque à courir est d'autant plus grand.

Il faut donc reconnaître que, quelle que soit la qualité des produits fabriqués par l'usine qui acceptait d'entreprendre l'exécution de la nacelle du bathyscaphe, cette usine ne pouvait pas, avec certitude, affirmer que la première pièce serait acceptable. On verra plus loin comment elle a réussi dans son entreprise.

On a vu plus haut les raisons qui ont motivé la fabrication de la nacelle en acier moulé.

Une pièce en acier moulé est réalisée en coulant de l'acier liquide dans une empreinte exécutée dans une matière réfractaire. Cette matière réfractaire, c'est-à-dire résistante à la température élevée de l'acier en fusion, doit posséder d'autres propriétés, d'autant plus nécessaires que la qualité du produit fini est plus élevée. On comprend, notamment, que la matière réfractaire doit être suffisamment plastique pour obtenir une empreinte de forme quelconque, qu'elle doit posséder une résistance mécanique suffisante pour supporter la pression du métal liquide sans se désagréger, qu'elle doit être suffisamment perméable pour permettre une évacuation rapide des gaz libérés par le métal en cours de solidification.

La qualité de la matière utilisée pour l'exécution de l'empreinte, c'est-à-dire du « moule » de la nacelle, devait être absolument irréprochable et le mouleur devait être également assuré de l'homogénéité parfaite de cette matière. Les sables naturels, habituellement utilisés en fonderie, étaient exclus à priori, car aucun ne possède les qualités requises particulièrement en ce qui concerne l'homogénéité.

On a obtenu un moule répondant à ces conditions en utilisant un « sable » synthétique; la granulométrie de la substance réfractaire et la composition du liant avaient été étudiées en

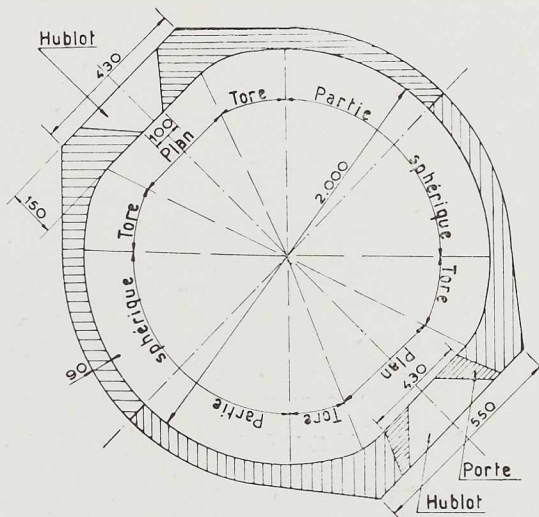


Fig. 631. Nacelle sphérique du bathyscaphe dont l'épaisseur de paroi varie de 90 à 150 mm.

fonction de la qualité recherchée. Le moule obtenu a donné entière satisfaction, ainsi que le résultat final a pu l'attester.

Après avoir mis tout en œuvre pour obtenir une pièce moulée exempte de défauts de fonderie tels que criques, soufflures ou entraînement de sable, il restait un point extrêmement important : prévoir une réserve d'acier suffisante d'une part, et un refroidissement de la pièce bien déterminé d'autre part, pour que la solidification se fasse régulièrement en n'importe quel point de la pièce.

L'examen ultérieur par les rayons  $\gamma$  devait vérifier cette condition importante. Mais il a fallu, pour chaque demi-sphère, un poids d'acier liquide de 12 tonnes pour réaliser une pièce ne pesant plus que 5 tonnes après l'usinage final.

Après la coulée, des précautions spéciales ont été prises au cours du refroidissement de la pièce, précautions rendues indispensables non seulement par suite de la variation d'épaisseur de la paroi et de la très forte épaisseur à l'endroit des hublots mais également parce que la pièce était coulée en acier spécial auto-trempeant.

Les mêmes raisons expliquent la difficulté du coupage à la flamme oxyacétylénique de la *mas-selotte*, qui constituait le réservoir d'acier liquide dont il est fait mention plus haut.

Enfin, les demi-sphères devaient subir un cycle de traitements thermiques dont les buts étaient :

1° Homogénéiser la texture du métal brut de coulée (traitement d'homogénéisation);

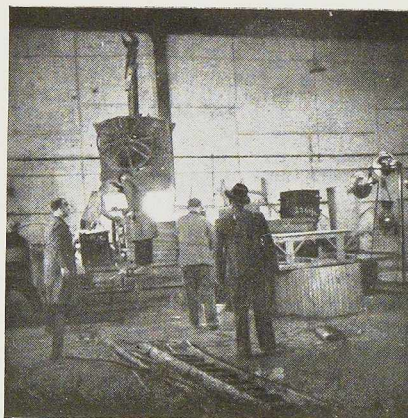
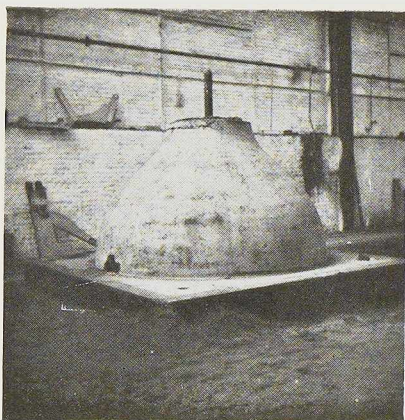


Fig. 632 à 634. Préparation du moule, coulée et nettoyage d'une demi-sphère.

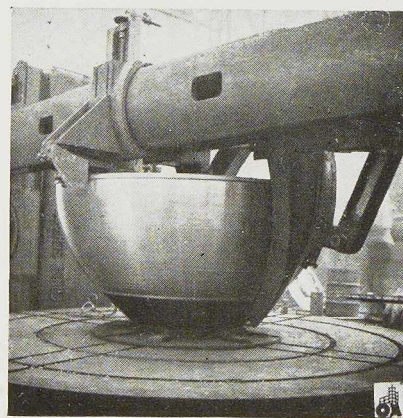
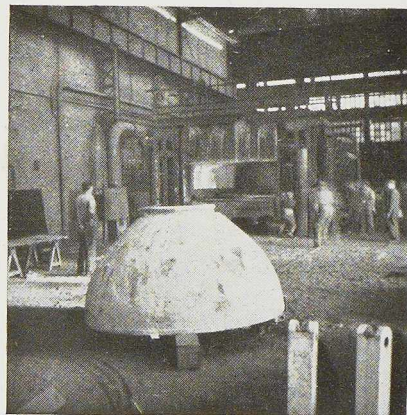
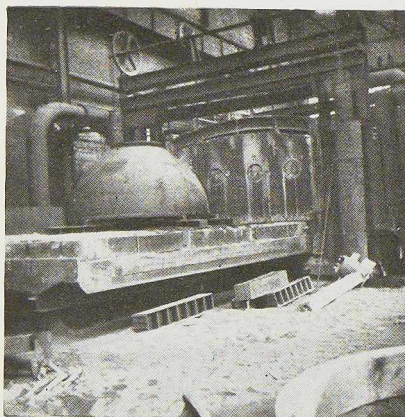


Fig. 635 à 637. Préusinage, traitement thermique et usinage final d'une demi-sphère.

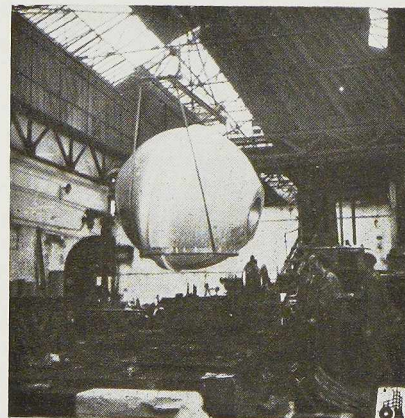
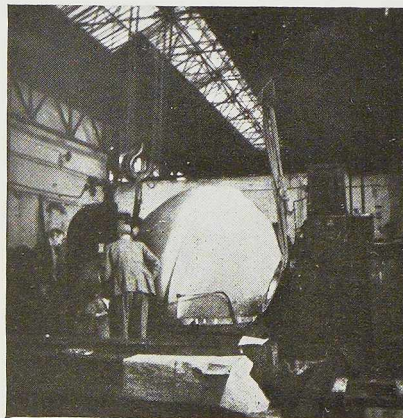
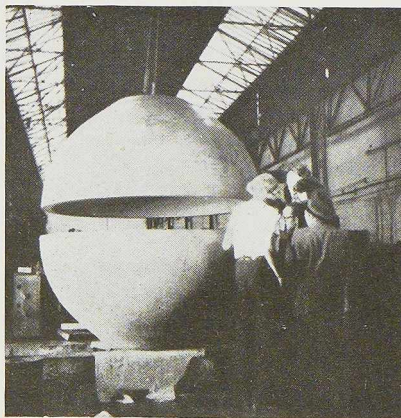


Fig. 638 à 640. Trois phases de l'assemblage des deux demi-sphères.  
On note à gauche le professeur Piccard surveillant les opérations.

### Diverses phases de la construction de la nacelle du bathyscaphe

**Fig. 641.** Placement des films pour l'examen radiographique de la nacelle sphérique.

(Photo Inbel.)

2° Permettre un préusinage relativement facile de la pièce;

3° Communiquer au métal de la pièce préusinée les caractéristiques mécaniques imposées et supprimer les tensions internes éventuelles (traitement d'amélioration).

Les différents traitements thermiques ont été exécutés dans un grand four chauffé par brûleurs au gaz. Ce four est spécialement conçu pour obtenir une très grande régularité de température, contrôlée d'ailleurs par six pyromètres dont chaque courbe est enregistrée.

En plus des essais sur éprouvettes permettant de contrôler la qualité intrinsèque de l'acier, la résistance du métal de la pièce a été vérifiée en un nombre considérable de points.

Le traitement thermique améliorant était, en effet, rendu délicat par suite de la grande variation d'épaisseur passant du simple au double de la partie sphérique jusqu'au droit des hublots.

Le contrôle a cependant permis de s'assurer qu'en aucun point la résistance du métal n'était inférieure à  $97 \text{ kg/mm}^2$  ni supérieure à  $100 \text{ kg/mm}^2$ , limites remarquables et très voisines.

Entre le traitement d'homogénéisation et le traitement d'amélioration, la pièce a subi un préusinage consistant à lui donner sa forme définitive sauf l'épaisseur des parois qui restait partout d'environ 10 mm supérieure à la dimension finale.

#### Contrôle des rayons $\gamma$

C'est à ce moment que le contrôle « interne » de la matière a été effectué par le professeur Cosyns.

L'épaisseur de la matière à contrôler variait de 100 à 160 mm; il en résultait que l'utilisation des rayons X n'était pas possible. Le problème a été résolu en utilisant le rayonnement  $\gamma$  émis par un gramme de radium placé au centre de la sphère dont les parois extérieures avaient été entièrement recouvertes de films photographiques



spécialement fabriqués pour la radiographie (fig. 641).

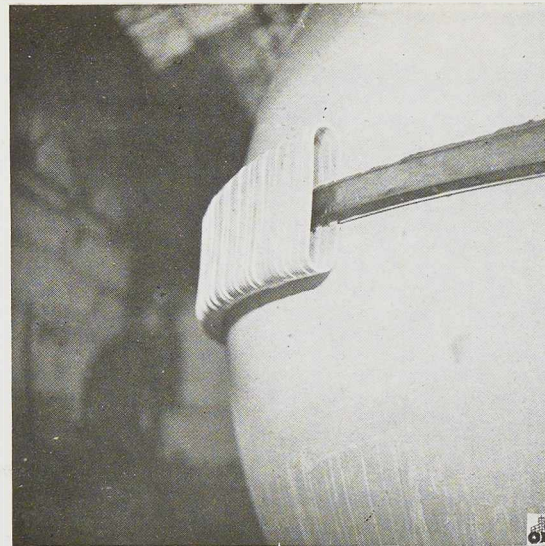
Des essais préliminaires avaient permis de déterminer le temps de pose exact qui a été d'un peu plus de 24 heures; il a fallu isoler complètement le hall abritant la pièce, pendant les opérations de contrôle, par mesure de sécurité.

Les résultats obtenus par la radiographie aux rayons  $\gamma$  ont été remarquables à deux points de vue :

1° *La sensibilité de la méthode* qui permet de déceler un très petit défaut. C'est ainsi que des stries d'outil, dont la profondeur était à ce moment d'un demi-millimètre environ étaient apparentes.

2° *La santé de la pièce.* — L'examen par cette méthode ne peut donner de résultats certains qu'en opérant par comparaison. A cet effet, on crée des « défauts » en plaçant des épaisseurs supplémentaires de 10 mm dans lesquelles on a foré des trous représentant ces « défauts ».

Les ombres produites par ces trous, comparées à d'autres ombres découvertes après développement des films permettent de localiser des défauts réels et d'en déterminer l'importance.



(Photos Inbel.)

**Fig. 642 et 643.** Outil servant au placement des 400 petits ressorts appliquant les deux demi-sphères l'une contre l'autre avec un effort total de 30 tonnes; la figure 643 montre les deux hémisphères comportant déjà plusieurs de ces ressorts.

Le résultat de l'examen sur la demi-sphère pourvue de l'ouverture correspondante à la porte a été très net : la pièce ne comportait aucun défaut.

Le résultat de l'examen de la seconde demi-sphère a montré que la pièce était saine sauf en un seul point où une ombre de faible intensité subsistait. Si cette anomalie avait été de quelque importance, la pièce était irrémédiablement perdue. Mais un examen radiographique stéréoscopique a montré que le défaut correspondant ne pouvait pas compromettre la résistance de la pièce. Cependant, pour plus de sécurité, la partie compromise a été enlevée et remplacée par un petit hublot métallique. Des essais mécaniques effectués par le professeur Cosyns sur le métal enlevé ont confirmé les qualités du métal bien qu'il s'agissait d'une zone qu'on eût pu croire douteuse.

#### Usinage

La dernière opération, exclusivement mécanique, consistait dans l'usinage final de la sphère.

La figure 637 donne une idée du mode opératoire qui consiste dans deux porte-outils mobiles animés, par un jeu de leviers, d'un mouvement qui leur fait décrire exactement, dans un plan vertical, la courbe recherchée. Les deux porte-outils permettaient d'usiner en même temps la face extérieure et la face intérieure.

La pièce était fixée sur le plateau horizontal d'un puissant tour, spécialement révisé afin d'obtenir la précision requise. Une meule polisseuse placée sur le porte-outil a terminé le parachève-

ment, mettant ainsi la pièce polie à l'abri du danger de surtensions locales pouvant provenir des effets d'entaille des traits d'outil.

Les deux faces formant le joint autoclave ont subi un ajustage complémentaire rectifiant la planitude avec une tolérance de l'ordre du centième de millimètre, condition indispensable pour réaliser le collage étanche des deux demi-sphères par la poussée considérable exercée par l'eau aux basses profondeurs, poussée atteignant 15.000 tonnes à la profondeur de 4.000 mètres.

Le risque d'une non-étanchéité est donc beaucoup plus grand aux très faibles profondeurs où il faut surtout compter sur la pression initiale exercée par les 400 petits ressorts poussant les deux demi-sphères l'une contre l'autre avec un effort total de 30 tonnes (fig. 642 et 643).

Pour éviter une action corrosive provoquée par la formation de couples électrolytiques, ces 400 ressorts ont été fabriqués avec le même acier que celui utilisé pour la nacelle elle-même.

La pression exercée par ces ressorts doit être normalement suffisante pour empêcher le glissement des deux demi-sphères et assurer l'étanchéité aux faibles profondeurs.

Il sera d'ailleurs facile aux explorateurs de vérifier ces conditions en faisant descendre l'appareil à un endroit où la profondeur n'est que d'une cinquantaine de mètres et de conserver ainsi le maximum de garanties.

La nacelle, pièce maîtresse du bathyscaphe, commencée le 15 juillet 1946, a été mise à la disposition des professeurs Piccard et Cosyns le 19 juillet 1947.





# Le salon international de la recherche scientifique et du contrôle industriel Liège 1947

par **F. Campus,**

Professeur à l'Université de Liège,  
Président du Salon

Ce Salon a été ouvert à Liège du 9 août au 5 octobre 1947, dans les Instituts de la Faculté des Sciences appliquées de l'Université au Val-Benoît.

Il était organisé par l'Association des Ingénieurs sortis de l'Université de Liège, à l'occasion de son centenaire, mais avec le concours du pays tout entier, ce qui en a fait une manifestation de caractère national.

Le succès de cette exposition a été très vif et son retentissement a été très étendu; elle a été remarquable à divers points de vue.

Tout d'abord par le fait qu'elle a eu lieu dans des bâtiments situés dans le quartier le plus sinistré de la Ville et qui avaient été gravement ravagés dans toute leur étendue par les bombardements aériens. Leur restauration, entreprise seulement en 1946, a pu être poussée assez activement, en dépit de l'hiver exceptionnellement rigoureux du début de 1947, que pour permettre aux visiteurs d'emporter de ces instituts une impression profonde et excellente.

Cet heureux résultat a été permis principalement par le système tout à fait moderne de construction à ossatures continues à nœuds rigides qui avait été adopté pour ces importants édifices. Même sous l'effet des nombreux impacts directs de bombes de 1.000 kg, il ne s'est produit aucun effondrement. Le gros-œuvre a été relativement peu endommagé et les dégâts dominants ont été ceux produits par les effets de souffle, qui ont affecté surtout les cloisons, les parois, les installations et les parachèvements, ainsi que le mobilier et le matériel scientifique.

Les ossatures étaient partiellement en béton armé, partiellement en acier enrobé de béton.

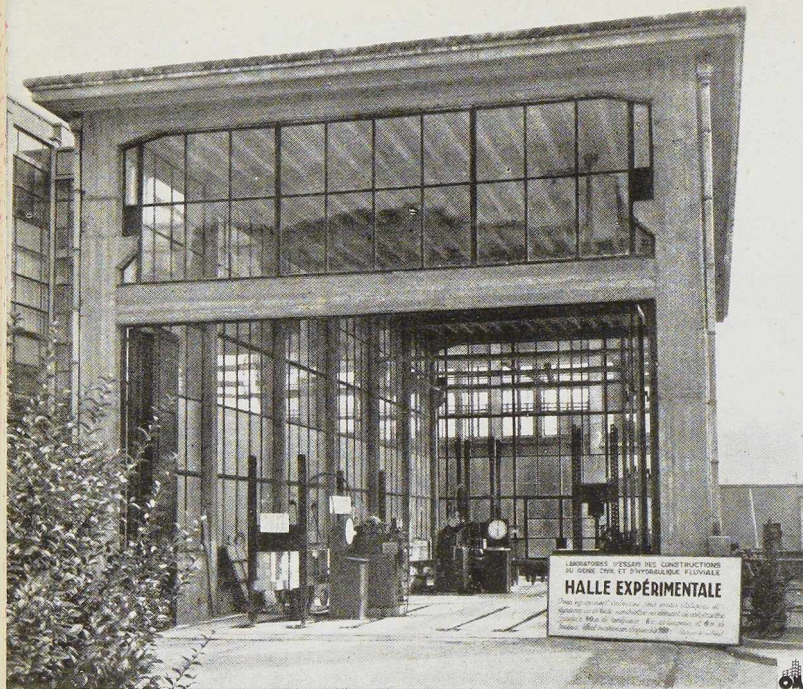
Les ossatures métalliques rivées ou soudées à cadres continus à nœuds rigides ont remarquablement résisté aux coups directs. De telle sorte qu'il a été possible de les réparer par une véritable prothèse, sans démolitions étendues. La

description de ces travaux poura prochainement paraître dans cette revue.

Les ossatures en béton armé, très soigneusement établies et réalisées, ont aussi résisté très convenablement et sans effondrement, mais ont subi des dégâts plus généralisés, qui ont nécessité des démolitions et des reconstructions plus considérables que pour les ossatures métalliques.

Cela paraît principalement dû au fait que les explosions des bombes de grande puissance ont produit des sollicitations très importantes et instantanées de sens contraire aux sollicitations normales (à titre d'exemple, les hourdis en béton armé ont subi de fortes pressions du bas vers le haut). L'inversion qui en est résultée est sans effet sur les ossatures métalliques, mais a entraîné une fissuration générale des régions qui devaient être normalement comprimées dans les colonnes et les poutres en béton armé. Encore a-t-on pu considérer beaucoup de ces fissures comme inoffensives du point de vue de la stabilité permanente, grâce à l'excellente qualité du béton et à la répartition et à la liaison très consciencieusement étudiées et réalisées des armatures. Incidemment, ceci conduit à penser que la technique plus récente du béton précontraint donnerait lieu dans un cas pareil à des désordres plus graves, probablement à des effondrements, et que l'on ne pourrait éviter ces effets que par une précontrainte uniforme, probablement peu économique.

L'exposition a aussi été remarquable par la qualité de son organisation. Entièrement prête le jour de l'ouverture, elle n'a cessé de présenter jusqu'à la fin, durant huit semaines, l'aspect le plus ordonné, en dépit de l'affluence considérable des visiteurs à certains jours. Elle occupait quatre grands bâtiments et de nombreux pavillons annexes. La centrale du groupe d'instituts universitaires, incluse dans l'exposition et en fonctionnement, n'a cessé de produire une puissance électrique considérable qui a permis de



**Fig. 644.** Halle de l'Université de Liège abritant à titre définitif les machines d'essais de grande puissance pour efforts alternés.

présenter en état de fonctionnement incessant la multitude d'appareils exposés, dont certains très puissants, de caractère industriel. Dans tous les laboratoires scientifiques, des explications étaient données en permanence par des guides universitaires. Les stands commerciaux très nombreux répondaient tous strictement, de la manière la plus caractérisée, à la dénomination de l'exposition, lui donnant ainsi une tenue d'une élévation sans exception, qui a été très remarquée.

Enfin le cadre d'ensemble, avec ses pelouses et plates-bandes fleuries bien tenues mais très simples, ses éclairages extérieurs judicieux mais très sobres, ses accès et une décoration par oriflammes riantes mais très modestes, créaient une atmosphère agréable, de bon aloi, de bon goût, qui a beaucoup plu aux visiteurs et y a attiré un public empressé à prendre part aux manifestations artistiques, culturelles et folkloriques diverses qui s'y sont déroulées.

L'exposition était très importante et très vaste car elle concernait toutes les branches de la technique et de l'industrie, comprises dans leur sens le plus large. L'acier y occupait une place de choix, consacrée principalement, selon le programme, à la recherche scientifique et au contrôle de l'élaboration de l'acier et de ses propriétés et qualités d'usage, tandis que ces usages

eux-mêmes ne pouvaient être envisagés qu'accidentellement. Les deux stands principaux, scientifiques et collectifs, étaient le « Laboratoire de Métallurgie » et le « Centre belge de Métallurgie physique », le premier temporaire et limité à la durée du Salon, le second préexistant et durable. Ces deux organisations sont l'œuvre commune des milieux industriels et universitaires intéressés à la métallurgie.

#### Laboratoire de Métallurgie <sup>(1)</sup>

L'acier destiné à la construction métallique ou mécanique doit, pour convenir à ces usages, être soumis à une série de contrôles tout au long de sa fabrication.

Que l'on parte de minerais ou de mitrailles, le contrôle des enfournements et de la conduite des opérations d'élaboration nécessite de nombreuses analyses chimiques. Parmi les méthodes nouvellement mises au point, beaucoup conduisent à des mesures mettant en œuvre des phénomènes physiques ou électriques.

Le Laboratoire de Métallurgie présente dans cet ordre d'idées un potentiomètre, un polarographe enregistreur et un absorptiomètre à cellule photoélectrique (les appareils de spectranalyse qualitative et quantitative sont exposés au Centre belge de Métallurgie physique).

L'acier liquide, après coulée, est laminé ou forgé en demi-produits fort divers suivant les transformations ultérieures qu'il a à subir. A cette étape de la fabrication, certains contrôles non destructifs sont intéressants pour déceler les défauts graves d'homogénéité macrostructurale. Des appareils de sondage par ultra-sons, travaillant soit par réflexion soit par absorption, montrent les possibilités d'investigation dans ce domaine.

Après le relaminage du demi-produit, le produit fini (barres, profilés, etc.) est prêt à être fourni au constructeur. A ce moment, se déclenche tout un réseau de contrôles permettant de mettre en valeur les principales propriétés de l'acier.

Les essais mécaniques statiques et dynamiques renseignent le constructeur de charpente métallique ou de machines sur le comportement probable du matériau qu'il aura à mettre en œuvre. Dans certains cas, il y a lieu en plus d'envisager la résistance à la fatigue ou au fluage. Le Laboratoire de Métallurgie expose une gamme importante des machines les plus modernes d'essais mécaniques :

(1) Cette brève notice concernant le laboratoire de Métallurgie a été rédigée par M. H. Herbiet, Ingénieur, chef du laboratoire de la métallurgie à la S. A. John Cockerill, responsable du laboratoire de Métallurgie du Salon.



Machines de traction de 25 tonnes, 5 tonnes et 3 tonnes;

Micromachines de Chevenard.

Sur l'une d'elles, est monté un extensomètre enregistreur utilisant le principe du contact suiveur mû par un servo-moteur électrique et assurant ainsi une amplification élevée. Grâce à cet appareil, la détermination très précise de la limite élastique apparente ou des diverses limites élastiques conventionnelles est possible ;

Machine d'essai de choc sur barreau entaillé pouvant utiliser, par simple changement de l'enclume, les éprouvettes Charpy-Mesnager ou Izod et pouvant travailler avec deux puissances différentes;

Machines d'essais de fatigue par flexion rotative permettant d'établir la courbe de Wöhler sur éprouvettes polies ou entaillées (fig. 645);

Machine de fluage de 3.000 kg avec four à trois zones de chauffage, régulation et enregistrement des températures, extensomètre de précision et enregistreur photographique de l'allongement réel amplifié par voie optique;

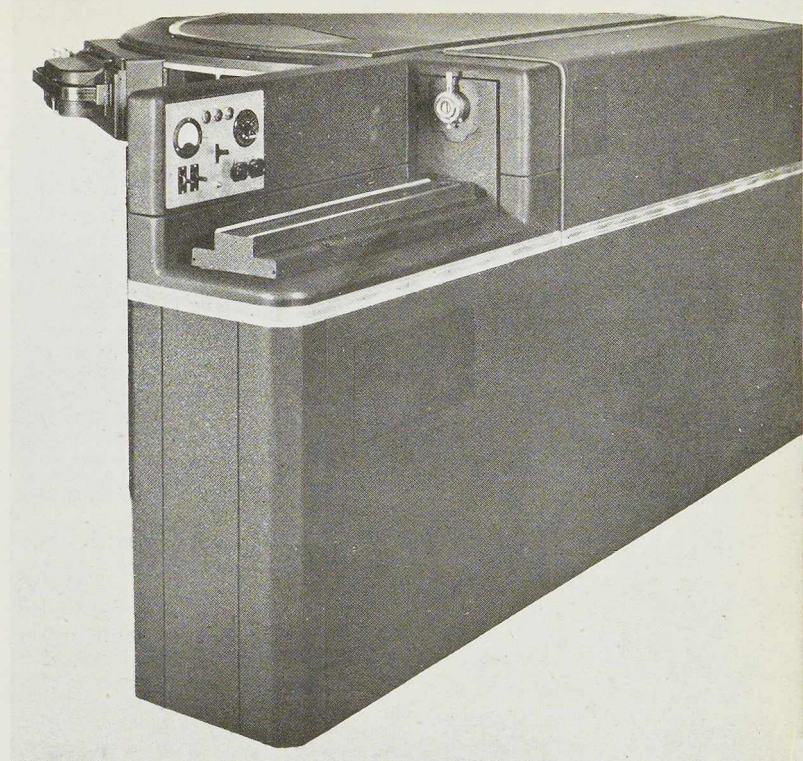
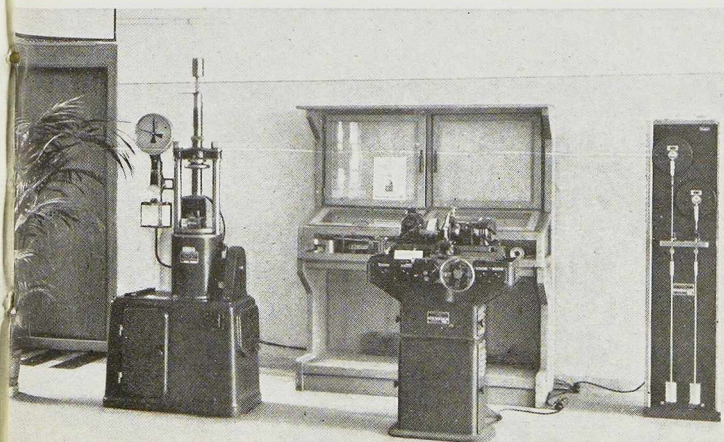
Machines de dureté Brinell, Rockwell, Vickers et même microscéléromètre ou microduromètre permettant de déterminer la dureté des principaux constituants métallographiques de l'acier;

Machines d'essais d'emboutissage, de pliage, etc.

