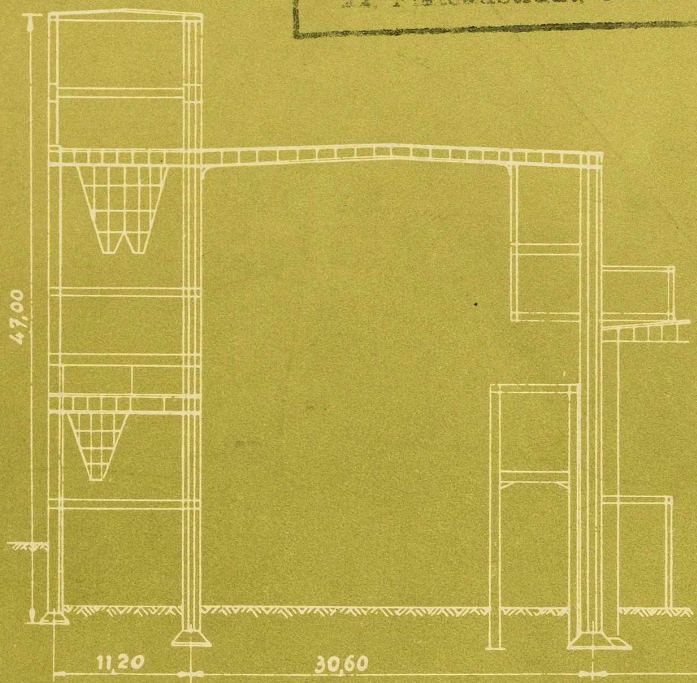


# L'OSSATURE METALLIQUE

UNIVERSITEIT GENT  
 AFDELING voor BOUWKUNST  
 12, Pieterstraat, GENT



14<sup>e</sup> ANNÉE

1

JANVIER  
 1 9 4 9

REVUE MENSUELLE DES APPLICATIONS DE L'ACIER ÉDITÉE PAR  
 LE CENTRE BELGO-LUXEMBOURGEOIS D'INFORMATION DE L'ACIER

SOCIÉTÉ ANONYME  
**LA BRUGEOISE ET  
NICAISE & DELCUVE**



**USINES**  
à St-Michel-lez-Bruges et à La Louvière

# L'OSSATURE MÉTALLIQUE

REVUE MENSUELLE DES APPLICATIONS DE L'ACIER

éditée par

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

154, avenue Louise, Bruxelles - Téléphone : 47.54.99 (2 lignes)

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

14<sup>e</sup> ANNÉE

N° 1

JANVIER 1949

## S O M M A I R E

La charpente métallique de la nouvelle centrale électrique de Monceau, par F. Hébrant . . . . .	1
La construction navale en Belgique, par H. Bersoux & L. Bosschart . . . . .	13
Construction des ponts métalliques, par J. Lourtie . . . . .	20
Tribunes et halls démontables en tubes d'acier, par G. Courtois & P. Hougardy . . . . .	32
Le nouveau bâtiment du laboratoire de recherches physiques des A. C. E. C. à Charleroi . . . . .	37
Normes belges et étrangères en matière d'aciers de construction, par R. Mossoux . . . . .	43
L'acier et ses applications . . . . .	56
<b>CHRONIQUE</b> : Le marché de l'acier pendant le mois de novembre 1948. - Centre électronique Philips. - Le reconstruction des ponts en Norvège. - Soudure automatique sous flux. - Il y a dix ans. - Le travail de la Commission de Corrosion britannique. - Concours de la Lincoln Electric Company. - L'action du vent sur les constructions. - Le nouveau bâtiment de l'O. N. U. . . . .	58
<b>BIBLIOTHÈQUE</b> . . . . .	62
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> . . . . .	65

**ABONNEMENTS 1949** (11 numéros) :

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

**France et ses Colonies** : 1.900 francs français, payables au dépositaire général pour la France : Librairie des Sciences, GIRARDOT & C<sup>ie</sup>, 27, quai des Grands-Augustins, Paris 6<sup>e</sup> (Compte chèques postaux : Paris n° 1760.73).