Mais les essais mécaniques, si nécessaires au constructeur, ne suffisent pas au métallurgiste pour expliquer le comportement des pièces en service. L'étude macro- et microstructurale s'avère indispensable, notamment si le produit est utilisé à l'état traité par voie mécanique ou thermique. C'est pourquoi nous trouvons au Laboratoire de Métallurgie, à côté des appareils de polissage mécanique et électrolytique, un microscope stéréoscopique pour l'examen des cassures et macrostructures, un microscope métallographique du type vertical muni de tous les perfectionnements.

Les essais physiques sont également représentés par un conductomètre pour l'étude de la conductibilité thermique et par un dilatomètre différentiel de Chevenard.

La corrosion en milieu liquide ou par oxyda-



**Fig. 646.** Spectrographe à réseau du Centre belge de Métallurgie physique.

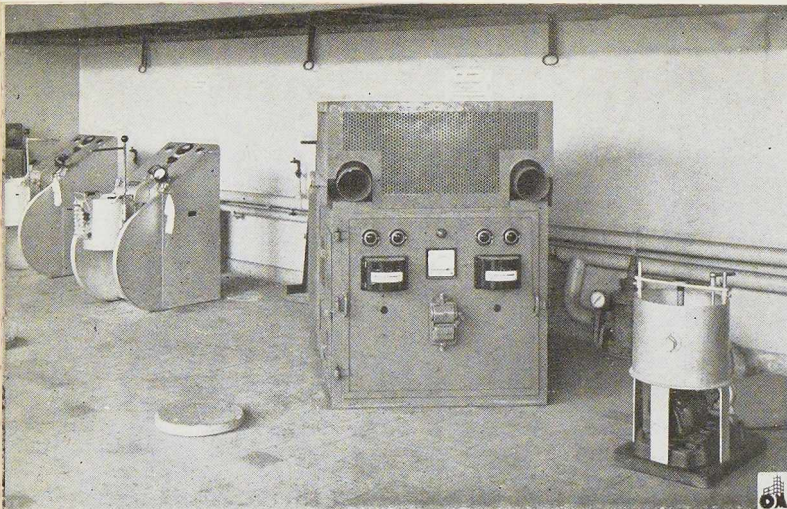
tion est une cause de destruction de l'acier dans les constructions. Des montages d'essais de corrosion indiquent les possibilités d'investigation dans ce domaine.

L'acier, surtout s'il est destiné à la construction mécanique, est souvent employé à l'état traité. Toute une gamme de fours de traitement thermique sont présentés. Ils montrent les multiples moyens que le métallurgiste possède pour faire rendre à l'acier le maximum de ses possibilités (fig. 647).

Enfin l'acier qu'il soit utilisé à l'état brut, à l'état traité ou à l'état soudé doit être contrôlé au moment de sa mise en service.

Les contrôles non destructifs s'imposent à ce stade. Nous trouvons au Laboratoire de Métallurgie un bel ensemble des appareils que l'on peut employer. Appareil de macroradiographie, appareil de détection des fissures superficielles par voie magnétique au moyen de poudre de fer en suspension dans l'huile. Appareil d'analyse magnétique permettant de contrôler la régularité d'analyse et de traitement de lots de pièces faites

**Fig. 645.** Machine Prot pour la mesure de la résistance à la fatigue par flexion rotative, avec tour spécial pour la préparation des éprouvettes.



**Fig. 647.** Four Stein et Roubaix électrique à bain de sel destiné à la trempe par étapes des aciers de construction, équipé de brûleurs à gaz. Noter à droite de celui-ci l'appareil de mesure de la dureté « Jominy » construit par le laboratoire de métallurgie de la S. A. Cockerill.

en série, appareils de détection par ultra-sons des fissures, flocons, doublures et autres manques d'homogénéité (fig. 648).

### Centre belge de Métallurgie physique <sup>(1)</sup>

#### Microscopie électronique

Le microscope que l'on utilise généralement pour l'étude des petits objets a un pouvoir de grossissement qui dépend de la longueur d'onde de la lumière visible. Il est impossible de « voir » des particules plus petites que la longueur d'onde de la lumière utilisée pour les observer. Ceci correspond à des grossissements de l'ordre de 2.000.

A un flux d'électrons correspond une longueur d'onde de 100 à 1.000 fois plus petite que celle de la lumière. Il est donc, en principe, possible de « voir » à l'aide des flux électroniques des particules beaucoup plus petites qu'à l'aide des flux lumineux ou encore d'atteindre des grossissements de l'ordre de 100 à 200.000 pour autant que l'on puisse construire des lentilles électroniques.

Or, de même que le verre dévie les flux lumineux et permet la construction des lentilles optiques, les champs électriques (magnétiques, électrostatiques) dévient des flux électroniques et permettent ainsi la construction des « lentilles » électroniques.

Le microscope électronique est, par suite, schématiquement identique au microscope optique.

<sup>(1)</sup> Cette notice concernant le Centre belge de Métallurgie physique, est due à l'obligeance de MM. O. L. Bihet, Ingénieur principal au Service Laboratoires des Usines à Tubes de la Meuse et P. Coheur, Directeur du Centre belge de Métallurgie physique, qui l'a rédigée.

#### APPLICATIONS À LA MÉTALLURGIE

1. Examen des composés qui ne sont pas résolus par la microscopie optique.

Exemple : Etude des carbures de fer apparaissant dans les aciers et non résolus optiquement; Etude des précipités dans les aciers inoxydables; Etude du vieillissement des alliages à base d'aluminium.

2. Examen des structures métalliques après recristallisation ou déformation plastique.

Exemple : Etude de la recristallisation de l'aluminium.

3. Examen de la forme géométrique des poudres.

Exemples : Etude de l'influence des processus de fabrication sur la forme des oxydes de zinc ou du pentoxyde de vanadium utilisé comme catalyseur.

#### Spectroscopie d'émission

Les radiations émises par une source lumineuse peuvent être séparées à l'aide d'un système diffractant tel que le spectrographe (fig. 646).

Chaque élément porté à la luminescence émet un groupe de radiations qui lui est propre et qui inversement permet de le reconnaître, d'où l'analyse spectrale qualitative.

Les radiations émises par un élément sont d'autant plus intenses que la concentration de cet élément est forte : l'intensité d'une radiation est une mesure de la concentration, d'où l'analyse spectrale quantitative.

#### INTÉRÊT DES ANALYSES SPECTROSCOPIQUES

1. *Sensibilité* : Des concentrations de l'ordre de 0,0001 % à 0,00001 % sont généralement suffisantes pour qu'un élément se manifeste.

2. *Rapidité* : Une dizaine de minutes suffisent pour effectuer une analyse complète.

3. *Généralité* : La plupart des éléments sont émis simultanément et peuvent être recherchés sur le même spectre.

#### QUELQUES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

1. *Contrôle de la pureté des matières premières.*

Exemples : Industries chimiques; recherche des éléments à l'état de trace dans les aciers (B, Sn, Pb), dans les zincs et alliages de zinc (Pb, Cd, Sn), dans les cuivres (Bi, Sn), etc.

2. *Contrôle des produits en cours d'élaboration.*

Exemples : Dosage rapide (une à quelques minutes) des éléments d'addition dans les aciers (Ni, Cr), les zincs (Al, Cu), les aluminiums (Mg).

3. *Recherche des éléments donnant lieu à des incidents de fabrication.*



Exemples : Industries chimiques : détection des éléments provoquant la coloration inattendue des acides; Industries métallurgiques : détection des éléments conférant aux métaux des propriétés particulières lors de leur trempe, étirage, emboutissage, etc.

#### Diffraction des rayons X

Pratiquement toutes les substances sont composées de petits cristaux ayant une structure et une orientation déterminées qui dans la plupart des cas conditionnent les propriétés et caractéristiques de ces substances. Il en résulte qu'une étude de la structure et de l'orientation des grains constitutifs d'une substance permettra d'en prévoir les propriétés ou d'en comprendre le comportement technologique.

Le microscope optique que l'on utilise généralement pour l'étude des petits objets, a un pouvoir de grossissement qui est limité par la longueur d'ondes de la lumière visible : il est impossible de voir des particules plus petites que la longueur d'ondes de la lumière utilisée ce qui correspond à un diamètre minimum des particules de l'ordre de 1/2 micron ou encore à un grossissement maximum de l'ordre de 2.000.

La longueur d'ondes des rayons X est de l'ordre du dix-millième de micron. Elle est donc beaucoup plus petite que celle de la lumière visible et permet ainsi de se rendre compte de l'ordonnance de très petites particules telles que les atomes dont le diamètre moyen est précisément de l'ordre de quelques dix millièmes de micron.

Les rayons X permettent donc d'examiner la structure fine de la matière bien au delà du pouvoir de grossissement du microscope qu'il soit optique ou électronique.

#### QUELQUES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

1. *Etude des distorsions du réseau.* — Les déformations à froid des métaux perturbent l'ordonnance des atomes et se manifestent notamment par l'allongement des taches de diffraction (astérisme). Ces distorsions réticulaires influent les propriétés physiques. Ainsi les tôles pour transformateurs donnant lieu à de l'astérisme possèdent de mauvaises propriétés magnétiques.

2. *Etude des orientations des grains.* — Par le laminage, tréfilage, recristallisation, etc., le réseau des grains peut s'orienter d'une manière préférentielle.

Ces orientations s'indiquent par un renforcement de l'intensité des taches de diffraction sur les cercles dits de Debye-Scherrer. Elles condi-

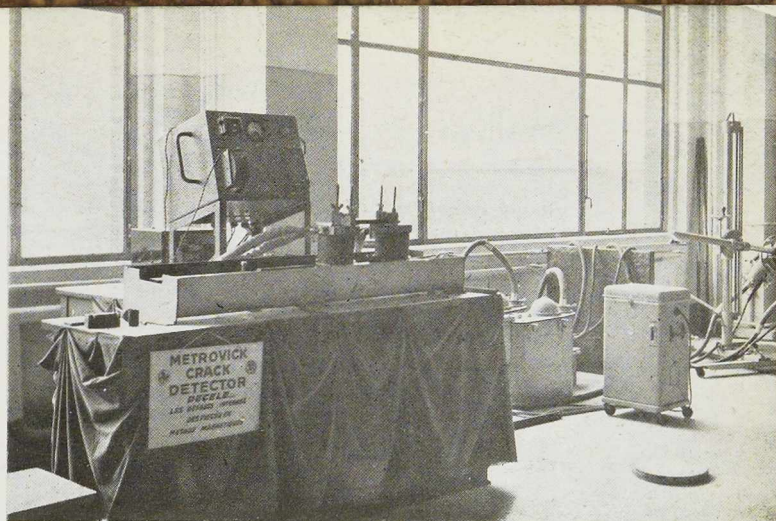


Fig. 648. Machine de détection de défauts internes de pièces en métaux magnétiques; à droite de celle-ci, on note un appareil de contrôle par rayons X.

tionnent l'emboutissage, l'estampage, le pliage, les propriétés magnétiques, etc.

3. *Identification des substances cristallines.* — A l'aide des rayons X, il est possible d'identifier assez rapidement une substance cristalline. L'intérêt principal est d'indiquer la nature des liaisons chimiques et de permettre notamment de distinguer des substances différentes ayant même composition chimique. Ainsi, dans le cas de la silice, on différencie la cristobalite du quartz, ce qui permet de contrôler la qualité des réfractaires. Citons encore l'étude des laitiers, pailles de laminage, produits d'oxydation, carbure, etc.

\*  
\*\*

A côté de ces expositions organisées et systématiques, quelques sociétés métallurgiques avaient organisé des stands particuliers.

Celui de la S. A. d'Ougrée-Marihaye répondait entièrement à l'esprit de l'exposition, ainsi qu'en fait foi la note ci-après de M. V. Mathien, ingénieur-chef de service aciers spéciaux et laboratoires physique de cette société.

#### Stand de la S. A. d'Ougrée-Marihaye

Le stand d'Ougrée-Marihaye a pour unique but de montrer aux visiteurs que, même dans une usine sidérurgique à forte production, il est indispensable de faire des contrôles scientifiques à tous les stades de fabrication.

Un grand panneau schématise la circulation entre les différents services des divers produits : charbon, coke, gaz de four à coke, minerai, gaz de haut fourneau, fonte, acier, laitier, eau, vapeur, air comprimé, courant électrique, etc. Des fils de couleurs appropriées relient les différents

points de ce schéma aux essais correspondants groupés en contrôles thermiques, contrôles physiques, contrôles chimiques, contrôles mécaniques et contrôles spéciaux.

Les différents contrôles sont représentés par des diapositives des principaux appareils de mesure ou d'essais.

Mais, pour faire fonctionner tous ces appareils scientifiques, il est nécessaire de former le personnel technique. C'est pour cette raison qu'une bijoutière montre les cours et le programme de l'Ecole technique d'Ougrée-Marihaye.

D'autre part, afin de retirer de tous les essais le meilleur résultat possible, une autre bijoutière donne le schéma de l'organisation « Etudes métallurgiques » qui a pour mission de coordonner les recherches et de les adapter aux desiderata de la direction ou des clients.

Enfin, deux bijoutières placées au centre du stand renferment des objets fabriqués au moyen d'aciers de qualité ou d'aciers spéciaux alliés élaborés dans nos usines. D'une part, on peut voir des électrodes pour soudures, de la laine d'acier, des tôles Watt pour stators ou rotors de moteurs électriques ou pour transformateurs, d'autre part, des objets en acier inoxydable tels que casseroles, plats, rapiers, etc., en 18/8, pièces pour industrie chimique en 18/8, couteaux, etc., en acier inoxydable trempant au chrome.

#### **Stand de la S. A. John Cockerill**

Dans le stand de la S. A. John Cockerill, le même programme était réalisé sous une autre forme, celle de l'application de la recherche scientifique et du contrôle industriel à certains produits caractéristiques. Le plus impressionnant était certes l'ensemble formé par un arbre coudé, une bielle, une crosse, une tige de piston et un piston d'un grand moteur Diesel marin. Toutes les parties étaient accompagnées de fiches analytiques de contrôle chimique et mécanique des aciers, avec indication complète des traitements métallurgiques subis. Cet ensemble donnait une idée bien nette de la précision du contrôle d'un produit métallurgique d'importance mécanique capitale et suggérait même, pour des pièces volumineuses cependant, la notion de métallurgie de qualité.

Dans un domaine plus apparenté à l'ossature métallique, la S. A. John Cockerill exposait des photographies et des tableaux donnant des résultats d'essais sur les profilés en tôles minces embouties et soudées par points, du système Multifer Grisard. Un autre objet, tout à fait original, et neuf, était l'appareil de torsion réalisé par la division Construction mécanique de la S. A. John Cockerill. Il est décrit dans la note ci-après,

remise obligeamment par les soins de M. Maggy, ingénieur à cette division.

« Ayant à faire exécuter, sur des caissons soudés, des essais de torsion excédant la force des machines de torsion disponibles, la Société Cockerill a appliqué un procédé (breveté) permettant de faire usage d'une machine de traction.

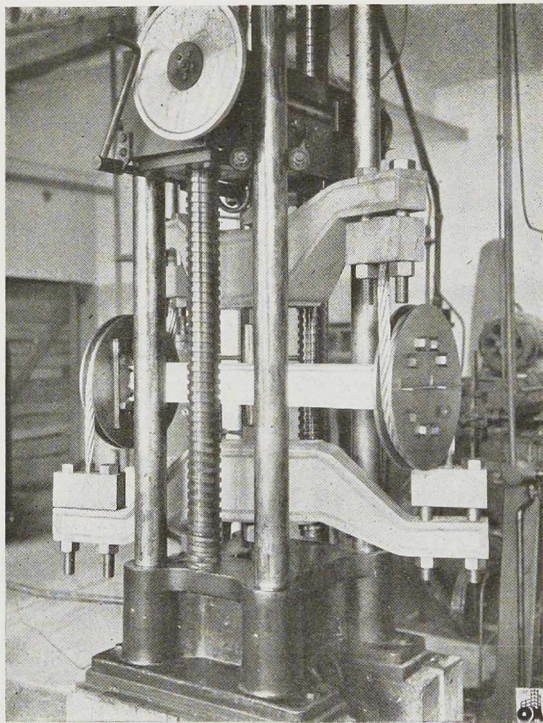
» A chaque extrémité de l'éprouvette (fig. 649) est calée une poulie sur laquelle agissent deux brins de câble créant un couple pur. Les quatre câbles sont attaqués par deux palonniers tirés par la machine de traction. Celle-ci peut être ainsi rendue capable de tordre des éprouvettes beaucoup plus fortes que celles qu'elle est susceptible de déformer ou rompre par traction. Il est aisé d'adapter à l'appareil des dispositifs de mesure.

« Les essais ont été faits, avec un entier succès, aux Laboratoires de l'Institut du Génie civil de l'Université de Liège. »

La figure 649 montre le dispositif de torsion en fonctionnement dans la machine de traction de 100 tonnes. Le moment de torsion maximum applicable statiquement est de 40.000 kgm. Cette disposition a été rendue possible par les caractères spéciaux de cette machine de traction, destinée à l'essai d'éléments de construction importants et de grandes dimensions. Cette machine a été employée pour l'essai de modèles de nœuds à grande échelle, même d'assemblages à goussets rivés en vraie grandeur. L'appareil de torsion de la S. A. John Cockerill a été établi pour s'adapter à cette machine et il a fonctionné à la perfection. Sa puissance exceptionnelle permet d'expérimenter avec efficacité le domaine encore peu exploré de la torsion des profils composés pleins ou évidés, à une échelle assez grande. Il y a là une voie ouverte à de nouvelles recherches et susceptible d'engendrer des progrès de la charpente métallique, notamment pour les charpentes mobiles, qui sont fréquemment sollicitées par torsion. Comme la machine de traction en question est également un pulsateur, elle permet de faire des essais de torsion pulsants, ce qui, à ma connaissance, n'a pas été fait à cette échelle et peut présenter le plus grand intérêt pour des pièces de machine (arbres et coudés) soumis à des torsions variables. On voit donc que cette machine est d'un intérêt exceptionnel et elle a vivement retenu l'attention des spécialistes les plus éminents de l'essai des matériaux.

Avant de quitter la participation industrielle, signalons un stand relatif à l'importante question de la protection par les peintures des constructions métalliques contre la corrosion, celui des Usines Cristallin, à Alleur-lez-Ans. Cette Société





**Fig. 649.** Machine de traction adaptée pour effectuer des mesures de torsion.

exposait principalement des résultats d'essais de laboratoire à l'appui des qualités de ses produits, notamment du Rust-Lack destiné à supprimer la nécessité du décapage total des surfaces rouillées avant peinture et à neutraliser la pellicule de rouille adhérente qui subsiste après un nettoyage sérieux de ces surfaces. Elle montrait aussi les résultats d'épreuves sur ses peintures protectrices spéciales.

\*  
\*\*

En ce qui concerne la recherche relative aux constructions métalliques, on trouvait dans le Laboratoire de stabilité du professeur Albert de Marneffe un micro-influenciomètre de Magnel, appareil connu, et divers modèles de constructions en acier (ou aussi en béton) ayant servi dans cet appareil, notamment le modèle de la poutre Vierendeel du pont tournant soudé du Muide à Gand, dont il a été question dans *L'Ossature Métallique*, n° 6, de novembre-décembre 1933.

Dans un autre ordre d'idées, les Laboratoires d'essais des constructions du génie civil, sous

ma direction, exposaient leurs équipement, appareillage et matériel courants pour la recherche, l'essai et le contrôle des constructions métalliques aux laboratoires, dans les usines et sur le chantier. Notons :

La machine de traction Amsler déjà citée, de 100 tonnes de capacité statique et 80 tonnes de capacité en pulsation, permettant l'essai de pièces de 2<sup>m</sup>25 de longueur;

La presse de flambage Amsler de 500 tonnes, de 6<sup>m</sup>40 de hauteur, permettant aussi la flexion de pièces de fortes dimensions;

La presse Amsler de 1.000 tonnes de 2<sup>m</sup>25 de hauteur, permettant l'essai de gros éléments, tels des appareils d'appuis, des étançons, etc.;

Un grand mouton de choc Amsler, de 400 kgm;

Un grand nombre de presses, machines de traction et moutons-pendules de plus petites capacités, parmi lesquelles la presse de 20 tonnes, de 1<sup>m</sup>50 de longueur et à maintien de charge constante, a servi notamment à des essais de fluage d'aciers à la température ordinaire;

Divers duromètres (Brinell, Rockwell, Vickers);

Un appareil de radiographie Baltographe à 250 kV, pour l'étude et le contrôle des soudures notamment;

Un Magnétoflux pour la détection magnétique des fissures;

De très nombreux instruments de mesure, dont des déformètres et extensomètres Gécé, des fleximètres Gécé et les clinomètres Gécé, à lames flexibles, à rappel certain et sans jeu, sont construits par les Laboratoires selon les indications du D<sup>r</sup> R. Dantinne, chef de travaux. Ils présentent de nombreuses particularités pratiques et commodités, inspirées de l'expérience acquise par l'usage de ces instruments. Leur sensibilité a pu être rendue très grande par l'emploi de micromètres au 1/1.000<sup>e</sup> de mm<sup>(1)</sup>.

Cet équipement intéressant et bien approprié devait être complété pour l'exposition par un pulsateur Amsler de  $\pm 25$  tonnes, à sollicitation alternée. Malheureusement, en dépit des efforts du fournisseur, il n'a pu être expédié à temps pour figurer au Salon, mais il sera mis incessamment en service.

Je suis du moins parvenu à présenter en état de fonctionnement (ce qui est probablement la plus importante des réalisations définitives montrées à l'exposition) l'équipement de la grande machine universelle de la halle expérimentale des Laboratoires d'essais des constructions du génie civil (fig. 644).

<sup>(1)</sup> Cf. l'étude de M. R. Dantinne dans le *Bulletin du Centre d'études, d'essais et de recherches scientifiques des constructions du génie civil et d'hydraulique fluviale (C. E. R. E. S.)* tome II, Liège 1947.

Cette halle a été projetée dès sa conception, en 1931, pour cette destination (1). A cet effet, on y avait foncé, en cours de travaux, dix pieux Franki aptes à résister à des efforts de soulèvement évalués à 25 tonnes minimum par pieu.

Les premiers éléments de l'équipement mécanique avaient été acquis en 1939 et je m'apprêtais à entreprendre l'aménagement complet lorsque la guerre vint empêcher cette réalisation.

A la fin des hostilités, la halle était détruite par deux bombes de 1.000 kg qui l'avaient atteinte en mai 1944. Elle a été reconstruite et les têtes des pieux ont été réunies par un puissant plateau en béton armé, pourvu de rainures en acier coulé qui en font une gigantesque taque d'essai.

Sur cette taque, on peut attacher, par des montants standardisés à trous et broches, fixés par des pieds en acier coulé dans les rainures, tous les éléments de constructions imaginables, jusqu'à 20 mètres de portée, 6 à 8 mètres de largeur et 4 mètres de hauteur. Les montants sont calculés pour résister à 25 tonnes de traction statique et 12,5 tonnes dynamiquement.

La puissance mécanique d'essai est actuellement fournie par deux pulsateurs Amsler du plus grand format et du nouveau modèle; ils peuvent fonctionner séparément ou accouplés mécaniquement. Pour les essais statiques, il existe un dynamomètre à pendule avec pompe à huile et maintien de charge constante du modèle 1939 et deux dispositifs semblables du dernier modèle, tous de fabrication Amsler.

Par le moyen de distributeurs spéciaux, ces pulsateurs et les dynamomètres peuvent actionner dynamiquement et statiquement des vérins Amsler, dont l'équipement actuel comporte un jeu de

- 2 vérins de 50 tonnes, statiques et pulsants;
- 2 vérins de 30 tonnes, statiques et pulsants;
- 4 vérins de 20 tonnes, statiques et pulsants;
- 2 vérins de 20 tonnes, statiques et pulsants.

La puissance totale actuelle est donc de 280 tonnes, dont 240 tonnes en pulsation; elle sera portée ultérieurement à 500 tonnes de capacité pulsante.

Pendant l'exposition, les visiteurs ont pu voir dans la halle expérimentale une démonstration de sollicitation pulsante d'un châssis en acier coulé spécial de boggie d'automotrice électrique, produit par les Usines E. Henricot, à Court-Saint-Etienne. Une grande poutre en béton armé, de 6 mètres de portée libre, armée de barres Toristeg en acier à haute résistance et à adhérence

(1) Cf. F. CAMPUS : *Constructions du Génie Civil*, R. U. M février 1938.

renforcée, fournies par la S. A. d'Ougrée-Marihay, présentait au public une démonstration de l'élasticité du béton armé soumis à une sollicitation pulsatoire. Cette poutre avait été bétonnée par les soins de la Compagnie Internationale des Pieux Franki, qui avait également exécuté des poutres en béton destinées à être précontraintes et à servir ensuite à des démonstrations de sollicitation répétée. Malheureusement, elles n'ont pu être prêtes à temps pour le Salon.

Néanmoins, la démonstration a été faite que la grande machine à grande puissance que constitue la halle expérimentale permet tous les essais statiques et dynamiques sur des éléments de construction et des modèles de grandes dimensions.

Elle ouvre donc des perspectives très étendues pour les essais scientifiques et les recherches industrielles à grande échelle relatives à la construction métallique.

Fermes, poutres, ponts, cadres et portiques, châssis, pylônes, mâts, poutres continues, assemblages de toutes natures, tuyaux, cuvelages, il n'est pas d'éléments métalliques de grandes dimensions qui ne puissent être essayés dans cette machine universelle et soumis aux sollicitations les plus diverses.

Un équipement de ponts roulants, qui a été détruit avec la première halle mais qui va être rétabli, permet toutes les manutentions. Il est intéressant de rappeler que dans le chantier expérimental à ciel ouvert, contigu à la halle expérimentale, un groupe de douze pieux Franki battus dans le sol permet d'édifier une construction dont le poids peut s'élever en toute sécurité jusqu'à 900 tonnes, ce qui permet de procéder à des essais de charge sur des ensembles dont les dimensions dépasseraient encore les capacités volumétriques de la halle.

\*

\*\*

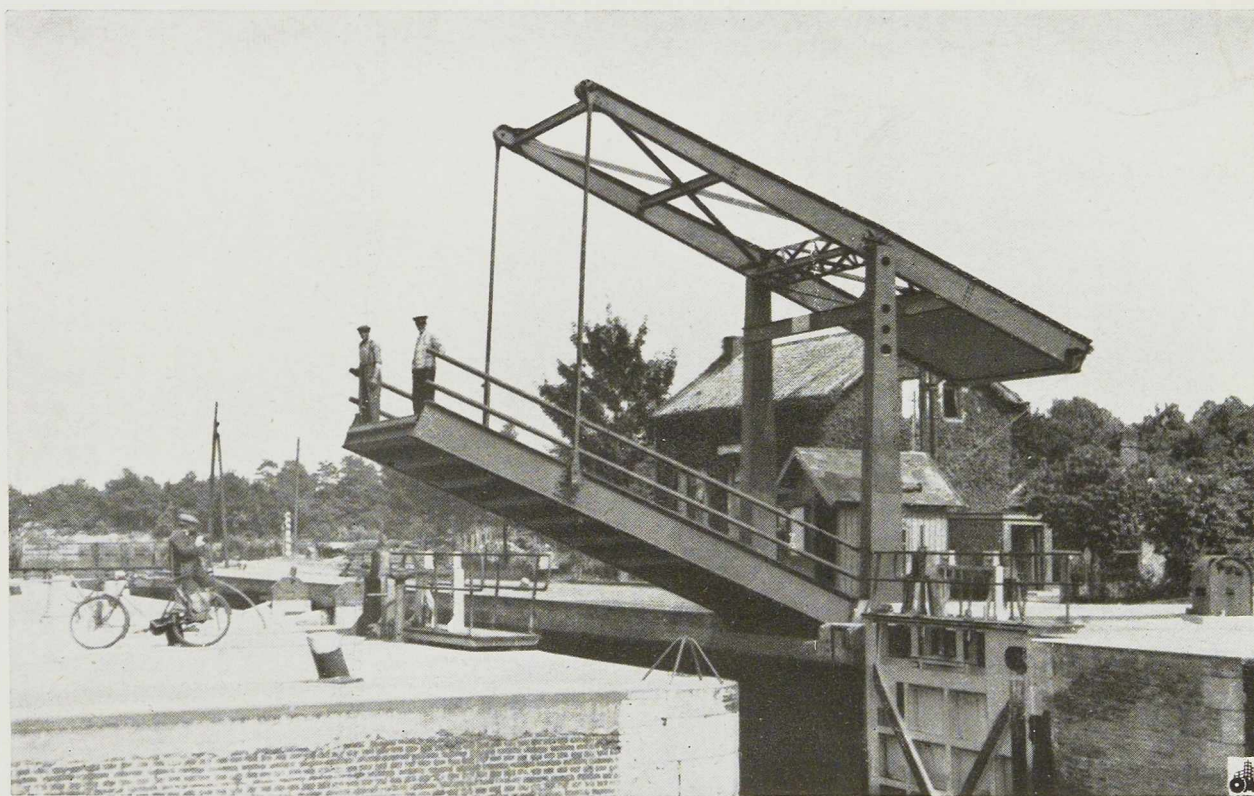
Dans l'esprit de ses promoteurs, le Salon international de la Recherche scientifique et du Contrôle industriel était tout entier orienté vers l'avenir; il devait favoriser le rééquipement scientifique de l'industrie et des institutions de recherche. Son retentissement a dépassé ce but; il a été aussi grand à l'étranger que dans le pays.

Il a eu en outre des conséquences durables immédiates, car il a augmenté l'équipement national de recherche scientifique par les nombreux appareils présentés à l'Exposition et qui sont restés dans le pays. Cet enrichissement a été très important dans le domaine de la métallurgie de l'acier et aussi, ainsi qu'il vient d'être montré, dans celui des possibilités de recherches en matière de constructions métalliques.

F. C.







(Photo Kaiser.)

Fig. 650. Pont sur l'écluse n° 4 près de Desschel, sur le canal de liaison Bocholt-Hérenthals.

## Les ponts basculants de faible portée

par L. Maes

En Belgique, les ponts ont été durement atteints par la guerre. Le nombre d'ouvrages détruits s'élève à 817, auxquels il faut ajouter 91 ponceaux et aqueducs, ainsi que les ponts appartenant aux communes et aux provinces. L'Administration des Ponts et Chaussées s'est mise à l'œuvre, pour permettre la reprise de la vie économique du pays. La reconstruction a comporté l'établissement d'ouvrages provisoires et d'ouvrages définitifs.

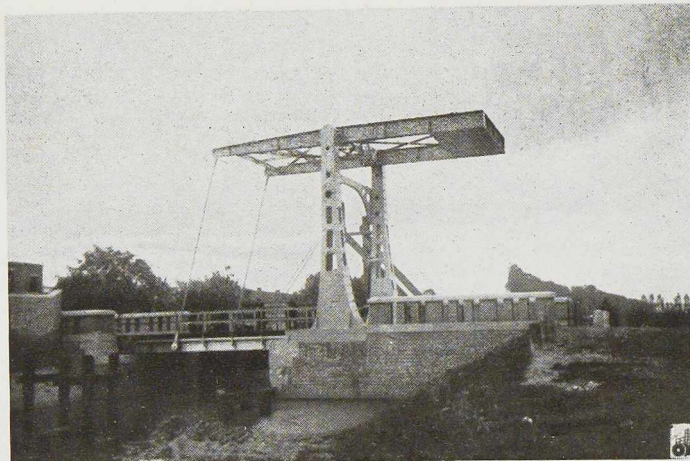
Plusieurs villes et communes, traversées par un fleuve ou un canal, se trouvaient divisées en quartiers, complètement isolés les uns des autres. Il a fallu construire immédiatement des ponts provisoires, souvent avec des moyens de fortune, pour que les chemins de fer vicinaux, ainsi que

les transports en général, puissent relier les agglomérations avec la campagne, et les agglomérations entre elles.

Simultanément, l'Administration des Ponts et Chaussées étudiait la construction de ponts définitifs.

Il fut décidé qu'en remplacement des vieux ponts tournants, il serait construit des ponts métalliques basculants qui, pour de faibles portées, sont à préférer aux anciens ponts tournants pour plusieurs raisons : leur prix de revient est moins élevé, par suite d'une grande économie d'acier, et surtout de bois. Ils sont plus adaptés à la circulation routière et à la navigation moderne.

Les fondations et l'infrastructure présentent également de grandes économies. Leur entretien



**Fig. 651.** Pont basculant sur le Moervaart, à Moerbeke (voir élévation et coupe ci-dessous).

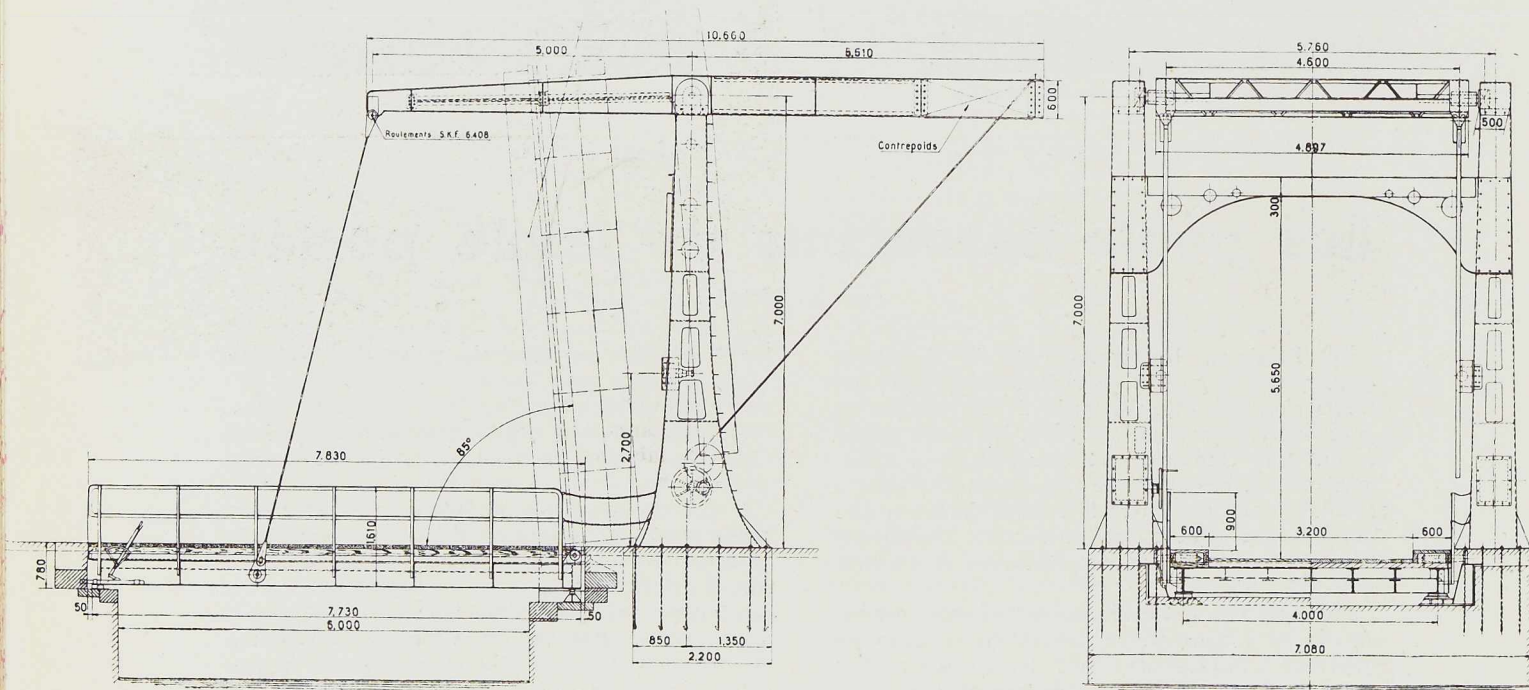
est pratiquement nul. Ils sont plus esthétiques. Enfin, l'ouverture pour le passage des bateaux se fait en un minimum de temps.

La première étude des nouveaux ponts basculants soudés, de faible portée, fut exécutée par la S. A. Ateliers de Construction ATELFOND de Turnhout. De nombreux ponts de ce système ont été construits, et notamment :

Les ponts sur le Canal de la Campine, ayant un tablier de 4<sup>m</sup>50 de largeur, et une longueur variant de 8<sup>m</sup>30 à 9<sup>m</sup>30;

Les ponts sur les écluses du canal de liaison Bocholt-Herenthals, ayant un tablier de 3 mètres de largeur et 8<sup>m</sup>20 de longueur;

Les ponts pour les chemins de fer vicinaux sur l'Escaut, l'Yser et le Canal de Furnes, etc., ayant



**Fig. 652.** Elévation et coupe du pont sur le Moervaart à Moerbeke.



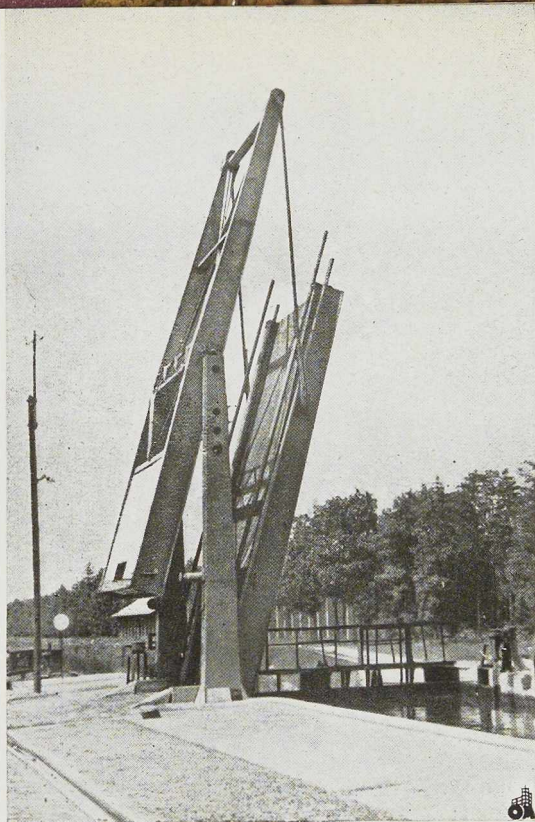
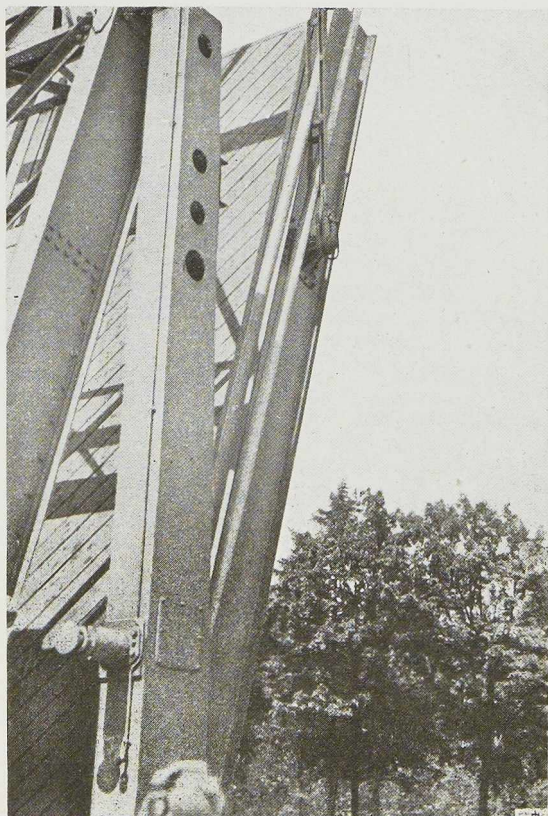


Fig. 653 à 655. Vues du pont basculant sur le canal de la Campine, près de Lommel.



un tablier de 3<sup>m</sup>20 à 6 mètres de largeur, et une longueur variant de 7 à 12 mètres;

Les ponts sur le Moervaart ayant un tablier de 4<sup>m</sup>40 de largeur, et une longueur de 7<sup>m</sup>80 (fig. 652); etc.

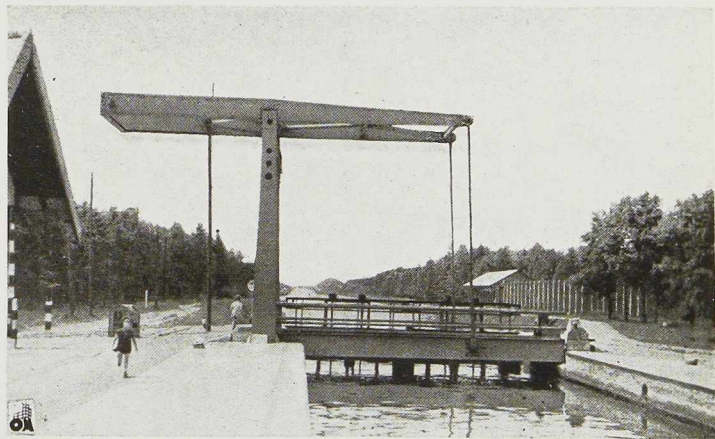
Tous ces ponts peuvent être ouverts par un seul homme, en trois minutes seulement, avec une pression de vent de 30 kg/m<sup>2</sup>.

Lorsque le temps est calme, ces ouvrages s'ouvrent en 90 secondes au maximum. La descente du tablier pour fermeture ne prend qu'une minute.

Les ponts basculants mentionnés ci-dessus ont été entièrement soudés à l'arc électrique, ce qui a simplifié fortement leur construction.

Les maitresses-poutres et les bras du balancier ont été construits en poutrelles à larges ailes Hx ou HL, renforcées par des tôles assemblées par soudure électrique. Les poutrelles formant bras de balancier ont été également renforcées par de larges plats.

Le grand avantage de ces ponts réside dans le fait que le tablier est toujours en équilibre dans n'importe quelle position. Grâce à cette propriété,



sa manutention ne demande jamais un effort très grand à l'homme chargé de la manœuvre. Celle-ci peut se faire par n'importe quel temps.

Le tablier peut être verrouillé pour éviter tout sabotage. La commande se fait par un cabestan spécialement conçu pour ces ponts, qui peut être placé séparément sur la digue, ou être incorporé dans le montant supportant le balancier.

La plupart des ponts basculants de faible portée mentionnés dans cette note ont été construits sous la direction et la surveillance de M. E. Vuylsteke, Directeur-ingénieur principal, et M. E. Boel, ingénieur de l'Administration des Ponts et Chaussées.

L. M.

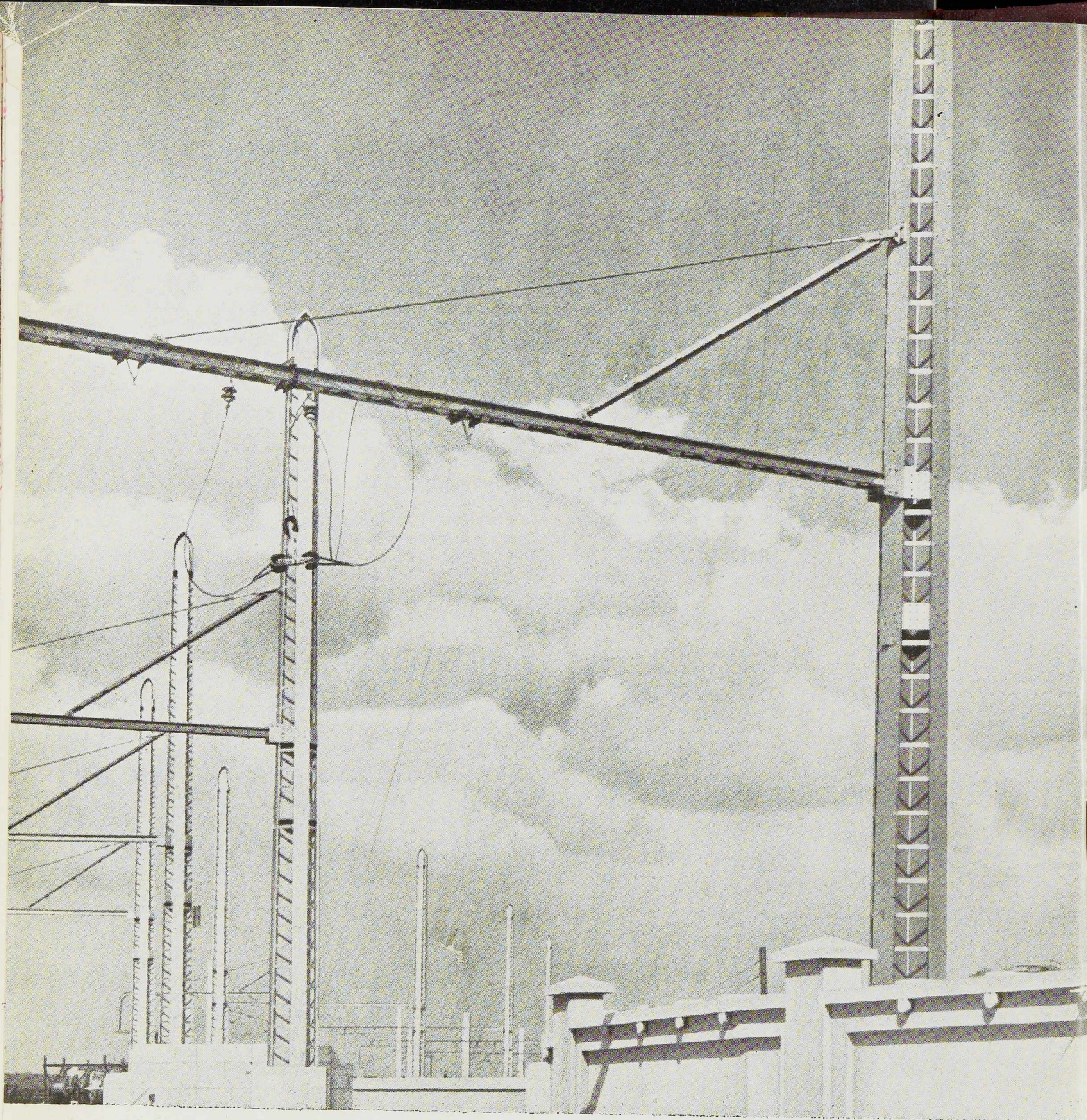


Fig. 656. Pylónes de la Jonction Nord-Midi. (Photo Malevez.)

# Pylônes en croix pour supports de caténares

par

**M. De Saegher,**

Ingénieur A. I. Br.,  
Ingénieur Principal à l'O. N. J.

**J. Verdeyen,**

et

Ingénieur-Conseil A. I. Br.,  
Professeur à l'Université Libre de Bruxelles

## Introduction

L'électrification des chemins de fer, qui sera consécutive à la construction du tunnel de la Jonction Nord-Midi, nécessite la construction de pylônes pour supports de caténares, dont les hauteurs et les sollicitations sont plus ou moins importantes suivant les portées à franchir par les portiques à câbles ainsi réalisés.

Pour le gril intérieur de la gare du Nord, ces portées atteignent 86 mètres et la hauteur des pylônes au-dessus du niveau supérieur des rails varie de 13<sup>m</sup>30 à 18 mètres.

En général, les pylônes métalliques de ce genre sont réalisés soit au moyen de poteaux tubulaires, soit de profilés bruts de laminage ou renforcés, soit enfin de treillis rivés ou soudés constitués par quatre montants en cornière formant pyramide quadrangulaire, liés à leurs extrémités par des entretoises en cornières et réunis sur leur longueur par un treillis. Pour le gril intérieur de la gare du Nord, on a été amené, pour des raisons d'aspect architectural, à réaliser (fig. 656) 21 pylônes en croix au moyen de poutrelles Grey Hx 80 (DIN 80) découpées et ensuite soudées et renforcées par des plats rivés, de manière à réaliser des profils d'égale résistance. Etant donné l'importance des sollicitations et la nécessité de prévoir aussi exactement que possible la contre-fleche de pose de ces pylônes, des conditions de réception très sévères ont été imposées aux constructeurs, la S. A. de Construction et les Ateliers de Willebroeck. Il était prévu entre autres que deux pylônes seraient essayés en atelier à une fois et demie leur sollicitation normale et que des mesures de tension et de déformation seraient faites.

Le but de cet article est de décrire le mode de construction des pylônes en croix et de relater les essais auxquels on a procédé.

## Description et calcul des pylônes en croix

### 1. Description

Parmi les 21 pylônes construits, on se bornera à décrire les deux pylônes identiques ayant fait l'objet des essais. Les autres pylônes sont du reste exactement du même type : seule leur longueur est différente. Les deux pylônes en question (fig. 657) ont une longueur totale de 23<sup>m</sup>40. Ils sont ancrés dans des massifs de fondation en béton armé formant caisse ou logement ayant 4<sup>m</sup>60 de profondeur. La hauteur des pylônes au-dessus du niveau des rails est de 18 mètres.

Les pylônes ont été réalisés au moyen de deux poutrelles Grey Hx 80 de la manière suivante :

L'âme de l'une des poutrelles est découpée suivant une ligne oblique par rapport à l'axe de symétrie du profil. Cette ligne est parallèle à la ligne oblique passant par le centre de l'âme de la poutrelle, mais décalée de 10 cm par rapport à cette dernière (fig. 658). Les deux morceaux de poutrelle ainsi obtenus sont ensuite retournés bout pour bout l'un par rapport à l'autre, et assemblés à nouveau par soudure. L'âme de l'autre poutrelle est découpée suivant la ligne oblique passant par le centre de l'âme du profil (fig. 659). Les deux morceaux de poutrelle, retournés, sont ensuite assemblés à la première poutrelle par soudure.

On remarque que les deux poutrelles auraient pu être découpées toutes deux comme la seconde, mais cela aurait amené une concentration importante de soudure au droit des assemblages.

On obtient ainsi un pylône en croix ayant à la base 986 mm et au sommet 600 mm de largeur. Les ailes des poutrelles sont ensuite renforcées à la partie inférieure du pylône par des semelles de 320 × 12, de longueur variable, assemblées par des rivets de 22 mm de diamètre. Des plats de

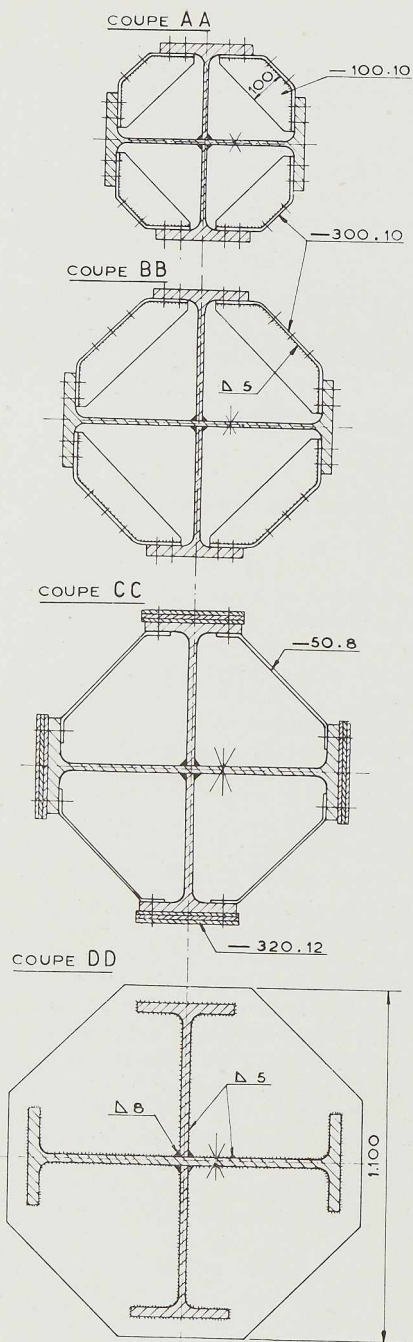


Fig. 657. Elévation et coupes d'un pylône en croix pour support de caténaire.

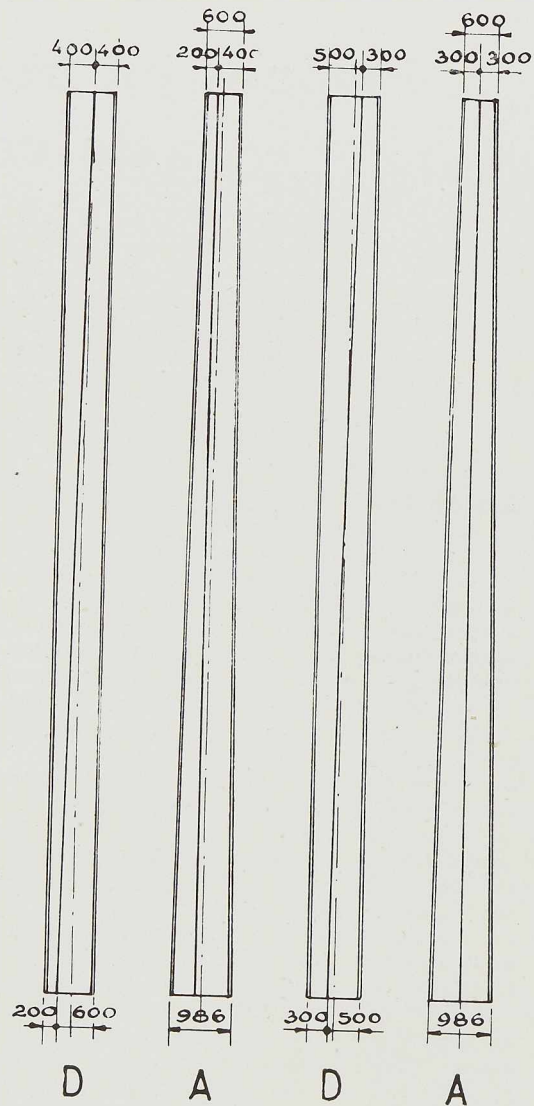
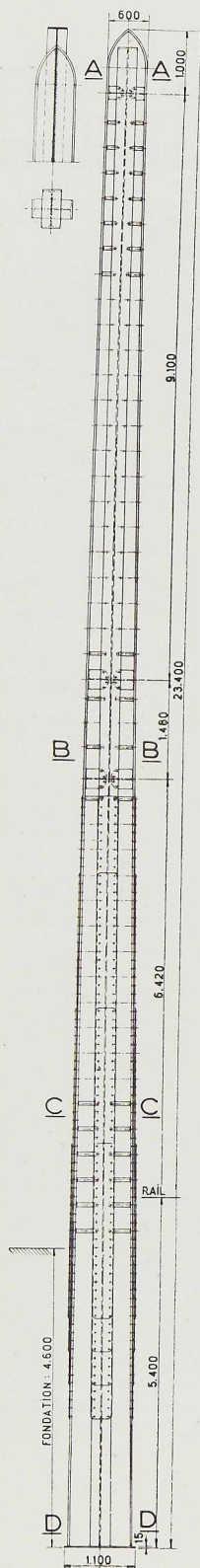


Fig. 658. Première poutrelle à larges ailes H 80 découpée suivant la ligne oblique visible sur le croquis « D ». Après ce découpage, les deux morceaux sont de nouveau assemblés par soudure après retournement bout pour bout pour constituer une poutrelle « A » de hauteur variable.

Fig. 659. Deuxième poutrelle constituant le pylône en croix pour support de caténaire. Après découpage de cette poutrelle H 80 suivant la ligne symétrique oblique visible sur le croquis « D », les deux morceaux sont soudés, après retournement bout pour bout à la première poutrelle (voir fig. 660).

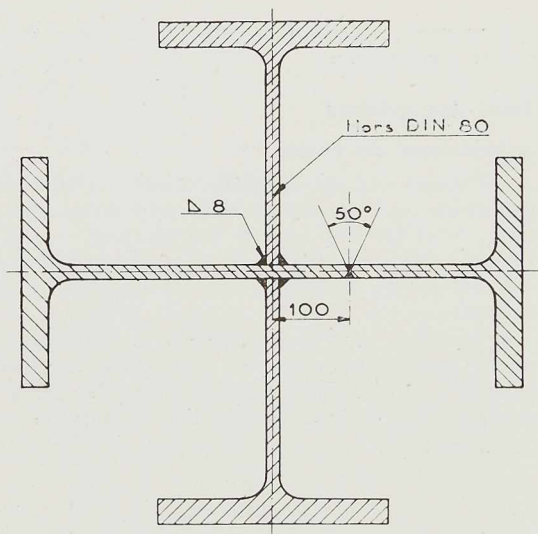


Fig. 660. Coupe d'un pylône en croix montrant sa constitution par soudure à partir de profils obtenus hors poutrelles à larges ailes, conformément aux croquis des figures 658 et 659.

50 × 8, formant échelons, sont rivés sur la hauteur du pylône tous les 390 mm. Des renforcements de ces plats sont prévus au droit des points d'attache des câbles. A la partie supérieure, les âmes des poutrelles sont découpées et les ailes pliées de manière à réaliser une pointe, assemblée par soudure. A la base du pylône, une plaque

constituée par une tôle de 15 mm d'épaisseur, assemblée par soudure, répartit les efforts dans le massif de fondation et assure l'ancrage, lorsque le logement en béton armé dans lequel le pylône est déposé a été rempli de béton. On constate que le pylône ainsi réalisé constitue un solide d'égale résistance pour sollicitation par flexion.

## 2. Calcul

Les sollicitations des pylônes ont été données par le Syndicat d'études pour l'électrification des chemins de fer. On trouve ces sollicitations résumées dans le tableau I ci-dessous.

Le calcul du pylône à la flexion ne présente

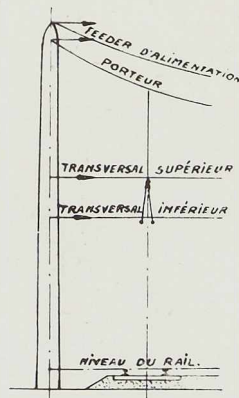


TABLEAU I.