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

**Autres pays** : 350 francs belges.

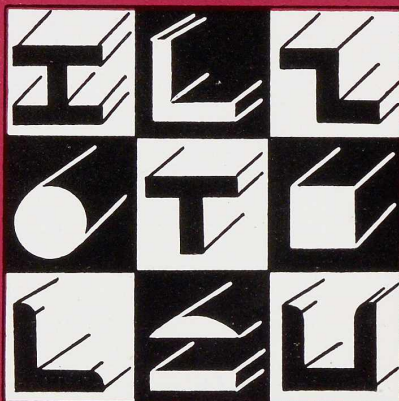
Tous les abonnements prennent cours le 1<sup>er</sup> janvier.

**PRIX DU NUMÉRO** :

**Belgique, Grand-Duché de Luxembourg, Congo belge** : francs belges 25,-,  
**France** : francs français 200,-, autres pays : francs belges 40,-.

**DROIT DE REPRODUCTION** :

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



**P.&M.Cassart.**  
**BRUXELLES**

**TOUS LES PRODUITS MÉTALLURGIQUES**

**120-124, AVENUE DU PORT**  
**4-6 QUAI DES CHARBONNAGES**  
**200, RUE DE LA SOIERIE, FOREST**  
(Coin rue Émile Pathé)

Tél. 26.98.10 (plusieurs lignes)  
Tél. 26.98.17 (deux lignes)  
Tél. 43.72.69 - 43.72.70

C. C. P. 87.61  
R. C. B. 10.741

# CENTRE BELGO-LUXEMBOURGEOIS D'INFORMATION DE L'ACIER

ASSOCIATION SANS BUT LUCRATIF

Président d'Honneur : M. Albert D'HEUR

## CONSEIL D'ADMINISTRATION

### Président :

M. Léon GREINER, Président du Groupement des Hauts Fourneaux et Aciéries Belges.

### Vice-Président :

M. Aloyse MEYER, Président des A. R. B. E. D., à Luxembourg.

### Administrateur-Conseil :

M. Eugène FRANÇOIS, Professeur à l'Université de Bruxelles.

### Membres :

M. Oscar BIHET, Administrateur-Directeur Général des Usines à Tubes de la Meuse, S. A.,  
M. Fernand COURTOY, Président et Administrateur-Délégué du Bureau d'Etudes Industrielles F. COURTOY, S. A.,  
M. Justin BAUGNEE, Directeur de la S. A. des Laminoirs, Hauts Fourneaux, Forges, Fonderies et Usines de la Providence,

M. Alexandre DEVIS, Associé commandité de la S. C. S. Alexandre Devis & C<sup>o</sup>, Délégué de la Chambre Syndicale des Marchands de Fer et du Groupement des Marchands de fer et poutrelles de Belgique,

M. Hector DUMONT, Administrateur-Directeur de la S. A. des Ateliers de Construction de Jambes-Namur,

M. Emile HOUBAER, Directeur de la Métallurgie de la S. A. John Cockerill,

M. Louis ISAAC, Administrateur délégué de la S. A. Métallurgique d'Enghien-Saint-Eloi,

M. Louis NOBELS, Président et Administrateur Délégué des Anciens Etablissements Métallurgiques Nobels-Peelman,

M. Henri NOEZ, Directeur Général de la Fabrique de Fer de Charleroi,

M. François PEROT, Administrateur-Délégué de la S. A. d'Ougrée-Marihaye, Vice-Président du Groupement des Hauts Fourneaux et Aciéries Belges,