Sollicitations des pylônes  
A<sub>1</sub> et B<sub>1</sub>

Nature des efforts	Sollicitation normale Vent = 120 kg/m <sup>2</sup> Température + 15° c						Sollicitation normale Vent = 30 kg/m <sup>2</sup> Température - 15° c						Sollicitation accidentelle Efforts dus au givre à - 5° c						
	Efforts verticaux		Efforts horizontaux		Moments de renvers, au niveau du rail		Efforts verticaux		Efforts horizontaux		Moments de renvers, au niveau du rail		Efforts verticaux		Efforts horizontaux		Moments de renvers, au niveau du rail		
	Compression	Dans le sens du portique	Dans le sens ↑ au portique	Hauteur au dessus du rail	Dans le sens ↓ au portique	Dans le sens ↑ au portique	Compression	Dans le sens du portique	Dans le sens ↑ au portique	Hauteur au dessus du rail	Dans le sens ↓ au portique	Dans le sens ↑ au portique	Compression	Dans le sens du portique	Dans le sens ↑ au portique	Hauteur au dessus du rail	Dans le sens ↓ au portique	Dans le sens ↑ au portique	
Porteur . . . . .	2.358	5.773	—	17,00	98.141	—	2.358	5.819	—	17,00	98.923	—	2.898	7.095	—	17,00	120.632	—	
Transversal supérieur		2.449	—	7,90	19.347	—		2.749	—	7,90	21.717	—		2.254	—	7,90	17.807	—	
Transversal inférieur.		3.887	—	6,34	24.644	—		2.956	—	6,34	18.741	—		2.565	—	6,34	16.262	—	
Feeder d'alimentation	145	600	—	17,40	10.140	—	145	636	—	17,40	11.066	—	200	718	—	17,40	13.015	—	
Ancrage	Porteur .		920	3.590	8,00	7.360	28.720		1.150	4.190	8,00	9.200	33.520		1.150	4.370	8,00	9.200	34.960
		Contacts		1.270	4.600	6,50	8.255	29.900		1.960	7.400	6,50	12.740	48.400		1.730	6.490	6,50	11.215
		2.503	14.899	8.190		168.187	58.920	2.503	15.270	11.590		172.387	81.620	3.098	15.543	10.860		188.161	77.145

aucune difficulté. On admet que le pylône trouve dans le massif de fondation deux points d'appui A et B, écartés de 3<sup>m</sup>60, ce qui correspond, du reste, au point de vue théorique, à la conception de ce massif. On trace pour chaque cas de sollicitation envisagé le diagramme des moments fléchissants et on en déduit celui des moments résultants. Le calcul des moments d'inertie  $I$  et des modules de flexion  $\frac{I}{v}$  de chaque section permet de tracer le diagramme des moments résistants  $M_r = \sigma \cdot \frac{I}{v}$  avec  $\sigma = 12 \text{ kg/mm}^2$ . La figure 661 donne le résultat de ces calculs. Leur examen montre que le diagramme des moments fléchissants suit très exactement le diagramme

des moments résistants pour le cas de sollicitation accidentelle.

### Essai des pylônes

#### 1. Principes de l'essai

Les essais ont été faits de manière à réaliser les efforts correspondants à la sollicitation normale, vent de 120 kg/m<sup>2</sup>, température + 15°. En effet, la contreflèche de pose des pylônes a été établie en se basant sur les considérations suivantes :

A première vue, la contreflèche de pose à admettre devrait correspondre à la flèche calculée pour la sollicitation des pylônes sans vent. Cependant, il est à craindre que si l'on se borne à ne

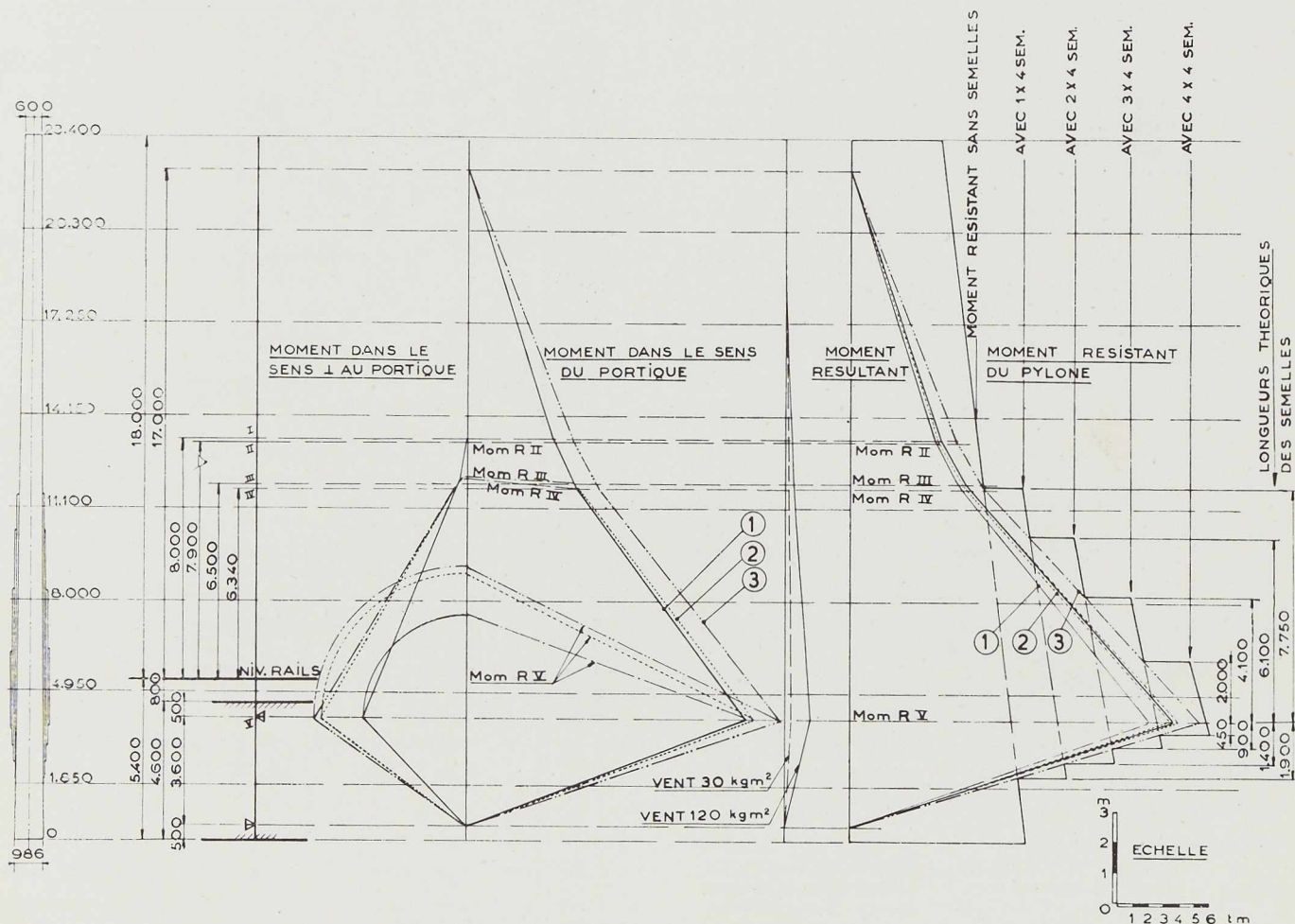


Fig. 661. Moments correspondant à diverses sollicitations et moments résistants du pylône.





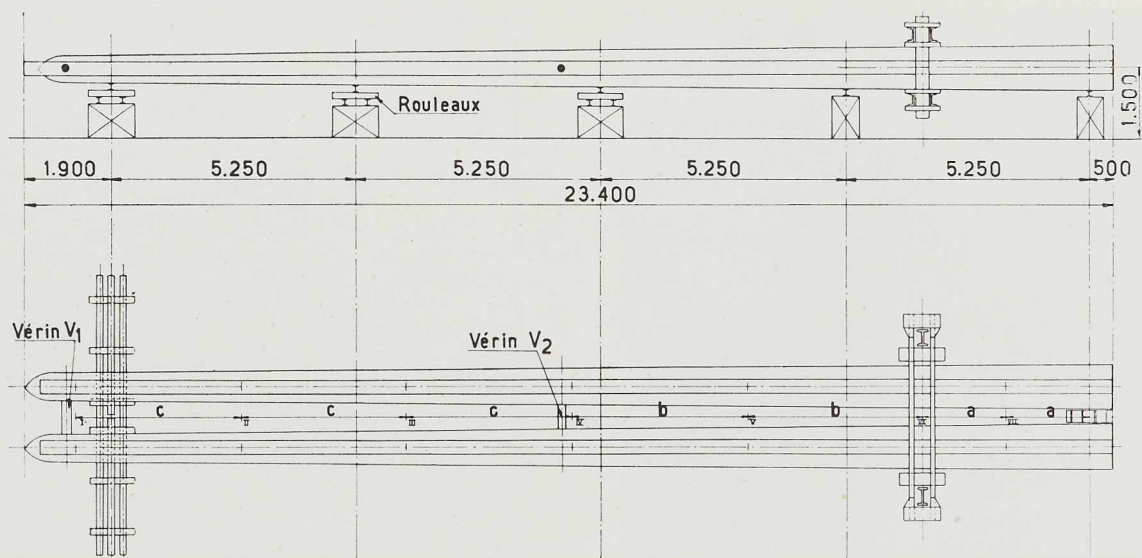


Fig. 662. Montage général de l'installation d'essai des pylônes pour support de caténaies.

donner que cette contreflèche, le pylône paraisse mal équilibré et semble pencher vers les voies (côté sollicitation) par suite d'un effet d'optique malencontreux, résultant de la courbure de la fibre moyenne. Pour corriger cet aspect défavorable, on majore de 1 à 2 cm la flèche correspondant à la sollicitation sans vent. La contreflèche admise est donc prise égale à la flèche calculée pour la sollicitation sans vent augmentée de 1 à 2 cm suivant l'importance de la sollicitation. Or, les calculs montrent qu'il y a pratiquement une certaine coïncidence entre la valeur de la contreflèche admise et la valeur de la flèche des pylônes calculée pour la sollicitation avec vent de  $120 \text{ kg/m}^2$ . C'est ainsi qu'en pratique, la contreflèche de pose des pylônes pour lignes de caténaies est généralement prise égale à cette dernière flèche.

Pour procéder à l'essai proprement dit, les deux pylônes sont couchés horizontalement côte à côte. Leurs bases sont engagées dans un cadre ayant pour but de les fixer et les charges appliquées sont obtenues au moyen de deux vérins placés aux endroits où les charges réelles agiront. La figure 662 donne le montage général de l'installation d'essai. On constate qu'il est prévu de manière que toutes les parties des pylônes soient facilement accessibles afin d'être contrôlées. Les pylônes sont soutenus en cinq points par des appuis à rouleaux tels que les mouvements dans le plan horizontal de chaque pylône puissent se faire librement. La face inférieure des pylônes

ainsi que les rouleaux se trouvent dans un plan horizontal. Les rouleaux sont prévus pour permettre un mouvement relatif des têtes de pylônes, provoqué par les vérins, pouvant atteindre environ 50 cm. Les essais devaient se faire aux ateliers mêmes de la S. A. de Construction et des Ateliers de Willebroeck et il y a lieu de remarquer qu'il s'agit ici d'un essai industriel dont on ne doit pas attendre des résultats aussi précis qu'un essai de laboratoire.

## 2. Montage et mise en charge

S'inspirant des principes généraux que l'on vient d'énoncer, les pylônes, après montage en vue de l'essai, ont été soumis à des charges donnant une sollicitation aussi rapprochée que possible de celle qu'ils subiront dans la réalité. Pendant les essais, les deux pylônes doivent donc être sollicités par deux efforts horizontaux choisis de telle façon qu'ils provoquent des moments de flexion sur toute la hauteur des pylônes du même ordre de grandeur que ceux donnés par les efforts réels orientés dans les deux directions orthogonales des portiques et des ancrages. On a indiqué que les pylônes doivent être, en réalité, ancrés dans des massifs en béton armé présentant des logements ayant au minimum  $4^{\text{e}}60$  de profondeur, logements qui seront ensuite remplis de béton après réglage définitif des poteaux.

Un tel encastrement est difficilement exécutable lors d'un essai.

LONGUEURS THEORIQUES  
DES SEMELLES



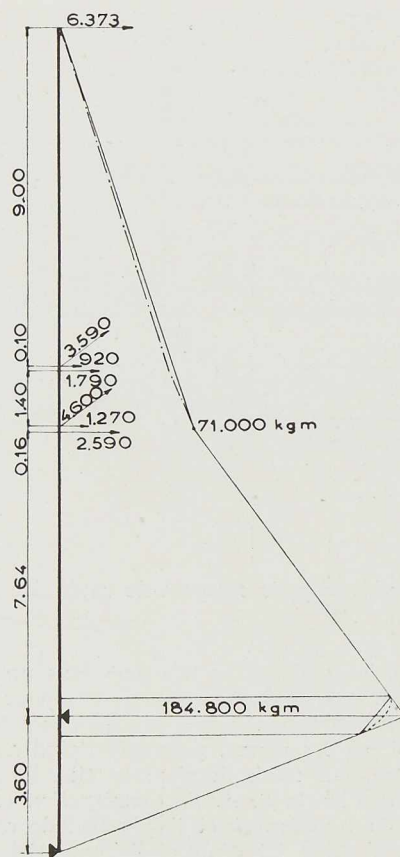


Fig. 663. Sollicitations du pylône à la température de + 15°, sans vent.

On a remplacé l'encastrement parfait par deux appuis A et B distants de 3<sup>m</sup>60. On trace (fig. 663 et 664) le diagramme des moments fléchissants résultants pour la sollicitation admise.

On constate que l'on peut, avec une approximation suffisante, remplacer cette sollicitation par celle provoquée par deux efforts, l'un situé au niveau du câble porteur du portique soit à 18<sup>m</sup>30 de l'appui A, l'autre situé à 7<sup>m</sup>72 de ce même appui. A 7<sup>m</sup>72 de l'appui A, le moment donné par la figure 664 est égal à 79.000 kgm. L'effort à appliquer à 18<sup>m</sup>30 de A est donc :

$$P_1 = \frac{79.000}{10,58} = 7.500 \text{ kg.}$$

A l'appui A, le moment théorique est

$$M_A = 213.000 \text{ kgm.}$$

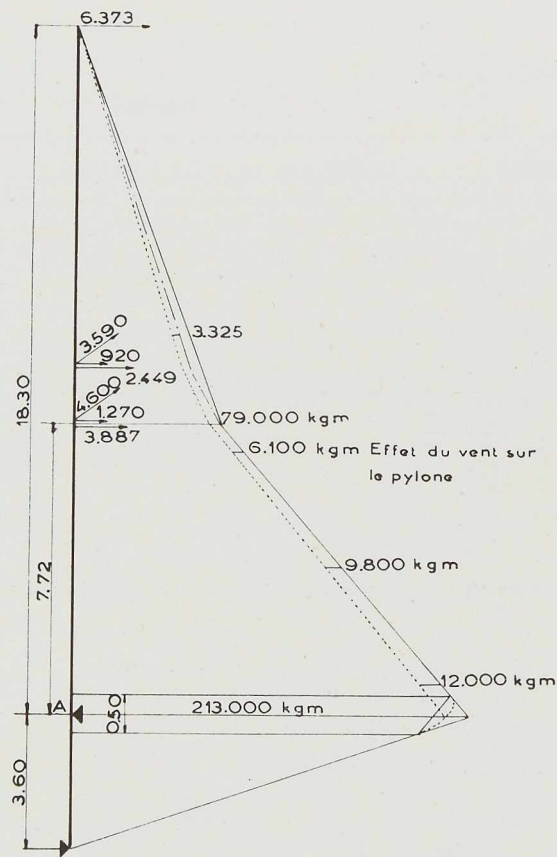


Fig. 664. Sollicitations du pylône à la température de + 15°, avec effet du vent soufflant à 120 kg/m<sup>2</sup>.

$$\text{D'où } M_{max} = 7.500 \times 18,30 + P_2 \times 7,72 = 213.000.$$

$$\text{et } P_2 = 9.800 \text{ kg.}$$

Les réactions en A et B sont respectivement :

$$R_A = 7.500 + 9.800 + \frac{213.000}{3,60} = 17.300 + 59.000 = 76.300 \text{ kg (traction).}$$

$$R_B = -\frac{213.000}{3,60} = -59.000 \text{ kg (compression).}$$

Les forces  $P_1$  et  $P_2$  sont appliquées aux points I et IV par l'intermédiaire de deux vérins de 15,5 cm de diamètre

Section des vérins :

$$\Omega = 3,14 \times \frac{15,5^2}{4} = 188,6 \text{ cm}^2$$



Ces forces correspondent donc à des efforts aux vérins de :

$$P_1 = \frac{7.500}{188,6} = 39,24 \text{ kg/cm}^2 \text{ soit environ } 40 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_1 = \frac{9.800}{188,6} = 51,96 \text{ kg/cm}^2 \text{ soit environ } 52 \text{ kg/cm}^2.$$

Le vérin  $V_2$  placé en IV est d'abord mis en charge jusqu'à atteindre deux fois la charge de service, de façon à provoquer la plus grande déformation possible au point I avant la mise en place du vérin  $V_1$  en ce point. On évite ainsi un trop grand nombre de décalages et de calages du vérin  $V_1$ . Cette façon de procéder ne provoque, du reste, pas de sollicitation supérieure à celle qui sera réalisée par la suite.

La mise en charge des vérins se fait lentement en faisant croître les charges de 2.000 kg toutes les cinq minutes.

On cale ensuite le vérin  $V_1$  au point I et on le met en charge à 1.000 kg. On ramène le vérin  $V_2$  à la charge de service, puis on augmente la tension du vérin  $V_1$  jusqu'à atteindre la limite de course de celui-ci.

On cale alors les deux pylônes en intercalant entre eux, à proximité du vérin  $V_1$ , un élément de poutrelle. On annule l'effort du vérin  $V_1$ , puis on place une pièce de calage dans l'espace laissé libre entre le vérin et le pylône. On remet le vérin  $V_1$  sous tension et on augmente celle-ci, tout en contrôlant et en augmentant celle de  $V_2$  qui a tendance à baisser quand la tension en  $V_1$  augmente.

On atteint finalement les charges de service aux deux points I et IV.

On porte les charges de la même façon que ci-dessus à 1 1/2 fois les charges de service.

Les pylônes sont alors laissés dans cet état sous tension pendant environ 1 heure et demie. Les vérins sont ensuite déchargés progressivement jusqu'à annuler les sollicitations.

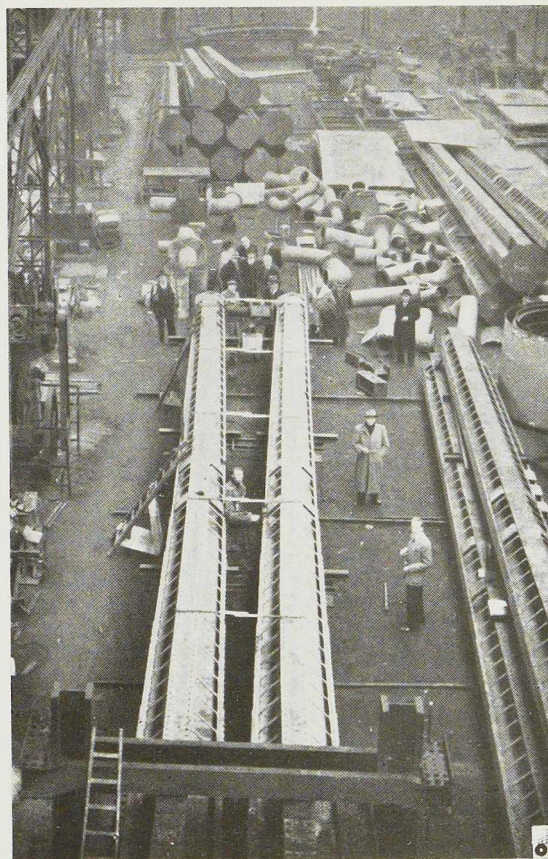
Les flèches ont été relevées en sept points I, II, III, ... VII des pylônes par l'intermédiaire de plaques portant des traits de repère et fixées par soudure aux ailes des pylônes.

L'essai de flexion horizontale des deux pylônes  $A_1$  et  $B_1$ , exécuté le 21 mars 1947, a donné les résultats renseignés au tableau II ci-après.

La photographie de la figure 665 a été prise pendant que les pylônes étaient maintenus durant 1 h 1/2 sous des charges correspondant à 150 % des charges de service.

Une lecture des flèches après 1 h 1/2 montre que celles-ci n'ont pas subi de modifications.

Par contre une lecture des flèches correspondant à la réduction des charges jusqu'à celles



**Fig. 665.** Vue pendant les essais des pylônes. On voit nettement la courbure des deux pylônes encastés à leur base et écartés par vérins.

correspondant aux charges de service, donne des flèches plus élevées que celles mesurées dans les mêmes conditions, lors de la première mise en charge.

Cette différence provient probablement d'effets de frottement dans les rouleaux.

### 3. Détermination théorique des flèches par calcul et comparaison avec les résultats des mesures

Le calcul des flèches théoriques peut se faire facilement par tracé graphique. On trace en premier lieu le diagramme des moments d'inertie I du système en croix, puis le diagramme des mo-

Vérin au point I		Vérin au point IV		Repères						
Lecture au manomètre	Efforts en I	Lecture au manomètre	Efforts en IV	I	II	III	IV	V	VI	VII
		10 kg/cm <sup>2</sup>	1.887 kg	7 cm						
		20 »	3.774 »	18 »						
		30 »	5.661 »	30 »						
		40 »	7.548 »	42,5 »						
		52 { Etat de service	9.812 »	58 »						
		61 »	11.510 »	73,5 »	50 $\frac{1}{4}$	37,5	24 $\frac{1}{4}$	10	1 $\frac{3}{4}$	0
		71 »	13.397 »	84,5 »						
		81 »	15.281 »	94,75 »						
		91 »	17.171 »	104,75 »						
		102 { 2 fois état de service	19.246 »	118,5 »						
Charge de service										
40 kg/cm <sup>2</sup>	7.548 kg	52 kg/cm <sup>2</sup>	9.812 kg	349	248	154	78,5	29,5	3,75	- 1
1 $\frac{1}{2}$ × charge de serv.										
60 kg/cm <sup>2</sup>	11.332 kg	78 kg/cm <sup>2</sup>	14.718 kg	450	320,5	199,5	102,5	39	4,75	- 1
Charge de service										
40 kg/cm <sup>2</sup>	7.548 kg	52 kg/cm <sup>2</sup>	9.812 kg	417	296	201	95	35	4,5	1

TABLEAU II. — Résultats de la mesure des flèches totales des deux pylônes A<sub>1</sub> et B<sub>1</sub>

ments sous l'effet d'une charge de 10 tonnes appliquée à 18<sup>m</sup>30 au-dessus de l'appui A.

Le diagramme de la figure 666 donne les déformations du pylône supposé encasté en A. Dans ce cas la ligne de repère est la verticale passant par A. Le même diagramme lu par rapport à la ligne de repère inclinée passant par A donne les déformations dans le cas de l'hypothèse de deux points d'appui A et B.

On remarque que l'échelle des longueurs a été doublée (longueur de la travée AB) pour augmenter la précision du tracé de la ligne de repère.

Les mêmes diagrammes que ci-dessus ont été tracés pour la sollicitation du pylône sous l'effet d'une force de 10 tonnes située à 7<sup>m</sup>72 de l'appui A (fig. 667).

Flèches au point I (0<sup>m</sup>20 sous le point d'application de la charge P<sub>1</sub>).

1) Effet de P<sub>1</sub> = 10 tonnes.

Encastrement en A : 17,8 cm.

Appuis en A et B : 17,8 + 2,4 = 20,2 cm.

2) Effet de P<sub>2</sub> = 10 tonnes.

Encastrement en A : 2,7 cm.

Appuis en A et B : 2,7 + 1,0 = 3,7 cm.

D'autre part il y a lieu de tenir compte de la déformation du cadre d'appui. En effet l'appui A est constitué par deux balanciers prenant appui en leur milieu sur les ailes des pylônes (I DIR 32) et de deux tirants composés chacun de deux fers U PN 30.

L'allongement du cadre, calculé sous l'effet des charges de service, est de 0,093 cm ce qui correspond à une déformation au point I de :

$$x = 0,093 \times \frac{21,70}{3,60} = 0,56 \text{ cm.}$$



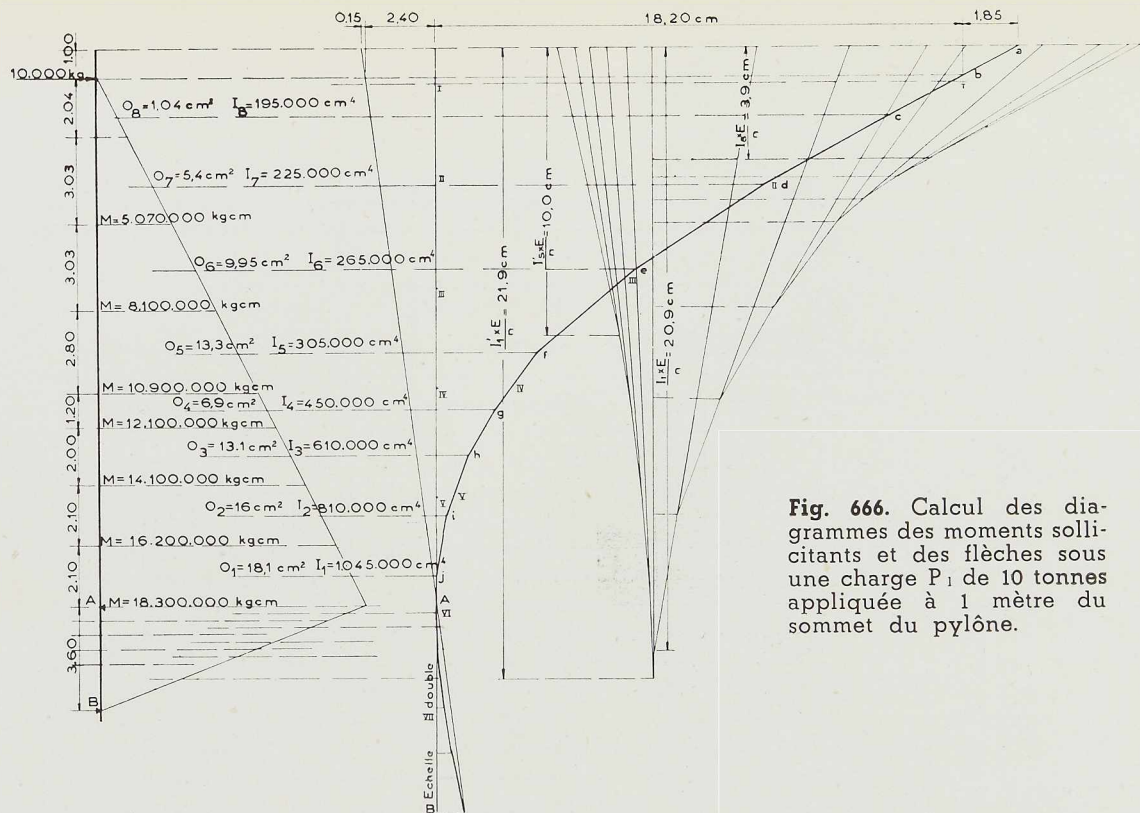
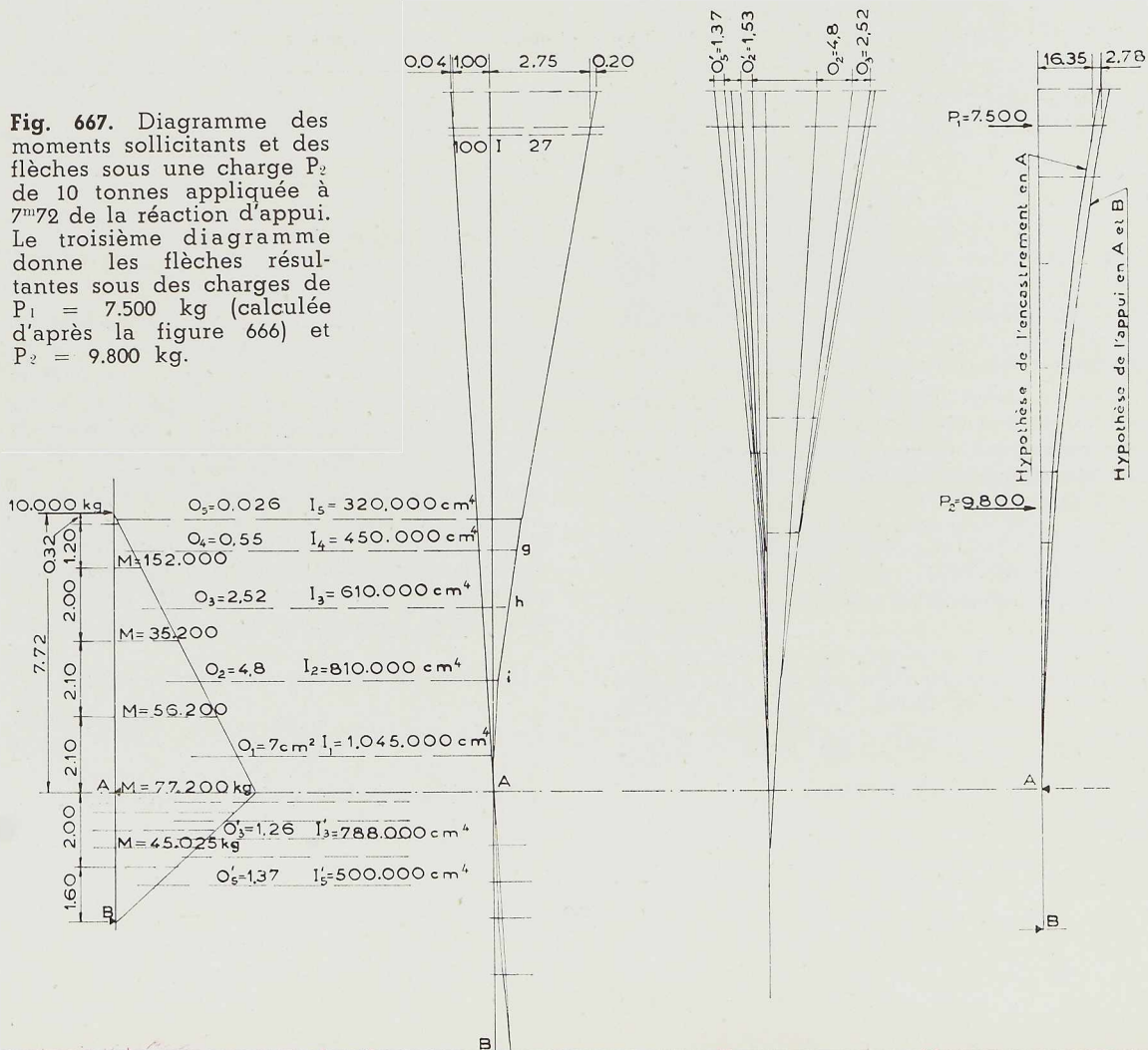
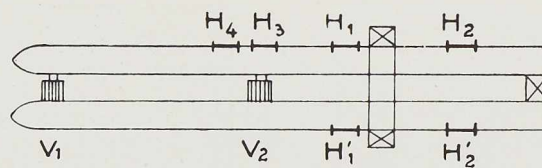


Fig. 667. Diagramme des moments sollicitants et des flèches sous une charge  $P_2$  de 10 tonnes appliquée à  $7^m72$  de la réaction d'appui. Le troisième diagramme donne les flèches résultantes sous des charges de  $P_1 = 7.500$  kg (calculée d'après la figure 666) et  $P_2 = 9.800$  kg.





Charges		Lectures					Déformations					Tensions kg/cm <sup>2</sup>							
Vérin	Effort kg	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub> '	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> '	H <sub>3</sub>	H <sub>4</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub> '	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> '	H <sub>3</sub>	H <sub>4</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub> '	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> '	H <sub>3</sub>	H <sub>4</sub>
		3,33	3,31	3,66	3,38	3,56	3,49												
V <sub>2</sub>	9.812	3,16	3,16	3,54	3,28	3,51	3,46	0,17	0,15	0,12	0,10	0,02	0,03	340	300	240	200		
V <sub>2</sub> V <sub>1</sub>	9.812 7.548	2,93	2,92	3,40	3,13	3,33	3,06	0,40	0,39	0,26	0,25	0,23	0,43	800	780	520	500	460	860
V <sub>2</sub> V <sub>1</sub>	14.718 11.332	2,81	2,80	3,32	3,05	3,23	2,96	0,52	0,51	0,34	0,33	0,33	0,53	1.040	1.020	680	660	660	1.060
Idem après 2 h.		2,81	2,81	3,32	3,05	3,24	2,93	0,52	0,50	0,34	0,33	0,32	0,56	1.040	1.000	680	660	640	1.120
V <sub>2</sub> V <sub>1</sub>	9.812 7.548	2,83	2,88	3,36	3,11	3,32	3,00	0,50	0,43	0,30	0,27	0,34	0,49	1.000	860	600	540	680	980
		3,33	3,32	3,66	3,38	3,52	3,63	0	0,01	0	0	0,04	- 0,14	0		0	0		

TABLEAU III. — Résultats des essais.

Base de mesure : 254 mm; une division du cadran (0,01) correspond à 0,00254 mm, c'est-à-dire à 20 Kg/cm<sup>2</sup>.

La comparaison des flèches calculée et mesurée peut ensuite se faire facilement.

La flèche maximum mesurée lors de l'essai est celle d'un point situé 0<sup>m</sup>20 sous le point d'application du vérin correspondant à l'effort P<sub>1</sub>.

Sous les charges de service, la flèche mesurée en I est de 34,9 cm.

La déformation du cadre sous l'effet des charges normales augmente la flèche réelle en I d'environ 5 mm.

La flèche réelle en I sera donc de 34,4 cm, soit 17,2 cm par pylône.

La flèche calculée au point I sous charges de service est :

$$f = (17,8 + 2,40) \times \frac{7.500}{10.000} + (2,7 + 1,0) \times \frac{9.8000}{10.00}$$

$$= 13,35 + 1,80 + 2,65 + 0,98 = 16 + 2,78 = 18,78 \text{ cm.}$$

La flèche mesurée lors de l'essai correspond donc à 92 % de celle calculée.

La flèche en I dans le cas de l'hypothèse du pylône encastré en A correspond à 85,5 % de celle correspondant au pylône appuyé en A et B.

On a donc proposé d'admettre que dans le cas de sollicitation correspondant à un vent de 120 kg/m<sup>2</sup> et + 15°, la flèche en I sera :

$$f = 0,855 \times 0,92 \times 18,78 = 14,7 \text{ cm.}$$

Dans le cas de la sollicitation sans vent et à + 15° la sollicitation réelle peut être remplacée par l'effet de deux charges :

$$P_1 = 6.700 \text{ kg et } P_2 = 8.100 \text{ kg.}$$

La flèche en I calculée sera dans ce cas :

$$f = (17,8 + 2,40) \times \frac{6.700}{10.000} + (2,7 + 1,0) \times \frac{8.100}{10.000}$$

$$= 11,9 + 1,6 + 2,19 + 0,81 = 16,50 \text{ cm.}$$



**Fig. 668.** Vue des pylônes supports de caténaires. Il est à noter que les potences constituent un montage provisoire.

La flèche réelle dans l'hypothèse de l'encastrement en A sera très proche de

$$f = 0,855 \times 0,92 \times 16,5 = 13 \text{ cm.}$$

#### 4. Mesure de tensions

Des mesures permettant de déterminer les dilatactions, donc les tensions, dans les plats ont été faites en différents points des pylônes au moyen du déformètre d'Huggenberger.

On trouve au tableau III ci-contre les résultats des mesures qui ont été faites au moyen de cet appareil.

L'examen de ce tableau donne lieu aux remarques suivantes :

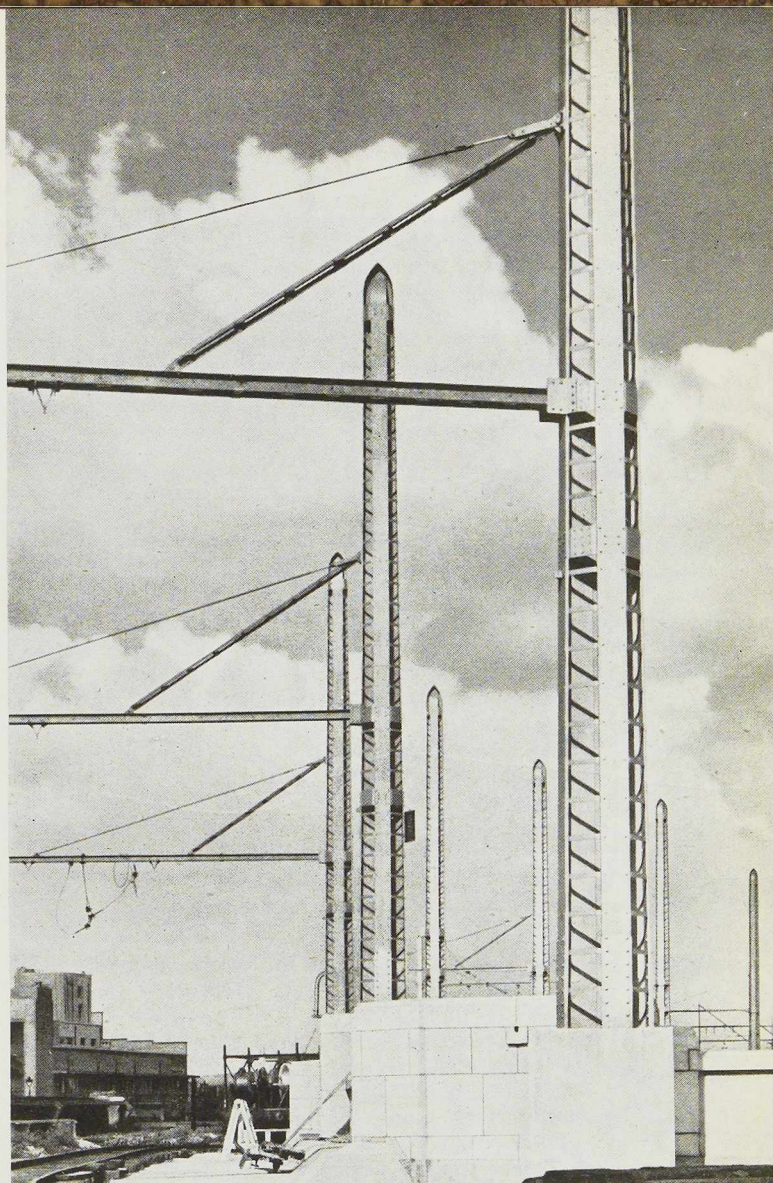
1. — Toutes les tensions mesurées paraissent normales.
2. — Lorsque la sollicitation atteint 1 fois 1/2 la charge de service, les tensions mesurées dépassent à peine 1.100 kg/cm<sup>2</sup>.
3. — Pour la charge de service, la tension maximum mesurée ne dépasse pas 1.000 kg/cm<sup>2</sup>, ce qui correspond très bien avec le calcul.
4. — La tension mesurée au point H<sub>4</sub> vaut en moyenne 1,65 fois celle mesurée en H<sub>3</sub>, alors que la variation des  $\frac{l}{v}$  entre ces deux points est d'environ 1,22. Il semble que cette variation brusque de tension peut s'expliquer par le fait que les mesures faites en H<sub>3</sub> et en H<sub>4</sub> étaient situées en des points voisins de la zone d'action du vérin V<sub>2</sub> et que l'effet de ce dernier a pu provoquer des concentrations anormales de tensions.

5. — On constate que les tensions varient seulement de 25 %, alors que la charge a augmenté de 50 %. Cette anomalie ne peut provenir que du fait qu'il est probable que les manomètres n'indiquaient pas les charges prévues, lorsque l'on a poussé à 1 fois 1/2 la charge de service.

Au cours de l'essai, il a en effet été très difficile d'obtenir des vérins plus que les charges de service, parce que leurs réservoirs à huile étaient trop petits par rapport à la course à obtenir.

#### Conclusions

Les essais faits et les déductions qu'on a pu en tirer permettent de conclure ce qui suit :



(Photo Malevez.)

1° Les pylônes se sont parfaitement comportés et les assemblages ont parfaitement résisté;

2° Les flèches calculées correspondent avec une très grande approximation aux flèches mesurées;

3° Les pylônes en croix, après montage à la gare du Nord, se sont révélés avoir un aspect agréable.;

4° Ces pylônes, s'ils pèsent plus lourd que des pylônes en treillis du même genre, ont l'avantage de coûter moins cher à la tonne, étant donné le peu de main-d'œuvre nécessaire à leur assemblage.

J. V. et M. D. S.

# Applications de la théorie du flambage des barres à parois minces à quelques types particuliers de sections droites

par Ch. Massonnet,

Chargé de Cours à l'Université de Liège

## Introduction

*L'Ossature Métallique* a publié récemment (1) une étude du professeur S. Timoshenko sur la flexion, la torsion et le flambage des barres à parois minces et à section ouverte.

Le but que nous nous proposons dans la présente note est d'illustrer cette théorie en l'appliquant à quelques types de barres particulièrement employées. Nous montrerons qu'il est possible, pour les types de barres envisagés, d'établir un diagramme de la forme

$$\frac{P_{cr}}{P_{Euler}} = f(\lambda, \rho),$$

qui donne la diminution relative de résistance au flambage par rapport à la théorie d'Euler, en fonction du produit de l'élanement  $\lambda$  de la barre par l'épaisseur relative  $\rho$  de ses parois.

Chacun de ces diagrammes s'applique à toute une famille de barres à sections géométriquement semblables, quelle que soit l'épaisseur relative de leurs parois.

Nous avons établi ailleurs (2) qu'on pouvait construire un tel diagramme dans tous les cas de sollicitation imaginables, et quelle que soit la forme de la section de la barre envisagée; de plus, que ce diagramme restait approximativement valable dans le domaine plastique si la charge de flambage était axiale.

Dans les considérations qui suivent, nous adopterons les notations et conventions de signes utilisées dans le mémoire de M. Timoshenko; il est inutile, croyons-nous, de les rappeler ici. Chaque fois que nous utiliserons une équation de ce mémoire, nous la désignerons par le numéro qu'elle portait, suivi de la lettre T.

(1) Sr. P. TIMOSHENKO, Théorie de la flexion, torsion et flambage des barres à parois minces et à section ouverte. *OSSATURE MÉTALLIQUE*, juillet, août et septembre 1947, pp. 328 à 341 et 376 à 388.

(2) Ch. MASSONNET, *Le flambage des barres à section ouverte et à parois minces*. Mémoires du centenaire de l'A. I. Lg., 1947.

Dans le calcul des aires, moments d'inertie et autres caractéristiques géométriques des sections droites, nous supposons toujours que les parois de la barre sont infiniment minces et que leur surface est concentrée le long de la ligne moyenne de ces parois. Un calcul vérificatif montre que cette simplification n'introduit que des erreurs négligeables.

Pour travailler exclusivement sur des quantités sans dimensions, nous introduirons les rapports de toutes les dimensions de la section droite à l'une d'entre elles,  $b$ , et nous désignerons chacun de ces rapports par la lettre grecque qui correspond à la lettre latine représentant la dimension considérée. Ainsi, aux grandeurs

$$l, x_0, y_0, r_0, e_x, e_y, \beta_1, \beta_2,$$

correspondront les quantités

$$\begin{aligned} \frac{l}{b} = \rho, \quad \frac{x_0}{b} = \xi_0, \quad \frac{y_0}{b} = \eta_0, \quad \frac{r_0}{b} = \rho_0, \quad \frac{e_x}{b} = \varepsilon_x, \\ \frac{e_y}{b} = \varepsilon_y, \quad \frac{\beta_1}{b} = \gamma_1, \quad \frac{\beta_2}{b} = \gamma_2. \end{aligned} \quad (1)$$

## 1. Le flambage des cornières à branches égales

### a) Considérations géométriques

Pour pouvoir appliquer la théorie du flambage par flexion et torsion, il nous faut d'abord calculer les quantités sans dimensions qui caractérisent les propriétés élastiques de la barre.

La section droite d'une cornière à branches égales est représentée à la figure 669. On trouve facilement :

$$y_0 = \frac{b}{2\sqrt{2}}, \quad \text{d'ou} \quad \tau_0 = \frac{y_0}{b} = 0,354$$

$$I_x = \frac{b^3 l}{12}; \quad I_y = \frac{b^3 l}{3}; \quad \Lambda = 2bt$$

$$r_0^2 = \frac{b^2}{3} \quad \text{d'ou} \quad \rho_0^2 = 0,3333.$$





Le moment d'inertie par rapport à l'axe  $dd$  parallèle à une aile vaut

$$I_d = \frac{5b^3t}{24}, \quad \text{d'où} \quad \frac{I_d}{I_x} = 2,5. \quad (1)$$

Dans tout ce paragraphe, nous désignerons par  $\lambda = l/i_x$ , l'élanement de la barre correspondant au flambage dans son plan de symétrie sous la plus petite des charges d'Euler

$$P_2 = \frac{\pi^2 EI_x}{l^2}.$$

Le carré du rayon d'inertie autour de l'axe  $O_x$  vaut

$$i_x^2 = \frac{I_x}{A} = \frac{b^2}{24},$$

donc le carré de l'élanement de la barre est

$$\lambda^2 = \frac{l^2}{i_x^2} = 24 \left(\frac{l}{b}\right)^2.$$

La rigidité à la torsion vaut, d'après la formule (20 T),

$$C = \frac{2G}{3} bt^3.$$

la rigidité de gauchissement est nulle, puisque les ailes se rencontrent au centre de glissement  $O$ . Enfin, la quantité  $\beta_1$  définie par la formule (71 T) vaut

$$\begin{aligned} \beta_1 &= \frac{\int y(y^2 + x^2)dA}{I_x} - 2y_0 \\ &= \frac{12}{b^3t} \left\{ 2 \int_{-b}^{+b} \frac{1}{2\sqrt{2}} y [y^2 + (y_0 - y)^2] t \sqrt{2} dy \right\} - \frac{b}{\sqrt{2}} \\ &= -b\sqrt{2} \end{aligned}$$

d'où

$$\gamma_1 = \frac{\beta_1}{b} = -1,414.$$

### b) Cornières chargées centriquement

Partons de l'équation de M. Timoshenko

$$(P_1 - P)[P_3 r_0^2 - P(r_0^2 + e_y \beta_1)] - P^2(y_0 - e_y)^2 = 0 \quad (76 T).$$

Divisons les deux membres par  $P^2 b^2$ , puis introduisons les quantités sans dimensions

$$\rho_0 = \frac{r_0}{b}, \quad \varepsilon_y = \frac{e_y}{b}, \quad \gamma_1 = \frac{\beta_1}{b},$$

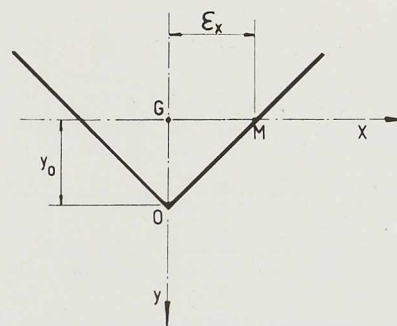


Fig. 669. Cornière à branches égales obtenue par pliage d'une tôle.

ainsi que la notation nouvelle

$$k = \frac{P}{P_2}. \quad (2)$$

Nous obtenons

$$\left(\frac{P_1}{P_2} \frac{1}{k} - 1\right) \left[\frac{P_3}{P_2} \rho_0^2 \frac{1}{k} - (\rho_0^2 + \varepsilon_y \gamma_1)\right] - (\eta_0 - \varepsilon_y)^2 = 0 \quad (3)$$

la cornière étant chargée en son centre de gravité, on a ici  $\varepsilon_x = \varepsilon_y = 0$ . De plus,  $\frac{P_1}{P_2} = \frac{I_x}{I_y} = 4$ .

Par ailleurs,

$$\begin{aligned} P_2 &= \frac{\pi^2 EI_x}{l^2} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} A = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} 2bt, \\ P_3 &= \frac{C}{r_0^2} = \frac{1}{r_0^2} \frac{2}{3} Gbt^3 = \frac{0,2565}{\rho_0^2} Ebt \left(\frac{t}{b}\right)^2 \end{aligned}$$

d'où

$$\frac{P_3}{P_2} \rho_0^2 = 0,2565 \frac{\lambda^2}{2\pi^2} \left(\frac{t}{b}\right)^2 = 0,01298 \lambda^2 \rho^2.$$

enfin,  $\eta_0 = 0,354$  et  $\rho_0^2 = 0,3333$ .

Si l'on introduit ces valeurs dans la condition de flambage (3), on trouve

$$\left(\frac{4}{k} - 1\right) \left(0,01298 \lambda^2 \rho^2 \frac{1}{k} - 0,3333\right) - 0,354^2 = 0,$$

ce qui peut s'écrire

$$\lambda^2 \rho^2 = \frac{1,3333 k - 0,208 k^2}{0,01298(4 - k)}. \quad (4)$$

Si  $k$  est très petit, cette formule se réduit pratiquement à

$$k = 0,3894 \lambda^2 \rho^2.$$

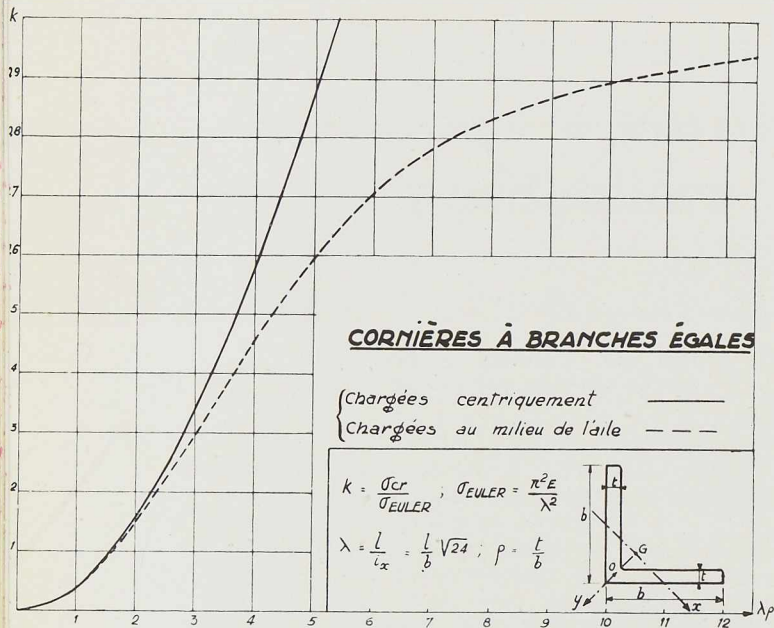


Fig. 670. Cornières à branches égales, courbes de  $k = f(\lambda_\rho)$ .

Dès qu'on se fixe une valeur de  $k$ , on peut en déduire la valeur correspondante de  $\lambda_\rho$  par la formule (4) ci-dessus. Les résultats des calculs sont consignés dans le tableau n° 1 ci-dessous :

La courbe  $k = f(\lambda_\rho)$  est reproduite au diagramme de la figure 670.

La charge critique déterminée par ce diagramme n'est bien entendu valable que si elle est inférieure à la charge critique d'Euler pour le flambage dans le plan de symétrie. On doit donc avoir

$$P_{cr} \leq P_2 \equiv \frac{\pi^2 EI_x}{l^2} \quad \text{ou encore} \quad k \equiv \frac{P_{cr}}{P_2} \leq 1.$$

La valeur-limite correspondante, d'après le ta-

$k$	0	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0
$\lambda_\rho$	0	1,135	1,610	2,288	2,816	3,271	4,052	4,741	5,376

TABLEAU n° 1

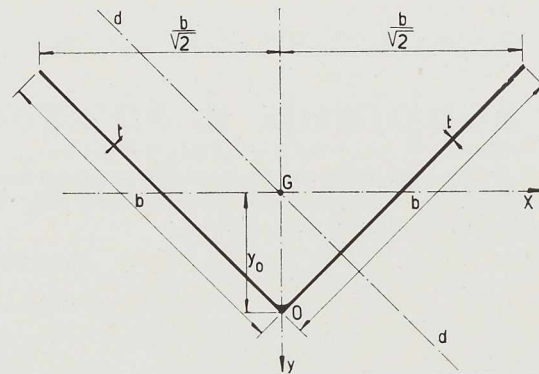


Fig. 671.

bleau n° 1 ci-dessous, est  $\lambda_\rho = 5,376$ . La courbe ne s'étend donc que de  $\lambda_\rho = 0$  à  $\lambda_\rho = 5,376$ ; elle se prolonge par l'horizontale d'ordonnée  $k = 1$  qui correspond au flambage d'Euler dans le plan de symétrie sous la charge  $P = P_2$ .

#### c) Cornières chargées au milieu d'une aile

En construction métallique, les cornières utilisées seules comme barres de treillis sont attachées aux goussets par un ou plusieurs rivets placés au milieu d'une aile.

D'après le règlement belge de l'A. B. S., pour la construction des ponts et charpentes métalliques, édition de 1937, « on pourra admettre que le plan de flambage est parallèle à l'aile saillante, mais, afin de tenir compte de l'excentricité, on multipliera le moment d'inertie correspondant par 0,40 dans le cas d'attache par un seul rivet et par 0,60 dans le cas d'attache par deux rivets ou davantage ».

Il est intéressant de comparer ces prescriptions réglementaires avec les résultats fournis par la théorie du flambage par flexion et torsion.

La condition générale de flambage d'une barre chargée excentriquement s'obtient en égalant à zéro le déterminant des équations (74 T), ce qui donne :



$$(5) \quad 0 = \begin{vmatrix} P_1 - P & 0 & -P(y_0 - e_y) \\ 0 & P_2 - P & P(x_0 - e_x) \\ -P(y_0 - e_y) & P(x_0 - e_x) & (P_3 - P)r_0^2 - P e_y^2 \rho_1^2 - P e_x^2 \rho_2^2 \end{vmatrix}$$

Divisons maintenant les lignes de ce déterminant par  $P$ ,  $P$ ,  $Pb$ , et les colonnes par  $l$ ,  $l$ ,  $b$ , respectivement. Il vient, en introduisant les quantités sans dimensions (1),

$$(6) \quad 0 = \begin{vmatrix} \frac{P_1}{P_2} \frac{1}{k} - 1 & 0 & -(\eta_0 - \varepsilon_y) \\ 0 & \frac{1}{k} - 1 & (\xi_0 - \varepsilon_x) \\ -(\eta_0 - \varepsilon_y) & (\xi_0 - \varepsilon_x) & \left(\frac{P_3}{P_2} \frac{1}{k} - 1\right) \rho_0^2 - \varepsilon_y \gamma_1 - \varepsilon_x \gamma_2 \end{vmatrix}$$

Dans le cas actuel (fig. 671), on a :

$$\xi_0 = 0; \quad \eta_0 = 0,354; \quad \varepsilon_x = -\frac{1}{2\sqrt{2}} = -0,354;$$

$$\varepsilon_y = 0;$$

$$\gamma_1 = -1,414; \quad \gamma_2 = 0; \quad \rho_0^2 = 0,3333; \quad \frac{P_1}{P_2} = 4;$$

$$\frac{P_3}{P_2} \rho_0^2 = 0,01298 \lambda^2 \rho^2.$$

En introduisant ces valeurs dans la condition de flambage (6), il vient

$$\begin{vmatrix} \frac{1}{k} - 1 & 0 & -0,354 \\ 0 & \frac{1}{k} - 1 & 0,354 \\ -0,354 & 0,354 & 0,01298 \lambda^2 \rho^2 \frac{1}{k} - 0,3333 \end{vmatrix} = 0,$$

ce qui peut s'écrire

$$\lambda^2 \rho^2 = 25,68 k + 9,67 \frac{(5 - 2k) k^2}{(1 - k)(4 - k)}.$$

Dès qu'on se fixe une valeur de  $k$ , on peut en déduire la valeur correspondante de  $\lambda \rho$  par la formule ci-dessus. Les résultats des calculs sont consignés dans le tableau n° 2 ci-dessous :

$k$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$\lambda \rho$	0	1,643	2,392	3,030	3,644	4,287	5,014	5,934	7,309	10,20	$\infty$

TABEAU n° 2

Le diagramme de la figure 670 nous permet d'apprécier la valeur des prescriptions du règlement de l'A. B. S.

D'après la formule (1), on a  $I_d/I_x = 2,5$ ; par conséquent, le carré du rayon d'inertie de la cornière calculé par le règlement de l'A. B. S. vaut

$$i_d^2 = \frac{0,4 I_d}{A} = \frac{I_x}{A} = i_x^2,$$

et la tension critique de flambage correspondante est

$$\sigma_{A. B. S.} = \frac{\pi^2 E}{\lambda_d^2} = \frac{\pi^2 E}{\lambda_x^2}.$$

La théorie du flambage par flexion et torsion nous apprend que la tension critique réelle vaut

$$\sigma_{cr} = k \sigma_2 = k \frac{\pi^2 E}{\lambda_x^2},$$

où  $k$  varie avec  $\lambda \rho$ , et l'inspection du diagramme (fig. 670) nous montre que  $k$  est inférieur à 0,9 pour toutes les valeurs de  $\lambda \rho$  inférieures à 10. Le règlement de l'A. B. S. donne donc en général une sécurité insuffisante.

Pour préciser l'erreur commise, admettons que, pour une cornière laminée en acier, on a d'habitude  $\rho \geq 1/15$ . Dans cette hypothèse :

a) Dans le domaine des barres longues où  $\lambda_x$  (1) est supérieur à 105, la valeur minimum du produit  $\lambda \rho$  est atteinte pour  $\rho = 1/15$  et vaut 7; on en déduit par le diagramme  $k_{min} = 0,78$ . L'erreur commise en appliquant le règlement de l'A. B. S. est donc au maximum de 28 %;

b) Dans le domaine des barres courtes, le diagramme (fig. 670) reste approximativement valable. Comme le coefficient  $k$  tend vers zéro avec  $\lambda \rho$ , l'erreur commise en appliquant le règlement de l'A. B. S. peut atteindre des valeurs considérables. Ce cas est heureusement rare en pratique, mais il serait cependant souhaitable de le prendre en considération, par exemple en restreignant expressément l'application du règlement au cas des barres longues.

(1) Il s'agit bien entendu de l'élanement réel calculé pour le flambage dans le plan de symétrie de la cornière.