M. Henri ROGER, Directeur Général des H. A. D. I. R., à Luxembourg.

## LISTE DES MEMBRES

### ACIÉRIES BELGES

Usines Gustave Boël, S. A., à La Louvière.  
Fabrique de Fer de Charleroi, S. A., à Charleroi.  
Forges de Clabecq, S. A., à Clabecq.  
John Cockerill, S. A., à Seraing-sur-Meuse.  
Métallurgique d'Espérance Longdoz, S. A., 1, rue de Huy, Liège.  
Usines Gilson, S. A., à La Croyère, Bois-d'Haine.  
Usines Métallurgiques du Hainaut, S. A., à Couillet.  
Forges et Laminoirs de Jemappes, S. A., à Jemappes.  
Ougrée-Marihaye, S. A., à Ougrée.  
Laminoirs, Hauts Fourneaux, Forges, Fonderies et Usines de la Providence, S. A., à Marchienne-au-Pont.  
Aciéries et Minières de la Sambre, S. A., à Monceau-sur-Sambre.  
Métallurgique de Sambre et Moselle, S. A., à Montigny-sur-Sambre.  
Hauts Fourneaux, Forges et Aciéries de Thy-le-Château et Marcinelle, S. A., à Marcinelle.

### ACIÉRIES LUXEMBOURGEOISES

Aciéries Réunies de Burbach-Eich-Dudeiange (Arbed), S. A., avenue de la Liberté, Luxembourg.  
Hauts Fourneaux et Aciéries de Differdange, Saint-Ingbert, Rumelange (Hadir), S. A., 26, avenue de la Porte Neuve, Luxembourg.  
Minière et Métallurgique de Rodange, S. A., à Rodange.

### TRANSFORMATEURS

Laminoirs d'Anvers, S. A., 38, rue Métropole, Schooten.  
Forges et Laminoirs de Baume, S. A., à Haine-Saint-Pierre.  
Tôleries Delloye-Matthieu, S. A., à Marchin (Huy).  
Emailleries et Tôleries Réunies, S. A., Gosselies.  
Usines Gilson, S. A., à La Croyère, Bois-d'Haine.  
Laminoirs de Longtain, S. A., à La Croyère, Bois-d'Haine.  
La Métal-Autogène, S. A., 490, rue Saint-Léonard, Liège.  
Usines de Moncheret, à Acoz, Division de la S. A. des Aciéries et Minières de la Sambre.  
Laminoirs de l'Ourthe, S. A., Sauheid-lez-Chênée.  
Phénix Works, S. A., 1, rue Paul Borguet, Flémalle-Haute.  
Laminoirs et Boulonneries du Ruau, S. A., à Monceau-sur-Sambre.  
Travail Mécanique de la Tôle, S. A., 100, avenue des Anciens Etangs, à Forest-Bruxelles.  
Usines à Tubes de la Meuse, S. A., à Flémalle-Haute.  
Usines à Tubes de Nimy, S. A., Nimy.

### ATELIERS DE CONSTRUCTION

ACMA, S. A., Ateliers de Construction et Ets Geerts & Van Aalst réunis, à Mortsel-lez-Anvers.  
Société Anglo-Franco-Belge des Ateliers de la Croyère, Senefte et Godarville, S. A., à La Croyère.  
Awans-François, S. A., à Awans-Bierset.  
Mécanique et Chaudronnerie de Bouffioulx, Bouffioulx-lez-Châtelineau.