## 2. Le flambage des barres en T à branches égales

### a) Considérations géométriques

On trouve aisément (fig. 672)

$$y_0 = -\frac{b}{4}, \text{ d'où } \tau_0 = -0,25; \quad I_x = \frac{5b^3l}{24};$$

$$I_y = \frac{b^3l}{12}; \quad i_y^2 = \frac{b^2}{24}$$

$$\xi_1 = \frac{\frac{l}{4}(y_1^4 - y_0^4) + y_0^3 b l + y_0 l \frac{b^3}{12}}{I_x} - 2y_0 = 0,7b,$$

d'où

$$\gamma_1 = \frac{\xi_1}{b} = 0,7; \quad \gamma_2 = 0.$$

$$r_0^2 = \frac{5b^2}{24} \text{ d'où } \rho_0^2 = 0,2082.$$

Il importe de remarquer que, dans le cas du profil T,  $I_x$  est supérieur à  $I_y$ , de sorte que la charge critique d'Euler la plus faible est ici  $P_1 = \pi^2 EI_y / l^2$ ; c'est pourquoi il convient de poser dans le cas actuel

$$k = \frac{P_{cr}}{P_1} = \frac{\sigma_{cr}}{\sigma_1} = \frac{\sigma_{cr} \lambda^2}{\pi^2 E} \quad \text{avec } \lambda = \frac{l}{i_y} = \frac{l}{b} \sqrt{24}.$$

Les quantités C et  $C_1$  valent respectivement

$$C = \frac{2G}{3} l^3 b, \quad C_1 = 0,$$

comme dans le cas des cornières; on a donc encore la relation

$$\frac{P_3}{P_1} \rho_0^2 = 0,01298 \lambda^2 \rho^2.$$

La condition de flambage s'obtient en substituant  $P_1$  à  $P_2$  dans l'équation (3); on obtient ainsi :

$$\left(\frac{1}{k} - 1\right) \left[ \frac{P_3}{P_1} \rho_0^2 \frac{1}{k} - (\rho_0^2 + \varepsilon_y \gamma_1) \right] - (\tau_0 - \varepsilon_y)^2 = 0 \quad (7)$$

Introduisons dans cette formule les valeurs numériques obtenues ci-dessus pour  $\tau_0$ ,  $P_3/P_1$ ,  $\rho_0^2$ ,  $\gamma_1$  et  $\rho_0^2$ ; il vient

$$\left(\frac{1}{k} - 1\right) \left[ 0,01298 \lambda^2 \rho^2 \frac{1}{k} - (0,2082 + 0,7 \varepsilon_y) \right] - (-0,25 - \varepsilon_y)^2 = 0 \quad (8)$$

### b) Barres en T chargées au centre de glissement O

Ce cas se présente souvent, puisqu'il correspond à la fixation du T par son aile horizontale. L'excentricité correspondante de la charge vaut  $\varepsilon_y = -0,25$  et la condition de flambage (8) se réduit à

$$\frac{1}{k} - 1 = 0; \quad 0,01298 \lambda^2 \rho^2 \frac{1}{k} - 0,0332 = 0.$$

On en déduit

$$k_1 = 1; \quad k_3 = 0,391 \lambda^2 \rho^2.$$

Les deux charges critiques d'Euler sont donc indépendantes de la charge critique de flambage par torsion. Le flambage se produit par torsion autour de l'axe O tant que  $k$  est inférieur à l'unité; sinon, il se produit par flexion eulérienne dans le plan des  $xz$ . Les deux modes de flambage sont simultanément possibles si  $0,391 \lambda^2 \rho^2 = 1$ , c'est-à-dire si  $\lambda \rho = 1,6$ . La loi  $k = 0,391 \lambda^2 \rho^2$  est représentée au diagramme de la figure 673.

### c) Barres en T comprimées uniformément

Si la charge agit au centre de gravité G,  $\varepsilon_y = 0$  et la condition de flambage (8) se réduit à

$$\left(\frac{1}{k} - 1\right) \left(0,01298 \lambda^2 \rho^2 \frac{1}{k} - 0,2082\right) - 0,0625 = 0,$$

d'où l'on tire

$$\lambda^2 \rho^2 = \frac{0,0625 k^2 + 0,2082 k (1 - k)}{0,01298 (1 - k)} \quad (9)$$

Si  $k$  est très petit, cette formule se réduit pratiquement à

$$k = 0,0623 \lambda^2 \rho^2.$$

Les valeurs correspondantes de  $\lambda \rho$  et  $k$ , calcu-

$k$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$\lambda \rho$	0	1,287	1,856	2,331	2,775	3,230	3,738	4,373	5,310	7,301	$\infty$

TABLEAU n° 3



$k$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$\lambda\varphi$	0	1,778	2,621	3,366	4,115	4,940	5,925	7,225	9,225	13,50	$\infty$

TABLEAU n° 4

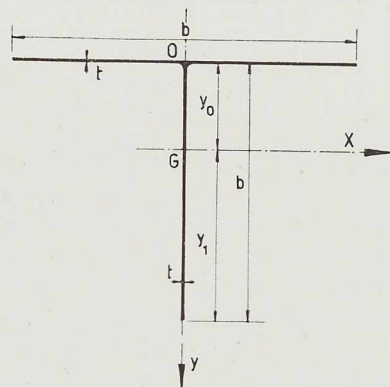


Fig. 672. Profil T obtenu par soudage de tôles minces.

lées par la formule (9), sont consignées dans le tableau n° 3 ci-contre :

d) Barres en T chargées au milieu de l'aile saillante

Si la charge agit au milieu de l'aile saillante,  $\varepsilon_y = 0,25$  et la condition de flambage (8) se réduit à

$$\left(\frac{1}{k} - 1\right) \left[ 0,01298 \lambda^2 \varphi^2 \frac{1}{k} - 0,3832 \right] - 0,25 = 0$$

d'où l'on tire

$$\lambda^2 \varphi^2 = \frac{0,25 k^2 + 0,3832 k (1 - k)}{0,01298 (1 - k)}$$

Les valeurs correspondantes de  $\lambda\varphi$  et  $k$  sont consignées dans le tableau n° 4 ci-dessus :

Pour les trois modes envisagés ci-dessus en b), c) et d), on a tracé à la figure 673 les courbes  $k = f(\lambda\varphi)$ .

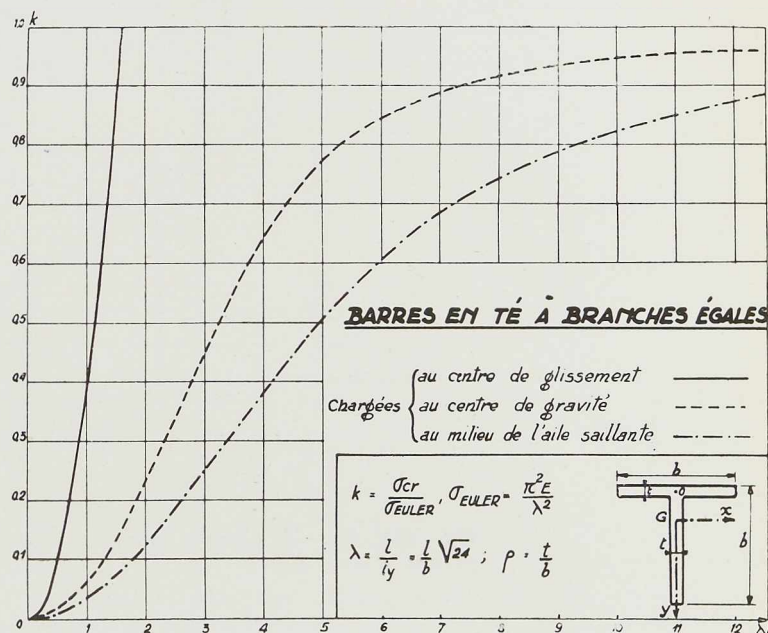


Fig. 673. Barres en T à branches égales, courbes de  $k = f(\lambda\varphi)$ .

3. Le flambage des barres en U à parois d'épaisseur constante

a) Considération géométriques

Considérons un fer U obtenu par pliage d'une tôle (fig. 674) et posons pour simplifier  $a/b = m$ ; on trouve aisément :

$$r_0 = \frac{y_0}{b} = \frac{4(m+3)}{(m+2)(m+6)}; \quad r_m = \frac{y_m}{b} = \frac{1}{m+2}$$

$$A = bt(m+2); \quad I_x = b^3 \frac{(2m+1)}{3(2m+2)};$$

$$I_y = b^3 \frac{m^2(m+6)}{12}$$

$m = \frac{a}{b}$	$\frac{\eta_0^2}{\rho_0^2}$	$\frac{P_1}{P_1}$	$k_{\text{limite}}$
0,5	0,822	0,1048 + 0,01438	1,969
1	0,655	0,1152 + 0,01466	0,572
2	0,336	0,0929 + 0,01109	0,1562

TABLEAU n° 5

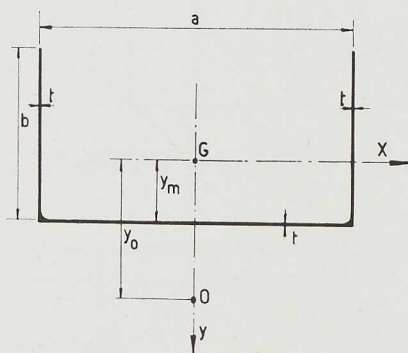


Fig. 674. Fer U obtenu par pliage d'une tôle.

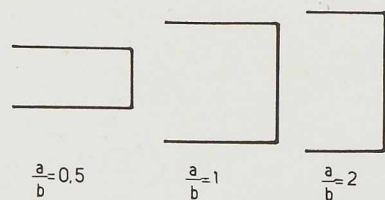


Fig. 675. Trois types des barres U, à divers rapports a/b.

$$i_y^2 = b^2 \frac{m^2(m+16)}{12(m+2)}; \quad C = b \frac{Et^3}{7,8} (m+2);$$

$$C_1 = b^3 \frac{Etm^2}{24} \left(1 + \frac{3m}{m+6}\right)$$

$$\rho_0^2 = \frac{16(m+3)^2}{(m+2)^2(m+6)^2} + \frac{4(2m+1) + m^2(m+6)(m+2)}{12(m+2)^2}$$

$$P_3 = \frac{1}{\rho_0^2} \left( C + \frac{\pi^2}{l^2} C_1 \right)$$

$$= \frac{Eb^4}{\rho_0^2} \rho \left[ \frac{m+2}{7,8} \rho^2 + \frac{m^2}{24} \left(1 + \frac{3m}{m+6}\right) \right]$$

Dans tout ce paragraphe, nous adopterons comme charge critique de référence la charge critique d'Euler de flambage dans le plan des  $xz$  :

$$P_1 = \frac{\pi^2 E I_y}{l^2},$$

qui correspond à l'élanement

$$\lambda = \frac{l}{i_y} = \sqrt{\frac{12(m+2)}{m^2(m+6)}} \frac{l}{b}.$$

#### b) Barres en U chargées centralement

La condition de flambage est l'équation (7); si l'on y fait  $\varepsilon_y = 0$ , elle se réduit à

$$\left(\frac{1}{k} - 1\right) \left(\frac{P_3}{P_1} \rho_0^2 \frac{1}{k} - \rho_0^2\right) - \eta_0^2 = 0.$$

$\lambda \rho$	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12
0,5	0,0960	0,1079	0,1427	0,1945	0,2596	0,3310	0,4015	0,530	0,634	0,715
1	0,1067	0,1189	0,1550	0,2100	0,2783	0,3536	0,4305	0,567	0,673	0,750
2	0,0900	0,1002	0,1307	0,1794	0,2440	0,3197	0,4015	0,561	0,689	0,778

TABLEAU n° 6



### BARRES EN U CHARGÉES CENTRIQUEMENT

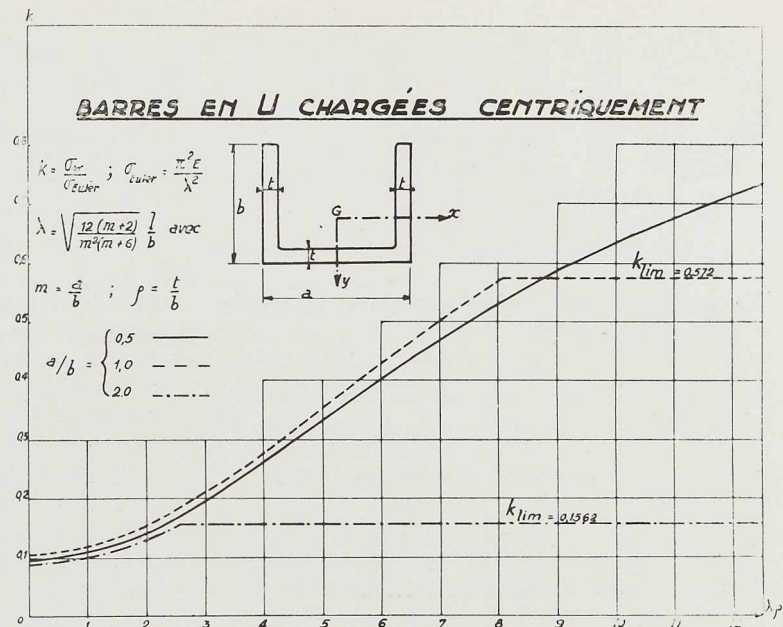


Fig. 676. Barres en U chargées centriquement, courbes de  $k = f(\lambda\rho)$ .

On en tire aisément

$$k = \frac{1}{2 \left(1 - \frac{\eta_0^2}{\rho_0^2}\right)} \left[ 1 + \frac{P_3}{P_1} - \sqrt{\left(1 - \frac{P_3}{P_1}\right)^2 + 4 \frac{P_3 \eta_0^2}{P_1 \rho_0^2}} \right] \quad (10)$$

Proposons-nous de déterminer la loi

$$k = \frac{P_{cr}}{P_1} = \frac{\sigma_{cr}}{\sigma_1} = f(\lambda\rho)$$

pour les trois types de barres U représentés à la figure 675. Les valeurs numériques des coefficients  $\eta_0^2/\rho_0^2$  et  $P_3/P_1$  pour ces trois profils sont données au tableau n° 5 ci-contre :

Appliquons la formule (10) en y remplaçant  $\eta_0^2/\rho_0^2$  et  $P_3/P_1$  par leurs valeurs ci-dessus; nous obtenons les valeurs de  $k$  consignées dans le tableau n° 6 ci-contre :

Les courbes  $k = f(\lambda\rho)$  qui traduisent ces résultats graphiquement sont représentées à la figure 676. On constate qu'elles diffèrent peu entre elles, de sorte qu'on peut se servir de la courbe du profil carré ( $a/b = 1$ ) pour toute barre en U de rapport  $a/b$  compris entre 0,5 et 2.

Bien entendu, le flambage n'a lieu par flexion et torsion que si la tension critique est inférieure

à la tension d'Euler de flambage dans le plan de symétrie, c'est-à-dire si l'on a :

$$\sigma_{cr} \leq \sigma_2 \quad \text{ou} \quad k = \frac{\sigma_{cr}}{\sigma_1} \leq \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{I_x}{I_y}$$

Les valeurs-limites

$$k_{lim} = \frac{I_x}{I_y} = \frac{4(2m+1)}{m^2(m+2)(m+6)},$$

calculées pour  $m = 0,5; 1; 2$ , sont reproduites au tableau n° 5, colonne 4. Les courbes  $k = f(\lambda\rho)$  de la figure 676 ne sont valables que jusqu'à l'ordonnée  $k_{lim}$  correspondante et se prolongeant par l'horizontale d'ordonnée  $k_{lim}$ .

Pour terminer, remarquons que les fers U laminés ordinaires ont des parois relativement épaisses ( $\rho \cong 1/10$ ) et un moment d'inertie  $I_x$  beaucoup plus faible que  $I_y$ . Il en résulte que  $k_{lim}$  est, pour ces profils, de l'ordre de 0,2, de sorte que le flambage ne pourrait se produire par flexion et torsion que pour des valeurs de  $\lambda\rho$  comprises entre 0 et 3 environ, c'est-à-dire pour des élancements inférieurs à 30. Il n'y a donc pas à se préoccuper du flambage par flexion et torsion des fers U laminés employés seuls.

# CHRONIQUE

## Le marché de l'acier pendant le mois d'octobre 1947

	Production acier lingot en tonnes		
	Belgique	Luxembourg	Total
Janv.-oct. 1946	1.805.784	1.046.324	2.852.108
septembre 1947	197.365	165.283	362.648
octobre 1947	274.026	175.064	449.090
janv.-oct. 1947	2.251.505	1.389.978	3.641.483

La production d'acier du mois d'octobre est en progression de près de 25 % pour l'ensemble de l'Union économique, par rapport au mois de septembre. Le mouvement général reprend ainsi l'allure favorable constatée, depuis le début de

l'année et entravée seulement par les congés de juillet et les grèves du bassin liégeois, en septembre. A la cadence actuelle, la production annuelle dépasserait les cinq millions de tonnes par an, c'est-à-dire reviendrait à la moyenne des années 1935 à 1939.

En réalité il faudra attendre la production du mois de novembre pour être réellement fixé sur l'allure actuelle. La production belge d'octobre a été en effet favorablement influencée par le stock de coke disponible en septembre.

L'approvisionnement en minerai s'effectue normalement, de légères hausses de prix s'étant cependant produites pour les fournitures françaises. Le coke allemand a subi une hausse sensible; on prévoit la remise en exploitation de plusieurs minières du Grand-Duché.

Les usines de Cockerill et des Aciéries et Minières de la Sambre étant passées en allure de

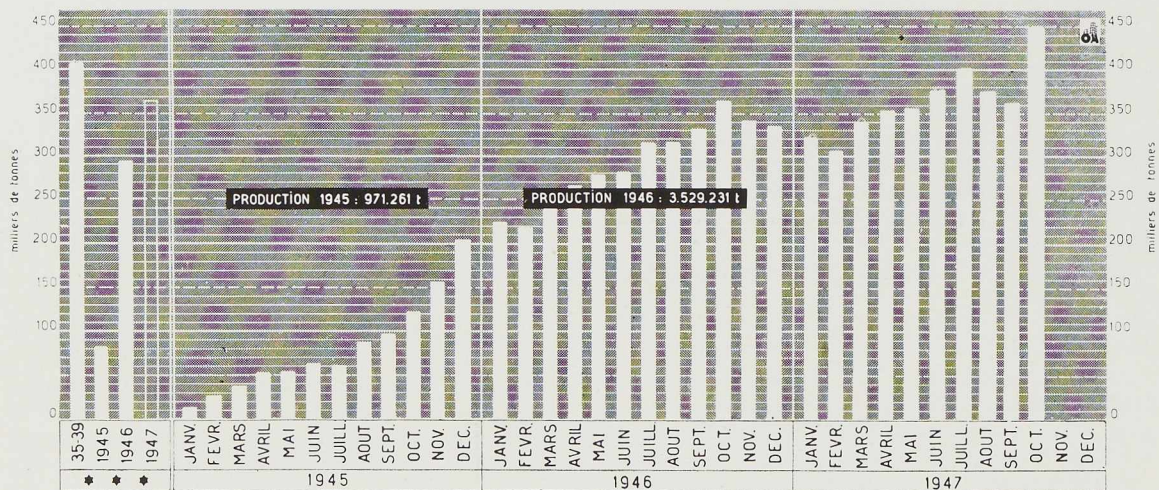


Fig. 677. Production des aciéries belges et luxembourgeoises.

\*\*\* Moyennes mensuelles des années 1935-1939, 1945, 1946 et des dix premiers mois 1947.





moulage, on s'attend à une amélioration de la situation du marché en ce qui concerne la fonte de moulage.

En tôles, une certaine pénurie persiste toujours. A l'heure actuelle, les délais de fournitures sont de 5 à 6 mois, pour les tôles fortes et de 3 à 4 mois pour les tôles moyennes. Malgré l'insuffisance des prix admis pour les tôles sur le marché intérieur (coefficient 2,42 par rapport à l'avant-guerre, contre 2,77 pour les aciers marchands), deux trains à tôles seront remis en marche à Ougrée et à Sambre et Moselle, ce qui amènera sans doute une normalisation du marché en ce qui concerne les tôles.

Par ailleurs, on signale la remise en marche d'un *quatrième* haut-fourneau, pour la production de tôles fines, à la division Phœnix à Châtelineau, des usines Sambre et Moselle.

#### Marché intérieur

Au premier octobre, le gouvernement belge a supprimé à titre d'essai et pour le quatrième trimestre, le contingentement des aciers sur le marché intérieur. Il est cependant prévu qu'un minimum de 125.000 tonnes par mois sera fourni au marché intérieur, et les expéditions par produits et par genre de consommateurs restent soumises au contrôle officiel. Cette procédure semble donner entière satisfaction et on peut espérer l'abandon définitif des contingents, à partir de janvier prochain.

On signale une diminution de prix de 100 francs à la tonne, pour les tôles galvanisées et flambées, les feuillards galvanisés et le fer blanc.

Les ateliers de construction maintiennent des carnets de commande bien fournis. Ils ont enregistré 1.000 wagons à livrer à l'Italie. De nouvelles commandes sont signalées également de la part de la S. N. C. B.

Les expéditions des fabrications métalliques ont atteint, en septembre, 119.000 tonnes, dont 12.400 pour le matériel roulant, 9.800 tonnes de produits en tôle pour le bâtiment et 6.200 tonnes de pont et charpentes.

En boulonnerie, la situation reste favorable.

#### Marché extérieur

Sur les marchés organisés, depuis le début du

mois, une hausse d'environ 250 francs est appliquée. Pour le Portugal, la majoration de prix est de 500 francs, tandis que pour les livraisons à la Suisse le prix de base est porté à 494 francs suisses au lieu de 475 francs à Bâle.

Malgré ces nouvelles cotations, la demande dépasse encore nos possibilités de fourniture. En effet, malgré la forte production américaine, nos délais de livraison, relativement courts, nous assurent un certain avantage. On prévoit d'ailleurs en U. S. A. une nouvelle hausse de prix. Quant à la concurrence anglaise, bien que ce pays dépasse actuellement son record de production d'avant-guerre, son programme d'exportation entraînera sans doute une diminution des fournitures de laminés et une augmentation des produits transformés. Pour maintenir sa production actuelle, l'Angleterre éprouve des difficultés d'approvisionnement de mitrailles et la B. I. S. F. vient de lancer un appel pour un effort collectif qui devrait produire un million de tonnes.

Les exportations belgo-luxembourgeoises ont atteint, pendant les neuf premiers mois de l'année 1.635.000 tonnes. On se plaint généralement de la pénurie de wagons plats pour l'expédition des produits.

Des pourparlers sont actuellement en cours avec l'U. R. S. S. pour une fourniture de produits sidérurgiques en échange de blé.

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

Au cours du Congrès du Centenaire de l'A.I.Lg., qui s'est tenu à Liège du 30 août au 14 septembre, près de 600 communications, relatives à 14 sections embrassant tous les domaines de l'activité de l'ingénieur, furent présentées et discutées.

A l'heure actuelle l'A. I. Lg. commence l'édition de ces rapports et conférences, en une série de 23 volumes comportant chacun de 200 à 300 pages. Ces volumes seront exclusivement distribués aux souscripteurs.

Signalons notamment à nos lecteurs les volumes suivants qui sont susceptibles de les intéresser directement.

Métallurgie physique (vol. III), Sidérurgie (vol. IV), Génie civil (vol. XV).

## X<sup>e</sup> Congrès des Centres d'Information de l'Acier (Locarno, du 9 au 12 octobre 1947)

L'an dernier, les dirigeants des Centres d'Information de l'Acier ont renoué la tradition de se rencontrer annuellement, tradition interrompue par la guerre. Cette année, le Congrès des Centres d'Information de l'Acier a eu lieu à Locarno, en Suisse. Des délégués des Etats-Unis d'Amérique (American Institute of Steel Construction et l'American Iron and Steel Institute), de France, de Grande-Bretagne, de Hollande, d'Italie, de Pologne, de Roumanie, de Suisse et de Tchécoslovaquie avaient été invités à cette réunion.

Les représentants des organismes d'information et de documentation de l'acier de Belgique et de Luxembourg, de France, de Grande-Bretagne, de Hollande, d'Italie, de Suisse et de Tchécoslovaquie ont participé aux différentes séances, tandis que les organisations américaines, empêchées, ont fait parvenir de substantiels rapports.

A la demande de M. Kühling, Président de la Stahlberatungsstelle der Schweiz, M. le professeur Eugène François, administrateur-conseil du Centre Belgo-Luxembourgeois d'Information de l'Acier a présidé les séances de travail.

Chaque association a présenté un rapport sur son activité en 1946.

En outre des rapports sur les problèmes spéciaux ont été présentés par certains pays.

Parmi les questions qui furent examinées, figurent notamment les suivantes :

### Documentation photographique et documentation cinématographique

L'importance que prennent de plus en plus la construction métallique et les applications de l'acier dans la vie moderne, est mise en valeur par une documentation photographique d'un cachet artistique parfois très grand. Il est souhaitable, en conséquence, de constituer une collection des meilleures photographies relatives aux emplois de l'acier. De même la liste des films intéressant la construction métallique et l'élaboration de l'acier sera dressée prochainement.

### Protection de l'acier contre la corrosion

La protection de l'acier contre la corrosion par les peintures, reste à l'ordre du jour dans tous les pays. Deux constatations particulièrement intéressantes ont été faites : la première est la

conséquence des travaux de recherches entrepris par l'Office Technique pour l'Utilisation de l'Acier à Paris, en se servant de peintures au brai-aluminium. Ces travaux poursuivis depuis plus de dix ans, ont montré que ces peintures ont un pouvoir de protection élevé; par contre elles présentent l'inconvénient de ne pas garder leur beau reflet initial et de s'assombrir en vieillissant; à l'heure actuelle, il existe des peintures de finition qui adhèrent bien à la peinture au brai-aluminium et qui corrigent donc ce défaut de présentation.

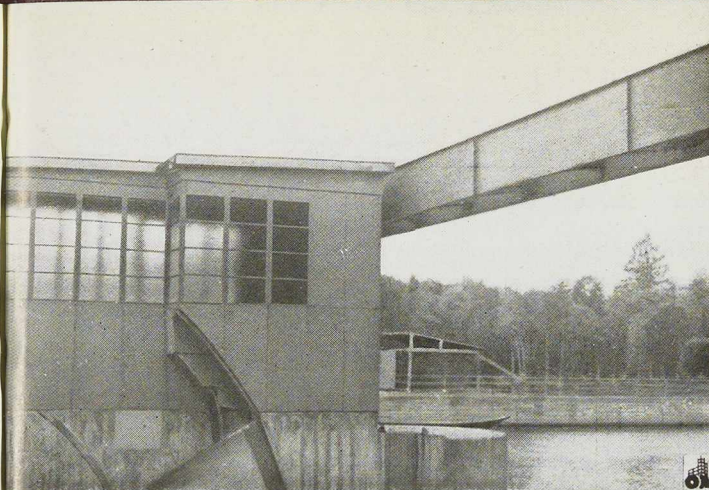
D'autre part, l'Angleterre et la Suisse ont développé le système de la galvanisation au pistolet sur surfaces bien décapées, principalement au jet de sable et secondairement à la flamme oxyacétylénique. Les pièces galvanisées constituent une surface recevant aisément les peintures de recouvrement. La galvanisation doit être riche lorsque la sollicitation à la corrosion est importante, comme c'est notamment le cas dans les travaux hydrauliques. Pour les ouvrages hydrauliques et notamment pour les barrages, les constructeurs suisses recouvrent en outre l'acier, galvanisé à raison de 800 g/m<sup>2</sup>, de trois couches de laque bitumineuse. Ce système de recouvrement, en vérité relativement coûteux, s'avère d'une grande efficacité et de longue durée. Si l'on songe aux déboires rencontrés dans tous les pays, pour la peinture des portes d'écluses notamment, et plus spécialement aux difficultés rencontrées lors des essais systématiques entrepris en Belgique par la Commission de Protection contre la Corrosion de l'A. B. E. M., ce résultat mérite d'être retenu.

Le perfectionnement des méthodes de peinture a conduit les spécialistes français à la rédaction d'un contrat d'assurance peinture dont l'application est envisagée dans ce pays.

### Acier à haute résistance

L'emploi de l'acier à haute résistance a donné lieu à un large échange de vues. On constate que l'acier à haute résistance, qui doit permettre des allègements d'environ 20 à 30 % ne se développe pas systématiquement dans les constructions fixes. La raison semble en être que cet acier est souvent plus coûteux que l'acier ordinaire : là où le problème du poids n'est pas le problème essentiel, l'aspect économique de la question prime toute



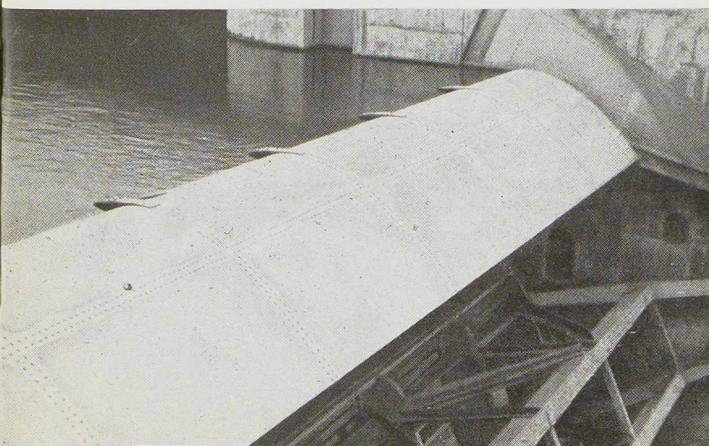


**Fig. 678.** Vue partielle du barrage de Rupperts-wil-Auenstein. On note la légèreté de la passerelle supérieure de service.

autre considération. Cependant, l'acier à haute résistance permet le relèvement des tensions de travail jusqu'à 40 % : dans la technique moderne où l'on doit effectuer des ensembles de plus en plus grands entièrement achevés en usine, il présente un grand avantage; les constructeurs italiens l'ont utilisé avec succès dans la construction des pylônes de transport de force : l'écartement des montants de ces pylônes a pu être ainsi réduit et une économie sensible sur les treillis réunissant les montants, en est la conséquence.

Les aciers à haute résistance les plus utilisés sont l'acier ayant une résistance minimum de 44 kg/mm<sup>2</sup> et surtout l'acier ayant une résistance minimum de 52 kg/mm<sup>2</sup>. Les domaines d'application les plus caractéristiques sont les grands ouvrages d'art, les charpentes de hangars d'aviation, les barrages, etc. Les tensions autorisées en Suisse atteignent 22,5 kg/mm<sup>2</sup> pour l'acier à 52 kg/mm<sup>2</sup>. Il est apparu comme particulièrement souhaitable d'utiliser dans ce cas des aciers soudables pour combiner l'allégement dû à la soudure à l'allégement dû à la haute résistance. Rappelons, à titre d'application particulière, que 400.000 tonnes d'acier à haute résistance ont été employées pour la construction des

**Fig. 679.** Vannes du barrage de Rupperts-wil-Auenstein (Suisse).



ponts Bailey, des ponts provisoires standard de l'Armée britannique.

#### Soudabilité des aciers

On constate que ce problème reste à l'avant-plan des préoccupations des constructeurs de nombreux pays. Le problème a été étudié notamment en Hollande, en Tchécoslovaquie, en France, aux Etats-Unis. Les conclusions théoriques des différents pays sont voisines. On attache dans chaque cas une importance à la susceptibilité au vieillissement, à la capacité de résistance aux effets d'entailles, à la susceptibilité à la fissuration. De même on constate que les aciers calmés présentent de meilleures caractéristiques pour les différentes exigences présentées.

La conception que la soudabilité dépend également des facteurs constructifs et que l'on ne peut parler de la soudabilité d'un acier qu'en fonction des conditions d'assemblage envisagées est également générale aujourd'hui.

Au point de vue économique par contre, la position est plus difficile à définir et l'on constate qu'il y a une tendance à considérer qu'il est essentiel d'utiliser partout où c'est possible des aciers à des prix normaux, plutôt que de faire appel à des aciers spéciaux donnant des caractéristiques de soudabilité améliorées, mais ayant un prix de base relativement élevé. On a rappelé que si des accidents parfois graves sont survenus, notamment dans les pays où la soudure a pris une extension brusque (Allemagne, Belgique, Etats-Unis), dans d'autres pays, on n'a pratiquement pas constaté d'accidents : d'une façon plus générale, aucun accident n'a été constaté dans des constructions relativement légères, telles que celles réalisées dans le bâtiment et les constructions industrielles même importantes.

#### Utilisation de l'acier dans le bâtiment

Les participants à la réunion de 1947 ont constaté avec un vif intérêt que l'on revenait à des conceptions plus saines du problème de la protection contre l'incendie. Les études entreprises en Angleterre, en vue de la révision des règlements existants, définissent pour chaque catégorie de bâtiments en fonction de la nature de son occupation, les durées d'un incendie éventuel auquel ce bâtiment doit résister sans graves désordres. Ces durées sont d'une heure pour les habitations, de deux heures pour les bâtiments industriels, de quatre heures pour les entrepôts, grands magasins, etc. Ce classement des constructions a pour conséquence pratique de définir la protection en fonction du résultat à atteindre, et

de ne plus imposer uniformément, quel que soit le matériau employé et quel que soit l'immeuble à protéger, des épaisseurs minima forcément importantes. L'expérience a d'ailleurs prouvé que dans les circonstances présentes, les bâtiments protégés résistaient largement aux risques d'incendie. On notera entre autres que deux graves accidents survenus en Amérique, à des constructions en ossature métallique, ont entraîné des pertes en vies humaines par asphyxie, mais que la structure elle-même n'a pas été touchée par le feu. (Nous reviendrons dans un prochain numéro de *L'Ossature Métallique* sur l'ensemble du problème de la protection contre l'incendie.)

Les participants se sont également préoccupés du choix du matériau dans les bâtiments publics et privés. Ils ont constaté que seule une décision justifiée économiquement ou techniquement, prise dès le début des études, assure le mieux une parfaite utilisation de la construction métallique. A ce point de vue, le rôle des ingénieurs-conseils compétents notamment en construction métallique, est particulièrement intéressant.

#### Développement de la tôle pliée et des profils en tôle pliée

Les rapports américains soulignent le développement de l'emploi de la tôle pliée. Ils montrent également que dès maintenant existe une expérience suffisante sur la résistance en fonction du temps, des structures en tôle pliée. Une enquête a notamment été faite dans 50 bâtiments américains dont certains possèdent des éléments en tôle pliée de faible épaisseur depuis plus de 35 ans. Les trois tableaux ci-contre montrent la bonne tenue de ces éléments de construction. D'autre part, il existe aujourd'hui des spécifications relatives aux dimensions et aux méthodes de calculs des tôles pliées. Ces spécifications ont surtout trait aux profils classiques en forme de U.

#### Constructions tubulaires

Les délégués italiens et les délégués suisses ont souligné l'importance des constructions tubulaires. En Italie, notamment, des charpentes de tous types, des pylônes pour transports de forces, des ponts, sont régulièrement réalisées en sections tubulaires. Tous les assemblages se font par soudure. L'économie en poids est de l'ordre de 30 %.

Les avantages dans la construction des pylônes résident dans le fait que la section totale est plus faible, que les profils tubulaires présentent une résistance au vent très réduite, que la bonne résistance de la section tubulaire au flambage

### Comportement des profils en tôle pliée

#### Influence de l'âge

Age	Nombre de bâtiments	Bon état	Satisfaisant	Insuffisant
0-10	8	6	2	0
11-15	10	9	1	0
16-20	20	18	1	0
21-25	7	7	1	0
26-30	3	3	0	0
31-35	2	2	0	0
Total	50	45	5	0

#### Influence de la situation

Situation	Nombre de bâtiments	Bon état	Satisfaisant	Insuffisant
Eléments exposés à l'intérieur du bâtiment, mais non exposés au sol . . . . .	35	31	4	0
Eléments protégés dans le bâtiment par des plafonds ou des plafonnages . . . . .	12	12	0	0
Eléments au rez-de-chaussée exposés à 1 mètre au moins du sol.	3	2	1	0
Total	50	45	5	0

#### Influence de la destination

Occupation	Nombre de bâtiments	Bon état	Satisfaisant	Insuffisant
Appartements . . . . .	3	3	0	0
Bâtiment administratif	2	2	0	0
Universités . . . . .	2	2	0	0
Hôpitaux . . . . .	3	3	0	0
Hotels . . . . .	9	9	0	0
Baraquements . . . . .	2	2	0	0
Bureaux . . . . .	8	7	1	0
Habitations . . . . .	1	1	0	0
Ecoles . . . . .	19	15	4	0
Théâtres . . . . .	1	1	0	0
Total	50	45	5	0



permet d'espacer sensiblement le treillis. Dans le domaine des constructions envisagées, le problème du prix est lié à l'intérêt technique d'un allègement important. Les aciers employés sont en général des aciers à haute résistance qui s'avèrent soudables malgré des teneurs élevées en carbone.

Certains participants ont d'autre part échangé des vues sur les règlements et les codes de bonne pratique intéressant la construction métallique. On a pu constater qu'en règle générale, les tensions admissibles dans la plupart des pays étaient voisines. En Grande-Bretagne l'adjonction dans le nouveau règlement d'une clause permettant un relèvement de la tension admissible dans les calculs, lorsque la limite élastique est garantie (24 kg par mm<sup>2</sup> pour les pièces de moins de 19 mm d'épaisseur) est prévue.

Au cours des séances, des films ont été projetés :

*L'Acier* (film belge).

*Le Siècle de l'Acier* (film français).

*Steel man's servant* (film américain).

*La reconstruction du pont de Chalampé* (film français).

*Le montage de la charpente métallique de la Neue Zürcher Zeitung* (film suisse).

*Montage des pylônes en tubes d'acier* (film suisse).

Les participants au Congrès ont assisté en outre à une intéressante conférence de M. E. Pestalozzi sur *l'Historique des ponts suisses*.

Les délégués ont accompli le dimanche 12 octobre un voyage d'étude à travers la Suisse du Nord et ont visité le stade couvert de Zurich-Oerlikon (1), le barrage de Rekingen, le pont de Zweidlen, les usines hydro-électriques d'Eglisau, de Klingnau et de Rapperswil-Auenstein, la centrale thermique de Beznau, ainsi que l'atelier de réparation de wagons de la S. A. Schindler à Pratteln, près de Bâle.

Ces différents travaux ont vivement impressionné les délégués, tant par l'importance des problèmes à résoudre que par les solutions adoptées par les ingénieurs suisses.

Deux dîners ont été offerts, l'un à Locarno par l'Union Suisse des Constructeurs de Ponts et Charpentes le jeudi 9 octobre et l'autre à Ascona par la Commission Technique (T. K.) de l'Union Suisse des Constructeurs, le vendredi 10 octobre.

Outre les délégués au Congrès, y assistaient les dirigeants des ateliers de construction suisses. Au

cours de ces dîners, M. Kühling, président de l'Union Suisse des Constructeurs de Ponts et Charpentes et le Dr C. F. Kollbrunner, président de la T. K. ont souligné l'importance des contacts internationaux pour une meilleure utilisation de l'acier et l'accroissement des domaines d'applications de ce matériau de construction.

### Montage de l'ossature de la centrale de Monceau

La Société Métallurgique d'Enghien-Saint-Eloi exécute les charpentes métalliques du bâtiment devant abriter les deux nouvelles chaudières « Sulzer » 160-210 t/h et les deux turbines de l'extension de la Centrale de Monceau. L'ensemble de l'extension couvre environ 3.350 mètres carrés et comprend : la salle des silos, d'une hauteur de 49 mètres; la salle des chaudières, d'une hauteur de 40 mètres, ainsi que la salle des machines d'une hauteur de 27 mètres.

L'ossature principale est constituée de portiques à nœuds rigides. Le poids total des charpentes métalliques est d'environ 2.800 tonnes.

### Projets de normes pour l'établissement d'un système de module pour la coordination des dimensions des constructions (juin et juillet 1947)

L'Institut Belge de Normalisation (I.B.N.) vient de faire un grand pas vers la standardisation dans le bâtiment en soumettant à l'enquête publique un système de module à utiliser dans la construction.

Après l'énoncé des directives fondamentales sur lesquelles se base l'étude, le système de référence trirectangle, le rapport préliminaire propose le module de 10 cm qui présente l'avantage de se raccorder au système métrique. L'importance de ce projet de norme dépendra de l'application que l'industrie du bâtiment en fera. Elle doit conduire à une simplification sensible et à une réduction appréciable du coût. Les producteurs et constructeurs auront intérêt à en étudier les répercussions sur leur industrie.

Un second rapport donne l'application de ces directives à la maçonnerie, chaque dimension, augmentée de l'épaisseur du joint, devant correspondre à un multiple du module; de ce fait, les ouvertures et les baies auront automatiquement des dimensions multiples de ce module. Ce rapport est suivi d'un tableau donnant, après rappel des notions fondamentales du système de tolérance I. S. A. (NBN 101), les tolérances sur la maçonnerie après exécution.

(1) Voir *L'Ossature Métallique*, 1/2-1946, pp. 23-28.



# Bibliothèque

Nouvelles entrées (1)

## Metal working and heat treatment manual (Manuel d'usinage et de traitements thermiques des métaux). Vol. I et II

par F. JOHNSON

Deux volumes reliés, constituant un ensemble de 430 pages, format 14 × 22 cm, illustrés de 184 figures. Edités par Paul Elek Ltd Londres, 1945. Prix : 2 × 17 sh. 6 d. (envoyés par le British Council).

L'importance des traitements thermiques et mécaniques des métaux est actuellement reconnue par tout ingénieur s'intéressant à la métallurgie. Cependant l'empirisme règne encore trop souvent dans les ateliers de mécanique.

L'ouvrage du Dr Johnson vient donc à son heure. Le premier volume de son travail traite des traitements thermiques des aciers au carbone et des essais mécaniques des métaux. Le second volume est consacré aux traitements thermiques des aciers alliés, fontes et alliages non ferreux.

Ecrit par un métallurgiste possédant une longue expérience, l'ouvrage donne aux ingénieurs un outil de travail, dont les chapitres sur la trempe et le durcissement superficiel des métaux soulignent l'utilité.

## Publications de l'Union des Métiers Suisses

Nous avons reçu les deux publications suivantes :

- a) Die Metallindustrie (Industrie des Métaux);
- b) Die Maschinenindustrie (Industrie des Machines).

Ces deux brochures sont éditées par les Editions Hauenstein à Olten, 1946. Prix: 4,40 francs suisses chacune.

L'ouvrage *L'Industrie des Métaux* traite principalement de l'industrie sidérurgique, en passant en revue l'élaboration de l'acier à travers les âges, le travail de celui-ci, avec les divers types d'employés occupés.

L'ouvrage *L'Industrie des Machines* contient d'intéressantes données sur l'emploi des machines dans les diverses branches de l'industrie.

Les deux publications sont bien présentées et se lisent facilement.

(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).

## Instruction sur la soudure à l'arc électrique

Une brochure de 20 pages, format 15 × 23 cm, illustrée de 16 figures. Editée par le Ministère français des Travaux publics et des Transports, Paris, 1946.

La présente instruction indique les principales règles à observer pour l'établissement des projets des charpentes et des ponts métalliques comportant des assemblages soudés à l'arc électrique.

## Dictionnaire des termes récents, symboles et abréviations

par F. BODSON

Un volume relié de 240 pages, format 14 × 19 cm. Edité par la Société Editec, Bruxelles. Prix en souscription : 250 francs.

Les termes récents et néologismes employés par les spécialistes dans les diverses branches de la science du génie civil, rendent la compréhension des textes techniques de plus en plus difficile.

L'ouvrage de M. Bodson, architecte, ancien professeur de construction civile, qui paraît sous la forme d'un dictionnaire encyclopédique donne les définitions précises des termes les plus importants employés notamment dans le domaine de l'architecture et du génie civil. Cet ouvrage reprend d'autre part les définitions précises les plus récentes concernant les unités de mesure et leurs symboles.

L'ouvrage est divisé en deux grands groupes :

I. — Unités de grandeurs.

II. — Généralités, sciences, matériaux, procédés.

Les termes faisant partie du second groupe sont classés suivant les rubriques suivantes :

Biographies — Sciences — Architecture et Construction — Matériaux pierreux — Matériaux ligneux — Métaux — Verrerie — Liants — Bétons — Hydrocarbures — Matériel — Chaleur — Eau — Air — Acoustique — Lumière — Electricité — Matières plastiques — Textiles — Peinture.

Le dictionnaire de M. Bodson, fruit de longues et minutieuses recherches, rendra de précieux services à ceux qui le consulteront. La compétence de l'auteur et de ses collaborateurs, est une garantie de la définition correcte des termes, très souvent accompagnés de leur étymologie. Le volume qui paraît (le premier d'une série de plusieurs) contiendra environ 750 termes.



# Bibliographie

## 20.13. — Renforcement du pont Bronx-Whitestone

*The Engineer*, 20 juin 1947, pp. 532 à 535, 7 fig.

Afin de faire face à l'augmentation continuelle de la circulation qui s'était fait sentir depuis sa construction en 1939, on a décidé de raidir le pont Bronx-Whitestone, situé dans la cité de New-York.

Ce pont comprend une travée centrale de 701 mètres et deux travées latérales de 233 mètres. Sa longueur totale est de 1.167 mètres entre les blocs d'ancrage. Il faut encore ajouter deux viaducs d'approche de 376<sup>m</sup>70 et 648<sup>m</sup>50.

Le tablier portait une chaussée prévue pour quatre files de véhicules. Le volume du trafic sur le pont Bronx-Whitestone était basé sur une enquête préliminaire et son système portant calculé en conséquence. Deux ans après sa mise en service, le trafic a enregistré un accroissement notable, par rapport aux prévisions. A titre d'information, citons que rien que pendant le mois de décembre 1941, 517.000 véhicules ont traversé le pont.

Lors de l'étude du pont Bronx-Whitestone, il n'a pas été tenu compte des oscillations produites par l'action dynamique du vent. Toutefois, depuis 1941, il est apparu que des mesures devaient être prises pour réduire les oscillations perturbatrices dues aux effets aérodynamiques du vent. Le vent déterminant, dans la travée centrale, des mouvements verticaux d'ondulation d'une amplitude assez élevée, il fut décidé d'augmenter la raideur verticale des deux poutres de rigidité du pont. Le renforcement des poutres de rigidité fut réalisé par l'adjonction aux poutres existantes d'une membrure supérieure en treillis, l'ensemble constituant ainsi un puissant système en treillis, dont la poutre initiale forme la membrure inférieure.

Par ailleurs, les deux voies carrossables ont été élargies par l'élimination des trottoirs. Cette modification permet la circulation de trois files de véhicules par chaussée. Enfin, la dalle en béton servant de trottoir a été enlevée et remplacée par un quadrillage métallique galvanisé. *Les ouvertures du quadrillage diminuent la surface offerte au vent*, ce qui aura pour effet de réduire les perturbations aérodynamiques.

## 31.2. — Construction d'un magasin soudé. Toiture en tôles d'acier ondulées à angles presque droits

*The Modern Engineer*, 20 juin 1947, pp. 131-132, 7 fig.

Grâce à la simplicité de la soudure, une ossature avec toiture métallique peut être érigée sur de grandes étendues, évitant les poutres de contreventement ou croisillons que l'on utilise par-

fois dans les constructions ordinaires. Un exemple typique de ce genre de construction soudée est celui d'un nouvel immeuble commercial à Melbourne. La toiture se compose de tôles de 1 mm d'épaisseur, ondulées à angles presque droits et s'emboîtant correctement pour la facilité du transport. Ces tôles, en forme de panneaux, mesurent 2<sup>m</sup>55 × 0<sup>m</sup>60. Lors du montage, on les soude bout-à-bout, de façon à couvrir toute la surface de la toiture plate du bâtiment. Elle couvre une surface étanche de 22<sup>m</sup>70 × 42<sup>m</sup>60. Cette toiture repose sur des profils I normaux, servant de solives horizontales sur une longueur continue de 42<sup>m</sup>60. Cette portée a été obtenue en soudant bout-à-bout plusieurs profils et en plaçant les joints de soudure au-dessus des fermes sur lesquelles elles reposent. Pour ces fermes, on a choisi des profils I de 200 mm de hauteur d'âme, soudés bout-à-bout. Leurs joints de soudure reposent sur la tête des poutrelles en acier de 4<sup>m</sup>35 de hauteur, formant colonnes. Les extrémités des traverses reposent, par intermédiaire d'un plat soudé, sur les murs de façade.

Les tôles de la toiture sont fixées par des boudons soudés aux solives, de sorte que toute la construction est complètement en acier soudé, à l'exception des murs verticaux, qui sont en maçonnerie.

## 37.4. — Sonnette de battage pour pieux tubulaires

*Construction Methods*, août 1947, pp. 96-168, 5 fig.

Aux Etats-Unis on a mis au point une sonnette de battage montée sur ponton pour le fonçage de pieux en tubes d'acier. Les tubes métalliques d'une épaisseur de 20 mm ont 600 mm de section et 30 mètres de longueur. On a exécuté notamment les huit piles du pont Garrison Dam, comportant neuf travées de 45 mètres de longueur. Chacune des huit piles repose sur quinze tubes en acier. Trois d'entre elles sont enfoncées verticalement, les douze pieux restants ayant un fruit de 1 sur 3 car les piles devront résister aux courants chargés de glaçons.

Les tronçons de quinze mètres de longueur ont été soudés bout à bout au fur et à mesure du battage. La force portante de chaque pieu est de 150 à 180 tonnes. On employa l'injection d'eau et d'air comprimé pour faciliter l'enfoncement.

Les guides de battage ont 21<sup>m</sup>30 de hauteur; fixés en deux points mobiles, ces guides peuvent prendre toutes les inclinaisons nécessaires, transversales et longitudinales.

En outre, les parties inférieures des guides de battage sont susceptibles d'extension télescopique.

Ce matériel permet de battre les tubes sous n'importe quel angle, avec des vitesses de battage et des précisions de mise en place inconnues à ce jour.

# Table des Matières

Tome XII. Janvier-Décembre 1947

## Classement méthodique

	Pages		Pages
<b>Calculs, théories, études générales, essais</b>		<b>Concours d'architecture pour la construction d'un immeuble de bureaux à Bruxelles :</b>	
Calcul (Bases du) des assemblages par points soudés, par A. JOUKOFF . . . . .	438	Considérations générales, par Eug. FRANÇOIS . . . . .	203
Essais de corrosion naturelle de longue durée sur divers aciers de construction dans l'air atmosphérique et dans différentes eaux de mer et rivières . . . . .	167	Objet et programme du concours . . . . .	205
Essais de corrosion atmosphérique (Résultat des) de longue durée sur aciers protégés par peinture, exécutés en Belgique, par J. LAGASSE . . . . .	482	Projet de l'architecte Yvan Blomme . . . . .	207
Flexions secondaires dans les tirants métalliques, par C. WETS et A. PADUARI . . . . .	287	Projet de l'architecte G. Ricquier . . . . .	214
Normalisation des boulons, écrous et rivets en Belgique, par Ed. DRUGMANT . . . . .	77	Projet des architectes L. Loschetter et P. Reuter . . . . .	222
Recherches expérimentales sur modèles de l'ossature du Palais des Soviets (Moscou), par N. V. KORNOUKHOV, P. M. VARVAK et V. G. CHUDNOVSKY . . . . .	85	Projet de l'architecte Sta. Jasinski . . . . .	228
Règles pour le dimensionnement des assemblages et liaisons par rivets et boulons, par J. NICOLAÏ DE GORIEZ . . . . .	434	Projet de l'architecte M. Brunfaut . . . . .	235
Résolutions de systèmes d'équations simultanées à un grand nombre d'inconnues, par W. KERKHOES . . . . .	187	Projet de l'architecte L. de Vestel . . . . .	241
Spécifications (Nouvelles) de l'American Institute of Steel Construction (A. I. S. C.) . . . . .	273	Construction de halls industriels, par A. ALBRECHT . . . . .	161
Spécifications belges des aciers pour construction soudée; Note introductive, par R.-A. NIHOUL . . . . .	35	Gare (Nouvelle) d'Amsterdam-Amstel, par C. F. B. LEMAIRE . . . . .	303
Théorie de la flexion, torsion et flambage des barres à parois minces et à section ouverte, par St. P. TIMOSHENKO . . . . .	328, 376	Hangar de grande portée pour le terrain d'aviation de l'Institut national espagnol de la Technique aéronautique . . . . .	317
Applications à quelques cas particuliers, par Ch. MASSONNET . . . . .	524	Magasins Jelmoli, à Zurich . . . . .	459
<b>Constructions à ossature</b>		Reconstruction de Manhattan, par L. G. RUCQUOI . . . . .	255
Cabinet des Estampes (Nouveau) de la Bibliothèque Nationale à Paris . . . . .	401	Théâtre (Nouveau) municipal de Malmö . . . . .	349
		Tubes d'acier dans la construction des charpentes, par F. INDACO . . . . .	155
		<b>Constructions provisoires</b>	
		Cintre métallique du pont des Arches, à Liège, par A. HORMIDAS . . . . .	371
		Cintres (Grands) en tubes d'acier à Nogent-sur-Marne, par O. LEDUC . . . . .	74
		Cintres métalliques (Emploi de) dans l'établissement de grandes voûtes en béton, par C. F. B. LEMAIRE . . . . .	105
		<b>Ponts</b>	
		Construction d'un pont provisoire sur la Meuse, à Liège, par A. HORMIDAS . . . . .	67





	Pages
Ponts provisoires en poutres à âme pleine	83
Construction du pont Arpád, sur le Danube à Budapest, par Ch. SZÉCHY . . .	443
Entretien (Développements récents dans l') des ponts métalliques de portée moyenne, par D. J. DAVIES . . . . .	429
Ponts en auge de Vedeggio et du Trodobach (Suisse), par C. F. KOLLBRUNNER et O. WICHSER . . . . .	344
Ponts basculants de faible portée, par L. MAES . . . . .	509
Pont sur le Derwent River à Hobart (Tasmanie) . . . . .	278
Pont (Nouveau) sur le Hawkesbury River (Australie) . . . . .	63
Pont Reine Alexandrine au Danemark . . . . .	322
Pont-route sur le Rhône, à Granges (Suisse), par A. LAMBOTTE . . . . .	426
Ponts-routes (Nouveaux) sur le Sihlsee (Suisse), par O. WICHSER . . . . .	266
Pont Sainte-Rose à Montréal (Canada) . . . . .	422
Pont de Tortosa sur l'Ebre (Espagne) . . . . .	279
Reconstruction du pont de Crémone (Italie) . . . . .	367
Reconstruction du pont-route de la Mulatière, à Lyon (France) . . . . .	81
Reconstruction du ponton du Steen à Anvers, par A. BRAECKMAN . . . . .	449
Reconstruction du viaduc de Caronte (France) . . . . .	427
Relevage du pont de Pyrimont . . . . .	409
Utilisation des poutres métalliques évidées et soudées pour la réalisation du viaduc Nord de la Jonction Nord-Midi, à Bruxelles, par J. VERDEYEN . . . . .	471

#### Classement par noms d'auteur

A. ALBRECHT. — La construction de halls industriels . . . . .	461
Y. BLOMME. — Projet d'architecture pour la construction d'un immeuble de bureaux à Bruxelles . . . . .	207
A. BRAECKMAN. — La reconstruction du ponton du Steen, à Anvers . . . . .	449

	Pages
<b>Transports</b>	
Tendances (Nouvelles) dans la construction du matériel roulant en Belgique, par J. LOURTIE . . . . .	22
<b>Divers</b>	
Acier dans les constructions agricoles . . . . .	417
Assemblée générale annuelle du Centre belgo-luxembourgeois d'Information de l'Acier . . . . .	180
Bassins de natation en acier . . . . .	468
Château d'eau sphérique . . . . .	424
Chevalement (Nouveau) au puits Marie-José des Charbonnages de Maurage, par J. F. VAN DER HAEGHEN . . . . .	10
Cinéma des Galeries, à Bruxelles . . . . .	457
Constructions tubulaires, par C. et P. MOLITOR . . . . .	55
Ferronnerie d'art, œuvre d'architecture, par P. L. FLOUQUET . . . . .	1
Jouets métalliques (Aperçu sur la technique des), par F. LEBBE . . . . .	283
Nacelle sphérique du bathyscaphe des professeurs Piccard et Cosyns . . . . .	495
Pavillon de la Société Ciba à la Foire de Bâle . . . . .	480
Pylônes en croix pour supports de caténaïres, par M. DE SAEGHER et J. VERDEYEN . . . . .	512
Progrès réalisés dans la construction des molettes de chevalement depuis 1875, par A. LAMBOTTE . . . . .	358
Salon international de la recherche scientifique et du contrôle industriel, Liège 1947, par F. CAMPUS . . . . .	501