## ATELIERS DE CONSTRUCTION (suite)

Ateliers de Construction de la Basse-Sambre, S. A., à Mous-tier-sur-Sambre.  
 Baume et Marpent, S. A., à Haine-Saint-Pierre.  
 Ateliers de Bouchout et Thirion Réunis, S. A., 249-253 chaussée de Vleurgat, Bruxelles.  
 Ateliers de Construction Alphonse Bouillon, 58, rue de Birmingham, Molenbeek-Saint-Jean.  
 Société Anonyme Anciennes Usines Canon-Légrand, 17, rue Terre du Prince, Jemappes-lez-Mons.  
 Ateliers de Construction Paul Bracke, s. p. r. l., 30-40, rue de l'Abondance, Bruxelles.  
 Usines de Braine-le-Comte, S. A., à Braine-le-Comte.  
 La Brugeoise et Nicaise & Delcuve, S. A., à Saint-Michel-lez-Bruges.  
 Chaubobel, S. A., à Huyssinghen.  
 John Cockerill, S. A., à Seraing-sur-Meuse.  
 La Construction Soudée, Anciens Etablissements André Beckers, S. A., chaussée de Buda, Haren.  
 « Cribla », S. A. Construction de Criblages et Lavoirs à charbon, 31, rue du Lombard, Bruxelles.  
 Compagnie Centrale de Construction, S. A., à Haine-Saint-Pierre.  
 Les Ateliers De Meestere Frères, Heule-lez-Courtrai.  
 Ateliers de la Dyle, S. A., à Louvain.  
 Société Métallurgique d'Enghien-Saint-Eloi, S. A., à Enghien.  
 Ateliers de Construction et Chaudronnerie de l'Est, S. A., Marchienne-au-Pont.  
 Société Anonyme des Ateliers de Construction Flamen-court et C<sup>ie</sup>, 112-114, rue des Anciens Etangs, Forest-Bruxelles.  
 Ateliers Georges Heine, S. A., chaussée des Forges, Huy.  
 Ateliers de Construction Heuze, Malevez & Simon Réunis, S. A., 59, rue des Cloires Nationales, Auvélais.  
 Ateliers de Construction de Jambes-Namur, S. A., à Jambes-Namur.  
 Constructions Métalliques de Jemeppe-sur-Meuse, S. A., Anc. Ateliers Georges Dubois, à Jemeppe-sur-Meuse.  
 L'Industrie Boraine, S. A., Quiévrain.  
 Ateliers de Construction J. Kihn, Rumelange (G.-D.).  
 Société Anonyme des Ateliers de La Louvière-Bouvry, La Louvière.  
 Usines Lauffer Frères, S. P. R. L., Hermalle s./Argenteau.  
 Leemans L. et Fils, S. A., 114, rue de Louvain, Vilvorde.  
 Ateliers de Construction de Malines (Acomal), S. A., 29, Canal d'Hanswyck, Malines.  
 La Manutention Automatique, S. A., Machelen.  
 Les Ateliers Métallurgiques, S. A., à Nivelles.  
 Anciens Etablissements Métallurgiques Nobels-Peelman, S. A., à Saint-Nicolas (Waes).  
 Ougrée-Marihaye, S. A., à Ougrée.  
 Ateliers Sainte-Barbe, S. A., Eysden-Sainte-Barbe.  
 Constructions Métalliques Hub. Simon, 148, rue de Plainevaux, Seraing-sur-Meuse.  
 Chaudronnerie A.-F. Smulders, S. A. à Grâce-Berleur-lez-Liège.  
 Ateliers Arthur Sougniez Fils, 42, rue des Forgerons, Marcinelle.  
 Etablissements D. Steyart-Heene, à Eecloo.  
 Ateliers du Thiriau, S. A., La Croÿère.  
 Ateliers de Construction Mécanique de Tirlémont, S. A., à Tirlémont.  
 Ateliers Vanderplanck, s. p. r. l., Fayt-lez-Manage.  
 Compagnie Belge des Freins Westinghouse, S. A., 105, rue des Anciens Etangs, Forest-Bruxelles.  
 Société Anonyme de Construction et des Ateliers de Willebroeck, à Willebroeck.  
 Société Anonyme des Anciens Etablissements Paul Würth, à Luxembourg.  
 Chaudronneries et Ateliers de Construction Lucien Xhignesse & Fils, S. A., rue d'Italie, Ans-Liège.

CHÂSSIS MÉTALLIQUES

Chamebel (Le Châssis Métallique Belge), S. A. Belge, chaussée de Louvain, à Vilvorde.  
 « Soméba », Société Métallurgique de Baume, S. A., rue Lecat, La Louvière (Baume).

MEUBLES MÉTALLIQUES

Maison Desoer, S. A. (meubles métalliques ACIOR), 17-21, rue S<sup>te</sup> Véronique, Liège, 16, rue des Boiteux, Bruxelles.

## SOUDURE AUTOGÈNE

Matériel, électrodes, exécution  
 Electromécanique, S. A., 19-21, rue Lambert Crickx, Bruxelles.  
 ESAB, S. A., 118, rue Stephenson, Bruxelles.  
 Philips, S. A., 37-39, rue d'Anderlecht, Bruxelles.  
 L'Air Liquide, S. A., 31, quai Orban, Liège.  
 La Soudure Electrique Autogène « Arcos », S. A., 58-62, rue des Deux Gares, Bruxelles.  
 L'Oxydrique Internationale, S. A., 31, rue Pierre van Humbeek, Bruxelles.  
 Soudométal, S. A., 83, chaussée de Ruysbroeck, Forest Bruxelles.

## COMPTOIRS DE VENTE DE PRODUITS MÉTALLURGIQUES

Columeta (Comptoir Métallurgique Luxembourgeois), S. A., Luxembourg.  
 Cosibel (Comptoir de Vente de la Sidérurgie Belge), S. C., 9, rue de la Chancellerie, Bruxelles.  
 Davum, S. A. Belge, 22, rue des Tanneurs, Anvers.  
 Gilsoco, S. A., La Louvière.  
 Société Commerciale de Sidérurgie, SIDERUR, 1A, rue du Bastion, Bruxelles.  
 Ucométal (Union Commerciale Belge de Métallurgie) 24, rue Royale, Bruxelles.

## MARCHANDS DE FER ET DE POUTRELLES

## Individuellement :

ACMA, S. A., Ateliers de Construction et Ets Geerts & Van Aalst réunis, à Mortsel-lez-Anvers.  
 P. et M. Cassart, 120-124, avenue du Port, Bruxelles.  
 Alexandre Devis et C<sup>ie</sup>, 43, rue Masui, Bruxelles.  
 Métaux Galler, S. A., 22, avenue d'Italie, Anvers.  
 Etablissements Gilot Hustin, 14, rue de l'Étoile, à Namur.  
 J. Libouton & C<sup>ie</sup>, S. A., 27, rue Léopold, Charleroi.  
 Fers et Aciers Pante et Masquelier, S. A., 30, rue du Limbourg, Gand.  
 Peeters Frères, 10, Marché-au-Poisson, Louvain.  
 Util. s. p. r. l., 404-412, avenue Van Volxem, Bruxelles.  
 Collectivement :  
 Groupement des Marchands de fer et poutrelles de Belgique, 10, rue du Midi, Bruxelles.  
 Chambre Syndicale des Marchands de fer, 10, rue du Midi, Bruxelles.

## MARCHANDS D'ACIERS SPÉCIAUX

Etablissements Georges L.-J. Alexis, 31, rue Dartois, Liège.  
 Aciers Bungert, S. A., 141-143, chaussée de Mons, Bruxelles.  
 Jos. Bol, 86, rue Emile Féron, Bruxelles.  
 Maison Courard & C<sup>o</sup>, 9-11, place des Déportés, Liège.  
 Etablissements Moréa et Nahon, 23-25, rue des Ateliers, Bruxelles.  
 Société des Aciers et Métaux, Soamet, 41, boulevard du Midi, Bruxelles.  
 Wauters Frères, 23, rue de Liverpool, Bruxelles.  
 BUREAUX D'ÉTUDES ET INGÉNIEURS-CONSEILS  
 Bureaux d'Études Industrielles Fernand Courtoy, S. A., 43, rue des Colonies, Bruxelles.  
 MM. C. et P. Molitor, Construction métallique et soudure électrique, 5, boulevard Emile Bockstaël, Bruxelles.  
 Robert et Musette, S. A., 18A, rue de Namur, Bruxelles.  
 M. J. F. F. Van der Haeghen, ingénieur-conseil (U. I. Lv.), 104, boulevard Saint-Michel, Bruxelles.  
 MM. J. Verdeyen et P. Moenaert, ingénieurs-conseils (A. I. Br.), 5, rue Jean Chapelié, Bruxelles.

## MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

Tuileries et Briqueteries d'Hennuyères et de Wanlin, S. A., à Hennuyères.

## DIVERS

Institut Belge des Hautes Pressions, 38, Pl. des Carabiniers, Bruxelles.  
 Société Métallurgique des Procédés Warnant, S. A., 71, rue Royale, Bruxelles.

## MEMBRES INDIVIDUELS

M. Eug. François, professeur à l'Université de Bruxelles, 110, boulevard Auguste Reyers, Bruxelles.  
 M. Marcel François, membre associé de la firme François, 43, rue du Cornet, Bruxelles.  
 M. Léon G. Ruoquoi, Technical Consultant to the Steel and Mechanical Industries of Belgium & Luxembourg, 30 Rockefeller Plaza, New York 20. N. Y.

ASSURÉ MAXIMUM DE

*Succès!*

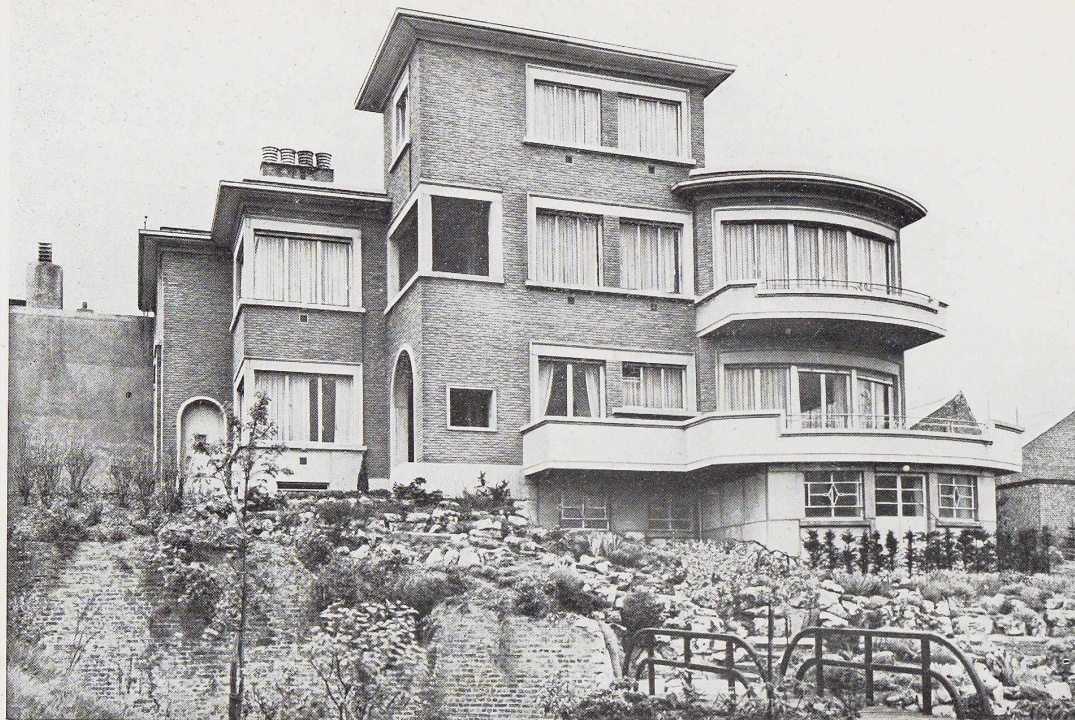
- OK TP pour les tôles minces.
- OK 42P pour les soudures galbées.
- OK 44P pour les positions difficiles et les joints grossièrement préparés.
- OK 47P la superélectrode  
STANDARD
- OK 48P pour les soudures tenaces, en toutes positions.
- OK 50P pour les soudures de haute qualité, radiographiées.
- OK 52P pour l'acier Ac. 52.
- OK 55P la merveille de soudometallurgie, pour les aciers demi-durs.