	Pages		Pages
P. M. VARVAK. — Recherches expérimentales sur modèles de l'ossature du Palais des Soviets (Moscou) . . . . .	85	F. LEBBE. — Aperçu sur la technique des jouets métalliques . . . . .	283
D. J. DAVIES. — Développements récents dans l'entretien des ponts métalliques de portée moyenne . . . . .	129	O. LEDUC. — Grands cintres en tubes d'acier à Nogent-sur-Marne (France) . . . . .	74
M. DE SAEGHER et J. VERDEYEN. — Pylônes en croix pour support de caténaïres . . . . .	512	C. F. B. LEMAIRE. — L'emploi des cintres métalliques dans l'établissement de grandes voûtes en béton . . . . .	105
L. DE VESTEL. — Projet d'architecture pour la construction d'un immeuble de bureaux à Bruxelles . . . . .	241	C. F. B. LEMAIRE. — La nouvelle gare d'Amsterdam-Amstel . . . . .	303
Ed. DRUGMANT. — La normalisation des boulons, écrous et rivets en Belgique . . . . .	77	L. LOSCHETTER et P. REUTER. — Projet d'architecture pour la construction d'un immeuble de bureaux à Bruxelles . . . . .	222
P. L. FLOUQUET. — La ferronnerie d'art, œuvre d'architecture . . . . .	1	J. LOURTIE. — Nouvelles tendances dans la construction du matériel roulant en Belgique . . . . .	22
Eug. FRANÇOIS. — Concours d'architecture pour la construction d'un immeuble de bureaux à Bruxelles (Considérations générales) . . . . .	203	L. MAES. — Les ponts basculants de faible portée . . . . .	509
A. HORMIDAS. — Le cintre métallique du pont des Arches à Liège . . . . .	371	Ch. MASSONNET. — Applications de la théorie du flambage des barres à parois minces à quelques types particuliers de sections droites . . . . .	524
A. HORMIDAS. — Construction d'un pont provisoire sur la Meuse, à Liège . . . . .	67	C. et P. MOLITOR. — Les constructions tubulaires . . . . .	55
F. INDACO. — Le tube d'acier dans la construction des charpentes . . . . .	155	J. NICOLAÏ DE GORHEZ. — Règles pour le dimensionnement des assemblages et liaisons par rivets et boulons . . . . .	434
Sta. JASINSKI. — Projet d'architecture pour la construction d'un immeuble de bureaux à Bruxelles . . . . .	228	R. A. NIHOUL. — Spécifications belges des aciers pour construction soudée; Note introductive . . . . .	35
A. JOUKOFF. — Bases du calcul des assemblages par points soudés . . . . .	138	A. PADUART et C. WEIS. — Flexions secondaires dans les tirants métalliques . . . . .	287
W. KERKHOF. — Résolution de systèmes d'équations simultanées à un grand nombre d'inconnues . . . . .	187	P. REUTER et L. LOSCHETTER. — Projet d'architecture pour la construction d'un immeuble de bureaux à Bruxelles . . . . .	222
C. F. KOLLBRUNNER et O. WICHSER. — Les ponts en auge de Vedeggio et du Trodobach (Suisse) . . . . .	311	G. RICQUIER. — Projet d'architecture pour la construction d'un immeuble de bureaux à Bruxelles . . . . .	214
N. V. KORNOUKHOV, P. M. VARVAK et V. G. CHUDNOVSKY. — Recherches expérimentales sur modèles de l'ossature du Palais des Soviets (Moscou) . . . . .	85	L. G. RUCQUOI. — La reconstruction de Manhattan . . . . .	255
J. LAGASSE. — Résultats des essais de corrosion atmosphérique de longue durée sur aciers protégés par peinture, exécutés en Belgique . . . . .	482	Ch. SZÉCHY. — Construction du pont Arpád sur le Danube à Budapest . . . . .	413
A. LAMBOTTE. — Pont-route sur le Rhône à Granges (Suisse) . . . . .	126	S. P. TIMOSHENKO. — Théorie de la flexion, torsion et flambage des barres à parois minces et à section ouverte . . . . .	328, 376
A. LAMBOTTE. — Progrès réalisés dans la construction des molettes de chevalement depuis 1875 . . . . .	358	J. F. VAN DER HAEGHEN. — Nouveau chevalement au puits Marie-José des Charbonnages de Maurage . . . . .	10



Pages	Pages
P. M. VARVAK, N. V. KORNOUKHOV et V. G. CHOUDNOVSKY. — Recherches expérimentales sur modèles de l'ossature du Palais des Soviets (Moscou) . . . . .	85
J. VERDEYEN. — Utilisation des poutres métalliques évidées et soudées pour la réalisation du viaduc Nord de la Jonction Nord-Midi à Bruxelles . . . . .	471
J. VERDEYEN et M. DE SAEGHIER. — Pylônes en croix pour supports de caténaires . . . . .	512
C. WETS et A. PADUART. — Flexions secondaires dans les tirants métalliques . . . . .	287
O. WICHSER. — Nouveaux ponts-routes sur le Sihlsee (Suisse) . . . . .	266
O. WICHSER et C. F. KOLLBRUNNER. — Les ponts en auge de Vedeggio et du Trodobach (Suisse) . . . . .	311

## Chronique

### 1. Activité des Associations Scientifiques et Techniques

Activité de l'Institut belge de Normalisation . . . . .	498
Centenaire de l'Association des Ingénieurs sortis de l'Université de Liège (A. I. Lg.) . . . . .	151, 533
Concours d'architecture organisé par le Centre belgo-luxembourgeois d'Information de l'Acier . . . . .	50, 97, 345
Conférences de M. R. A. Nihoul . . . . .	50, 97, 445
Congrès (X <sup>e</sup> ) des Centres d'Information de l'Acier. Locarno, du 9 au 12 octobre 1947 . . . . .	534
Congrès de la soudure à Utrecht . . . . .	51
Congrès du Centenaire de l'Association des Ingénieurs sortis de l'Université de Liège (A. I. Lg.) . . . . .	533
Congrès national de l'Habitation et du Logement . . . . .	51
Création d'un Centre belge de Métallurgie physique . . . . .	98
Exposition internationale du Matériel didactique moderne à Bruxelles . . . . .	391
Exposition internationale de l'Urbanisme et de l'Habitation à Paris . . . . .	390
Exposition des projets primés au concours d'Architecture organisé par le Centre belgo-luxembourgeois d'Information de l'Acier . . . . .	345
Journées sidérurgiques au Luxembourg . . . . .	343
Réunion du Comité permanent de l'Association internationale des Ponts et Charpentes (A. I. P. C.), à La Haye, les 9 et 10 mai 1947 . . . . .	297
Salon de l'Agriculture à Bruxelles . . . . .	497
Session (XIV <sup>e</sup> ) de l'Association internationale des Congrès des Chemins de Fer . . . . .	344

### 2. Emploi de l'acier dans les ponts

Achèvement du platelage du pont suspendu George Washington . . . . .	249
Méthodes rapides pour ajuster les diagonales d'un pont à nœuds non rigides . . . . .	395
Reconstruction du pont de Hérenthals . . . . .	346
Utilisation des ponts Bailey en temps de paix . . . . .	393

### 3. Emploi de l'acier dans les chemins de fer

Travaux de la Jonction Nord-Midi à Bruxelles . . . . .	444
--	-----

### 4. Emploi de l'acier dans le bâtiment

Bâtiments (Nouveaux) de la S. A. Baume et Merpent . . . . .	152
Construction de la nouvelle chaufferie de la Centrale de Langerbrugge . . . . .	491
Echafaudages tubulaires . . . . .	491
Escaliers métalliques . . . . .	392
Inauguration de la « Maison du Jour », à Stockel . . . . .	50
Maisons métalliques en Angleterre . . . . .	151
Maisons préfabriquées à Brest . . . . .	394

Montage de l'ossature de la Centrale de Monceau . . . . .	537
Travaux de soudure à la nouvelle Chambre des Communes à Londres . . . . .	48

### 5. Emploi de l'acier dans les réservoirs

Construction soudée de tanks métalliques à pétrole, en U. R. S. S. . . . .	98
--	----

### 6. Emploi de l'acier dans les appareils de manutention

Grues du môle de Zeebrugge . . . . .	346
--------------------------------------	-----

### 7. Renseignements économiques

Industrie sidérurgique australienne . . . . .	51
Industrie sidérurgique polonaise . . . . .	98
Marché de l'acier pendant les mois d'octobre et novembre 1946 . . . . .	49
Marché de l'acier pendant le mois de décembre 1946 . . . . .	96
Marché de l'acier pendant le mois de janvier 1947 . . . . .	150
Marché de l'acier pendant le mois de février 1947 . . . . .	196
Marché de l'acier pendant le mois de mars 1947 . . . . .	247
Marché de l'acier pendant le mois d'avril 1947 . . . . .	295
Marché de l'acier pendant le mois de mai 1947 . . . . .	342
Marché de l'acier pendant les mois de juin et juillet 1947 . . . . .	389
Marché de l'acier pendant le mois d'août 1947 . . . . .	442
Marché de l'acier pendant le mois de septembre 1947 . . . . .	489
Marché de l'acier pendant le mois d'octobre 1947 . . . . .	532

### 8. Divers

A la mémoire de M. Gaston Barbanson . . . . .	248
Commémoration d'Auguste Goffart à la S. A. Aciéries et Minières de la Sambre, Monceau-sur-Sambre, Belgique . . . . .	490
Construction d'une installation de traitement de minerai au Congo belge . . . . .	394
Emploi de la tôle émaillée aux Etats-Unis . . . . .	98
Il y a dix ans . . . . .	98, 445
Lancement de la malle-poste « Prince Philippe » . . . . .	491
Les clous ont 3.000 ans d'âge . . . . .	197
Mort du Baron Victor Horta . . . . .	445
Nominations aux A. R. B. E. D. . . . .	296
Projet de normes pour l'établissement d'un système de module pour la coordination des dimensions des constructions . . . . .	537
Règlements américains (Nouveaux) concernant les constructions métalliques . . . . .	51
Résistance au feu des constructions . . . . .	248
Translation des cendres de John Cockerill . . . . .	442



## Bibliothèque

	Pages		Pages
A. B. C. de la Métallurgie, par Marcel Longy . . . . .	250	Dictionary of engineering terms (Dictionnaire des termes employés dans l'art de l'ingénieur), par <b>A. H. Sandy</b> . . . . .	53
Alliages métalliques, par <b>Léon Guillet</b> . . . . .	153	Dictionnaire technique illustré (chap. II. Fleuves, rivières, canaux; chap. III. Signalisation maritime)	251
Année ferroviaire 1947 . . . . .	447	Dictionnaire des termes récents, symboles et abréviations, par <b>F. Bodson</b> . . . . .	538
Annuaire bleu (Annuaire du Commerce international)	398	Eiffel, par <b>P. Peissi</b> . . . . .	52
Annuaire général du Bâtiment, des Travaux publics et des Industries qui s'y rattachent . . . . .	53, 447	Elasticidad con aplicación a la técnica de la construcción (L'élasticité avec application à la technique de la construction), par <b>Ed. Torroja</b> . . . . .	401
Architecture préfabriquée, par <b>Pol Abraham</b> . . . . .	200	Elektrody Instytutu Elektro-svarki Akademij Nauk U. S. S. R. (Electrode de l'Institut d'électrosoudure de l'Académie des Sciences d'Ukraine), par <b>E. O. Patton</b> . . . . .	252
Ares, voûtes, coupôles, par <b>L. Goethals</b> . . . . .	101	Engineers' Technical Dictionary (Dictionnaire technique anglais-français pour ingénieurs), par <b>M. Lvoff</b> . . . . .	200
Art (Numéro hors série de <i>L'Architecture d'aujourd'hui</i> ) . . . . .	400	Estructuras mixtas y el puente de Tordera (Les constructions mixtes et le pont de Tordera), par <b>Ed. Torroja</b> . . . . .	401
Au fil du rail, par <b>F. Lebbe</b> . . . . .	301, 398	Estudio de un muro de contención (Etude d'un mur de soutènement), par <b>Ed. Torroja</b> . . . . .	401
Ausbeulen der auf einseitigen gleichmässig verteilten Druck beanspruchten Platten im elastischen und plastischen Bereich (Voilement des tôles comprimées uniformément et unilatéralement, dans le domaine élastique et plastique), par <b>C. F. Kollbrunner</b> . . . . .	153	Experimentalnoje issledovanije processa avtomaticheskoy svarki pod slojem flussa (Recherches expérimentales relatives au processus de la soudure automatique sous une couche de poudre), par <b>E. O. Patton</b> . . . . .	401
Avtomaticheskaja svarka pod flussom strojtelnikh metallokonstruktzij (Soudure automatique sous une couche de poudre des constructions métalliques), par <b>E. O. Patton</b> . . . . .	101	Instruction sur la soudure à l'arc électrique . . . . .	538
Avtomaticheskaja svarka pod flussom naklonnym elektrodom (Soudure automatique sous une couche de poudre, au moyen d'électrodes inclinées), par <b>B. I. Médovar</b> . . . . .	492	Invoed van de atmosfeer en de warmtebehandeling bij het electricisch lasschen (Influence de l'atmosphère et du traitement à chaud dans la soudure électrique), par <b>R. G. Geerlings</b> . . . . .	400
Avtomaticheskaja svarka v soudostrojenij (Soudure automatique en construction navale), par <b>E. O. Patton</b> . . . . .	101	Introduction à la géométrie des nombres complexes, par <b>R. Deaux</b> . . . . .	447
Belgica-América Latina. Las industrias belgas de exportación (Belgique-Amérique latine. Les industries belges d'exportation) . . . . .	53	Leçons sur la physique interne des matériaux (2 <sup>e</sup> partie: Doctrine), par <b>G. A. Homès</b> . . . . .	446
Berechnung der Stockwerkrahmen (Le calcul des cadres à étages), par <b>B. Ulrich</b> . . . . .	53	Le Creusot, par <b>Jean Chevalier</b> . . . . .	251
British Iron and Steel Directory (Annuaire britannique du fer et de l'acier) . . . . .	446	Lecture du dessin industriel à la portée de tous, par <b>G. Fontaine</b> . . . . .	250
Cálculo das estruturas no espaço pelo método de Cross (Calcul des constructions dans l'espace par la méthode de Cross), par <b>F. J. Sarmiento Correia de Araújo</b> . . . . .	251	Machinenindustrie (Industrie des machines) . . . . .	538
Cálculo rápido de arcos empotrados (Calcul rapide d'arcs encastrés), par <b>E. Torroja Miret</b> et <b>F. Garcia Monje</b> . . . . .	399	Manuel de la soudure à l'arc (2 <sup>e</sup> édition), par <b>Ch. Meller</b> . . . . .	201
Catalogue des aciers pour la construction mécanique, par la Commission mixte des Aciers (C. M. A.) . . . . .	252	Manuel moderne de soudure autogène oxyacétylénique (3 <sup>e</sup> édition), par <b>R. Granjon</b> et <b>R. Meslier</b> . . . . .	347
Centenaire des Chemins de fer suisses . . . . .	492	Manual of design for arc welded steel structures (Manuel de calcul pour constructions métalliques soudées à l'arc), par <b>La Motte-Grover</b> . . . . .	99
Centenaire de la ligne Ostende-Douvres, par <b>Albert de Burbure de Wesembeek</b> . . . . .	397	Matières premières nouvelles, par <b>P. M. Röwde</b> . . . . .	153
Chambers's Technical Dictionary (Dictionnaire technique Chambers) . . . . .	396	Mechanical testing of metallic materials (Essais mécaniques des matériaux métalliques), par <b>R. A. Beaumont</b> . . . . .	201
Chauffage des habitations, par <b>A. Missenard</b> . . . . .	397	Memorial Técnico (Aide-Mémoire technique), (5 <sup>e</sup> édition), par <b>L. Mazzocchi</b> . . . . .	399
Chemins de fer en France . . . . .	398	Metallindustrie (Industrie des métaux) . . . . .	538
Chemins de fer suisses au cours d'un siècle (1841-1941) (2 <sup>e</sup> édition), par <b>E. Mathys</b> . . . . .	101	Metallurgical Materials, Alloys and Manufacturing processes (Produits métallurgiques, alliages et procédés de fabrication), par <b>V. N. Wood</b> . . . . .	396
Comprobación y comportamiento de una estructura laminar (Vérification et comportement d'une construction lamellaire), par <b>E. Torroja</b> . . . . .	101	Metal working and heat treatment manual (Manuel d'usinage et de traitements thermiques des métaux). Vol. I et II, par <b>F. Johnson</b> . . . . .	538
Compte rendu des recherches effectuées en 1944-1945 et en 1945-1946 par les Laboratoires du Bâtiment et des Travaux publics . . . . .	396	Mission d'études de l'industrie des fabrications métalliques aux U. S. A. (Volume I. Rapport de la section de la construction métallique et de la sidérurgie; Volume II. Organisation et équipement des ateliers de construction métallique; Volume III. Rapport de la section de la construction métallique) . . . . .	300
Conoscere il vetro (Connaître le verre) . . . . .	101	Modellversuche über die Knickfestigkeit der Druckgurte offener Fachwerkbrücken mit trapezförmigen	
Construcciones Metálicas (Constructions métalliques), par <b>F. Rodriguez Avial Azcundaga</b> . . . . .	397		
Costruire in acciaio (Construire en acier) . . . . .	492		
Cours pratique de soudure et d'oxycoupage à l'arc (5 <sup>e</sup> édition) . . . . .	400		
Desarrollo de las Obras Públicas en España (Développement des travaux publics en Espagne), par <b>Alphonso Peña Boeuf</b> . . . . .	252		
Dessins techniques . . . . .	152		



Pages	Pages		
Hauptträger (Essais sur modèles concernant le flambement des membrures comprimées dans les ponts en treillis à tablier inférieur et à maîtresses-poutres trapézoïdales), par <b>W. Schibler</b> . . . . .	153	Répertoire officiel de la production luxembourgeoise . . . . .	398
Movable and long span steel bridges (Ponts de grande portée et ponts mobiles en acier) (2 <sup>e</sup> édition), par <b>G. A. Hool</b> et <b>W. S. Kinne</b> . . . . .	250	Resistance Welding Manual (Manuel de soudure par résistance) . . . . .	400
Normes de qualité pour les aciers soudables, par la Commission mixte des Aciers (C. M. A.) . . . . .	252	Séjourné, Paul (1851-1939), par <b>A. Jouret</b> . . . . .	204
Nouveaux systèmes de ponts métalliques pour les colonies, par <b>E. J. Devroey</b> . . . . .	447	Soudure électrique, par <b>Fr. Ulrich</b> et <b>K. Gloor</b> . . . . .	152
Novojé v avtomaticheskoy skorostnoj svarkjé pod slojem flussa (Du nouveau dans la soudure automatique sous une couche de poudre), par <b>S. A. Ostrovkaja</b> et <b>B. I. Médovar</b> . . . . .	252	Stabilität der Platten im plastischen Bereich (La stabilité des tôles dans le domaine plastique), par <b>C. F. Kollbrunner</b> et <b>G. Herrmann</b> . . . . .	492
Novyjé svarotchnyjé avtomaty Instituta Elektrosvarki (Postes de soudure automatique de l'Institut d'électro-soudure), par <b>P. Sevbo</b> et <b>W. Patton</b> . . . . .	252	Standard Methods of analysis of iron, steel and ferroalloys (Méthodes standards d'analyse chimique du fer, de l'acier et des alliages ferreux) . . . . .	200
Palplanches métalliques Rodange . . . . .	200	Steel hardening, tempering and annealing (Trempe, revenu et recuit de l'acier), par <b>J. J. Hall</b> . . . . .	204
Philips Resistance Welding Handbook (Manuel de soudure par résistance Philips) . . . . .	396	Structural Steelwork for Buildings (Constructions métalliques pour bâtiments) (2 <sup>e</sup> édition), par <b>H. P. Smith</b> . . . . .	304
Polouavtomaticheskaja elektrodugovaja svarkaougolnym elektrodom (Soudure à l'arc semi-automatique, avec électrode en graphite), par <b>M. I. Chatalbashjan</b> . . . . .	252	Svarotchnijé golovki i pitanjé ikh tokom (Soudeuses automatiques et leur alimentation en courant), par <b>B. E. Patton</b> . . . . .	492
Ponts métalliques. Rédaction des projets, par <b>G. Boll</b> . . . . .	200	Tarage des machines d'essai (règlement NBN 149), par <b>L. B. N.</b> . . . . .	447
Port de Gand 1939-1945 . . . . .	204	Technologie van het gassnell lasschen (La technologie de la soudure oxyacétylénique), par <b>F. M. L. Van Horenbeeck</b> . . . . .	304
Poutrelles Grey de Differdange au service des armées alliées, 1944-1945 . . . . .	300	Tragvermögen der Druckgurte offener Fachwerkbrücken mit parallelen Gurtingen (Charges maxima à la compression des poutres de pont en treillis à tablier inférieur et à membrures parallèles), par <b>W. Schibler</b> . . . . .	153
Prélèvement et préparation des échantillons et des éprouvettes (Règlement NBN 148), par <b>L. B. N.</b> . . . . .	447	Traktor dlja skorostnoj svarki (Poste de soudure mobile pour travaux automatiques), par <b>B. E. Patton</b> et <b>E. P. Ostrovsky</b> . . . . .	252
Princípios gerais da teoria matemática da plasticidade e sua aplicação ao cálculo das peças prismáticas (Princípios généraux de la théorie mathématique de plasticité et son application au calcul des pièces prismatiques), par <b>F. J. Sarmiento Correia de Araújo</b> . . . . .	254	Trazado de las vías de comunicación (Tracé des voies de communication), par <b>Alfonso Peña Boeuf</b> . . . . .	252
Problema de la auscultación (Le problème de l'auscultation), par <b>Ed. Torroja</b> . . . . .	404	Trois établissements humains . . . . .	53
Problème actuel du logement, par <b>F. Gosseries</b> . . . . .	397	Unités de mesure scientifiques et industrielles (4 <sup>e</sup> édition), par <b>J. N. Bingen</b> et <b>R. Crombez</b> . . . . .	254
Problème du logement en Belgique . . . . .	397	Urbanisme, par <b>G. Bardet</b> . . . . .	153
Procédés modernes de construction, par <b>M. Barbier</b> . . . . .	153	Variantes modernas en las estructuras de puentes (Variantes modernes dans les constructions de ponts), par <b>Ed. Torroja</b> . . . . .	404
Projections stéréographiques. Détermination du triangle des éléments et du triangle dérivé de G. Césaro, par <b>A. Devresse</b> . . . . .	347	Viaducto Martin Gil (Le viaduc Martin Gil), par <b>Ed. Torroja</b> . . . . .	404
Que vaut l'annonce?, par <b>J. Pieteraerens</b> . . . . .	250	Vierzig Jahre Verband Schweizerischer Brückenbau- und Stahlhochbau-Unternehmungen (40 <sup>e</sup> anniversaire de l'Union des Constructeurs suisses de Ponts et Charpentes) . . . . .	499
Radiographie des soudures . . . . .	304	Vigamentos cruzados ortogonais (Système de poutres croisées à angle droit), par <b>F. J. Sarmiento Correia de Araújo</b> . . . . .	254
Recherches, études et considérations sur les constructions soudées, par <b>F. Campus</b> . . . . .	99	Vlaamsche Bouw- en Aanbestedings-Kalender 1947 (Agenda du bâtiment et des adjudications) . . . . .	254
Recherches sur les propriétés mécaniques des métaux, par <b>M. Prot</b> . . . . .	446	Voprosi svarnogo vagonostrojenija (Problèmes relatifs à la construction soudée des wagons) . . . . .	404
Recueil publié à l'occasion des 70 ans du professeur Patton . . . . .	347	Welding Handbook (Manuel de la soudure) . . . . .	250
Reconstruction française . . . . .	204		

## Bibliographie

Résumé d'articles relatifs aux applications de l'acier . . . . . 54,  
103, 154, 202, 253, 302, 348, 399, 448, 493, 539.

Liste complémentaire des périodiques reçus par le Centre belgo-luxembourgeois d'Information de l'Acier, depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1947 . . . . . 102



P

our tout ce qui concerne

# La Soudure Electrique.



Electrodes  
Transformateurs statiques  
Groupes convertisseurs  
Génératrices & alternateurs  
Groupes électrogènes

Soudeuses par résistance  
Soudeuses par points  
Soudeuses continues  
Soudeuses par rapprochement

Matériel de soudure automatique  
Sous flux électro-conducteur

Agents exclusifs de la  
Société Anonyme Française UNIONMELT à Paris

consultez

## L'AIR LIQUIDE

Société Anonyme

Reg de Commerce Liège, N°1056

**LIÈGE**

Quai Orban, 31.  
Tél: 625.80.

**GAND**

Rameau de Capucins, 5  
Tél: 533.40.

**BRUXELLES**

Rue J.B. de Cock, 71.  
Tél: 26.71.30.

Demandez devis & renseignements sans aucun engagement  
Nos services techniques sont à votre disposition & vous conseilleront utilement.

# Accélérez vos opérations de parachèvement avec une machine à *Deux Vitesses*

Meulage, nettoyage à la brosse métallique, limage, polissage, toutes ces opérations sont accomplies mieux et plus rapidement, quand on a recours à une machine "Wolf" à transmission flexible. Le dispositif de commande à deux vitesses, est à l'abri de toutes pannes et permet d'utiliser des limes rotatives et des outils fraiseurs à 1.200 t.m. et des meuler de formes à 11.500 t.m. Cette machine est soumise des décharges de 1.500 volts et elle est de toute sécurité. En acheter une, c'est faire un placement très productif.

## Wolf

Agents généraux pour la Belgique et le Grand Duché de Luxembourg (Vente en gros et L'épannage):

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

Meuleuse, limeuse et polisseuse électrique "Wolf" à deux vitesses et à transmission flexible (Type FF2).



**FABRICANTS: SOC. ANON. S. WOLF & CO. LTD., LONDRES, ANGLETERRE**

## INDUSTRIELS

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

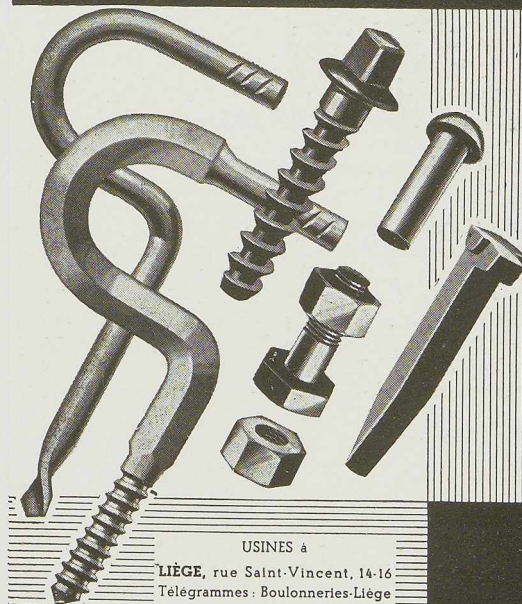


Spécialisé en  
ÉLECTRICITÉ  
MÉCANIQUE  
THERMO-DYNAMIQUE  
GÉNIE CIVIL

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

## STÈME DES BOULONNERIES DE LIÈGE ET DE LA BLANCHISSERIE



USINES à

LIÈGE, rue Saint-Vincent, 14-16

Télégrammes: Boulonneries-Liège

MARCINELLE, rue de Couillet, 82

Télégr.: Boulonneries-Charleroi

SORELFOO

## ATELIERS DE CONSTRUCTION

**PAUL BRACKE** S. P. R. L.

30-40, RUE DE L'ABONDANCE. **BRUXELLES**

Constructeurs spécialisés de

### TRANSPORT ET MANUTENTION

Ponts roulants - Monorails - Palans - Chariots - Moufles - Treuils - Cabestans

### CHARPENTES ET OSSATURES

Toutes réalisations en constructions métalliques

## ABONNEMENTS 1948 A L'OSSATURE MÉTALLIQUE

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

**France et ses Colonies** : 850 francs français, payables au dépositaire général pour la France : Librairie des Sciences GIRARDOT & C<sup>ie</sup>, 27, quai des Grands-Augustins, Paris 6<sup>e</sup> (Compte chèques postaux : Paris n<sup>o</sup> 1760.73).

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

**Autres pays** : 350 francs belges.

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



## INDEX DES ANNONCEURS

	Pages		Pages
<b>A. C. M. T.</b> . . . . .	27	Usines Emile <b>Henricot</b> . . . . .	18
<b>L'Air Liquide</b> . . . . .	31	<b>S. A. Ateliers de Construction Jambes</b>	
<b>Arcos, « La Soudure Electrique Auto-gène »</b> . . . . .	2	<b>Namur</b> . . . . .	22
<b>Ateliers Métallurgiques Nivelles</b> . . . . .	16	<b>Jouret</b> . . . . .	13
<b>B. E. I.</b> . . . . .	36	<b>Laminoirs de Longtain</b> . . . . .	17
Usines <b>Gustave Boël</b> . . . . .	10	<b>Lauffer Frères</b> . . . . .	35
Ateliers de <b>Bouchout et Thirion Réunis</b>	28	<b>Marigrée, Société Commerciale d'Ougrée</b>	7
Mécanique et Chaudronnerie de <b>Bouffioulx, S. A.</b> . . . . .	34	<b>Métalcub</b> . . . . .	33
<b>S. A. des Boulonneries de Liège et de la Blanchisserie</b> . . . . .	36	<b>Nobels-Peelman</b> . . . . .	30
<b>P. Bracke</b> . . . . .	37	<b>L'Oxydrique Internationale</b> . . . . .	12
<b>La Brugeoise et Nicaise &amp; Delcuve</b> couv. . . . .	II	<b>Philips S. A.</b> . . . . . encartage	9
<b>P. &amp; M. Cassart</b> . . . . .	5	<b>Someba</b> . . . . .	8
<b>Cockerill</b> . . . . .	20	<b>Soudométal</b> . . . . .	16
<b>Columeta</b> . . . . . 23-24-25		<b>Sycomom</b> . . . . .	15
<b>Comité national de lutte contre la vie chère</b> . . . . . couv. . . . .	III	<b>John Thienpont S. A.</b> . . . . .	14
<b>Davum</b> . . . . .	11	<b>Titan Anversois</b> . . . . .	29
<b>Alexandre Devis &amp; C<sup>o</sup></b> . . . . .	26	<b>Usines à Tubes de la Meuse</b> . . . . .	32
<b>Electromécanique</b> . . . . .	19	<b>Ucométal</b> . . . . .	21
<b>Société Métallurgique d'Enghien-Saint-Eloi</b> . . . . . couv. . . . .	IV	<b>Union Chimique Belge</b> . . . . .	34
<b>E. S. A. B.</b> . . . . .	9	<b>Ateliers Vanderplanck, S. P. R. L.</b> . . . . .	35
		<b>S. Wolf &amp; C<sup>ie</sup></b> . . . . .	36
		<b>Anciens Ets Paul Würth</b> . . . . .	6