**ESAB**

**ELECTRO SOUDURE AUTOGENE BELGE S.A.**  
116-118, RUE STEPHENSON • BRUXELLES • TELEPHONE : 15. 91. 26

PUBLIGRAPHE  
BRUXELLES



Arch. Paul Fontaine, Bruxelles

SOCIÉTÉ MÉTALLURGIQUE DE BAUME S. A.

# SOMIEBA

TÉLÉPHONES : 279 LA LOUVIÈRE  
15.81.57 BRUXELLES

LA LOUVIÈRE

## MENUISERIES MÉTALLIQUES

CHASSIS, PORTES, CLOISONS EN ACIER  
ANTICORODAL ET BRONZE  
CHAMBRANLES ET TOLERIES  
SABLAGE, PARKÉRISATION  
METALLISATION

## CONSTRUCTION

CHARPENTES, RÉSERVOIRS  
TUYAUTERIES, POTEAUX  
SOUDURE ÉLECTRIQUE

REGISTRE DE COMMERCE MONS 378





MALEVEZ + DELENNE

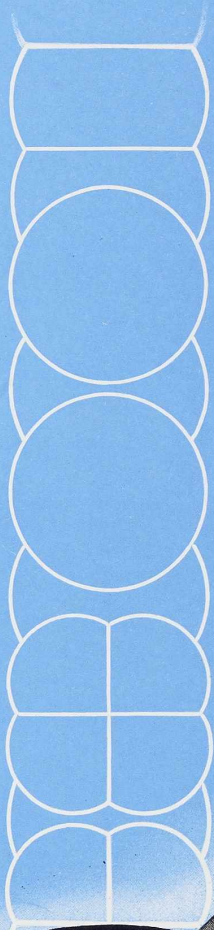
**SOC.AN.**

CONSTRUIT ET MONTÉ PAR LA  
**L.LEEMANS & FILS**

VILVORDE.TEL.51.16.50-51.03.25

# POUR CONSTRUCTIONS CELLULAIRES AUTOSTABLES

GABIONNÉES  
CIRCULAIRES  
EN FEUILLE  
DE TRÈFLE

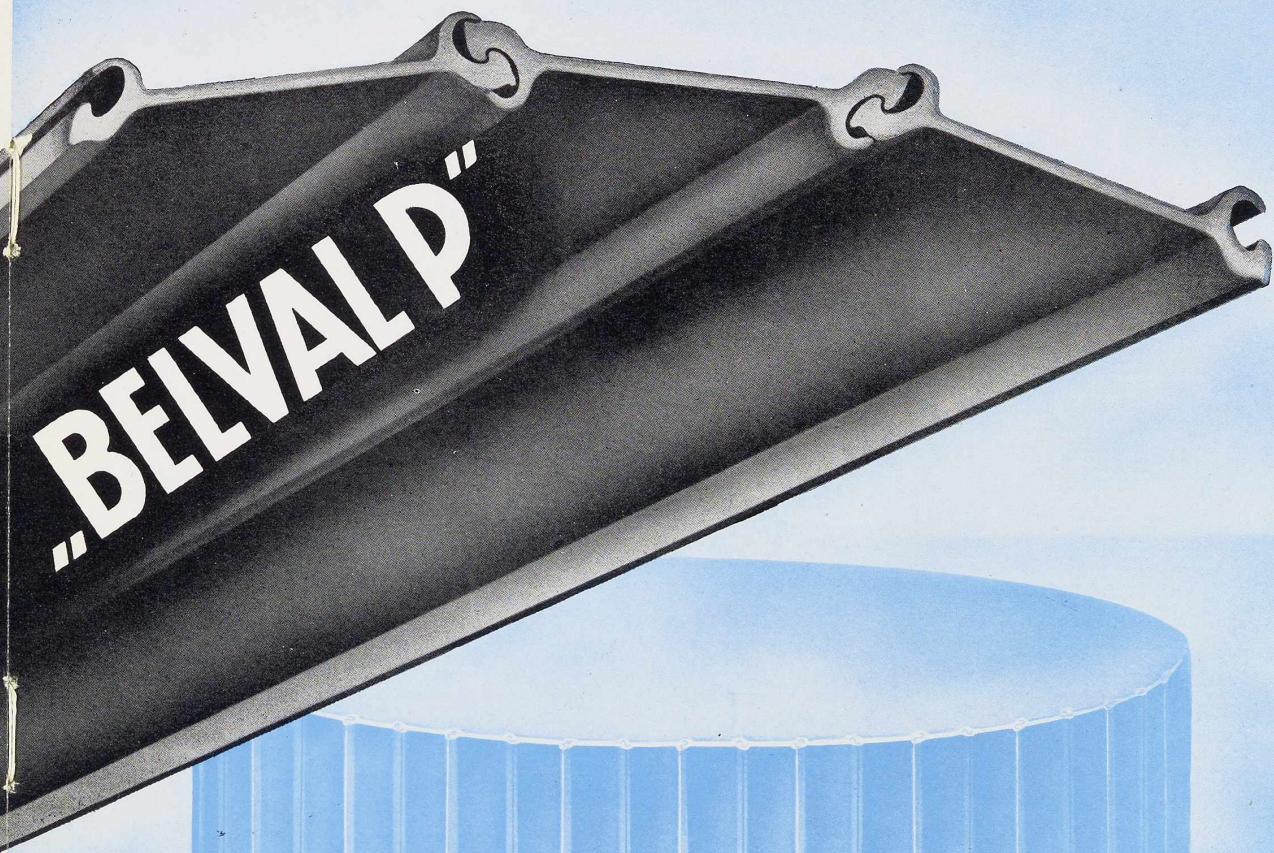


**PALPLANCHES PLATES**

POUR TOUS RENSEIGNEMENTS S'ADRESSER A :

POUR LA BELGIQUE ET LE CONGO BELGE:  
**LA BELGO-LUXEMBOURGEOISE**  
BRUXELLES • 11, QUAI DU COMMERCE





**"BELVAL P"**

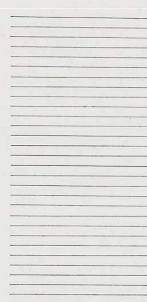
A:  
**COLUMETA**

COMPTOIR MÉTALLURGIQUE LUXEMBOURGEOIS • S. A. • LUXEMBOURG

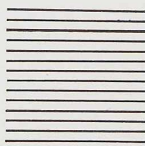
# TOLES

# PLATES

# CHAPAS



DE 1 MM JUSQUE 200 MM D'ÉPAISSEUR  
JUSQU'À 3,5 M DE LARGEUR  
JUSQU'À 30 M DE LONGUEUR



---

# S. A. FABRIQUE DE FER DE CHARLEROI

CHARLEROI (BELGIQUE)



# TRAVAIL MECANIQUE *de la* TOLE

SOCIÉTÉ ANONYME • USINES A FOREST-BRUXELLES ET A GAND (BELGIQUE) • CAPITAL Frs 100.000.000

# U. T. C. B.

## UNION DES TRÉFILERIES ET CLOUTERIES BELGES

Société Coopérative

**BRUXELLES**

Adresse télégraphique : UTECEBE

Registre du comm. Bruxelles n° 56208

Compte chèques postaux n° 96.64

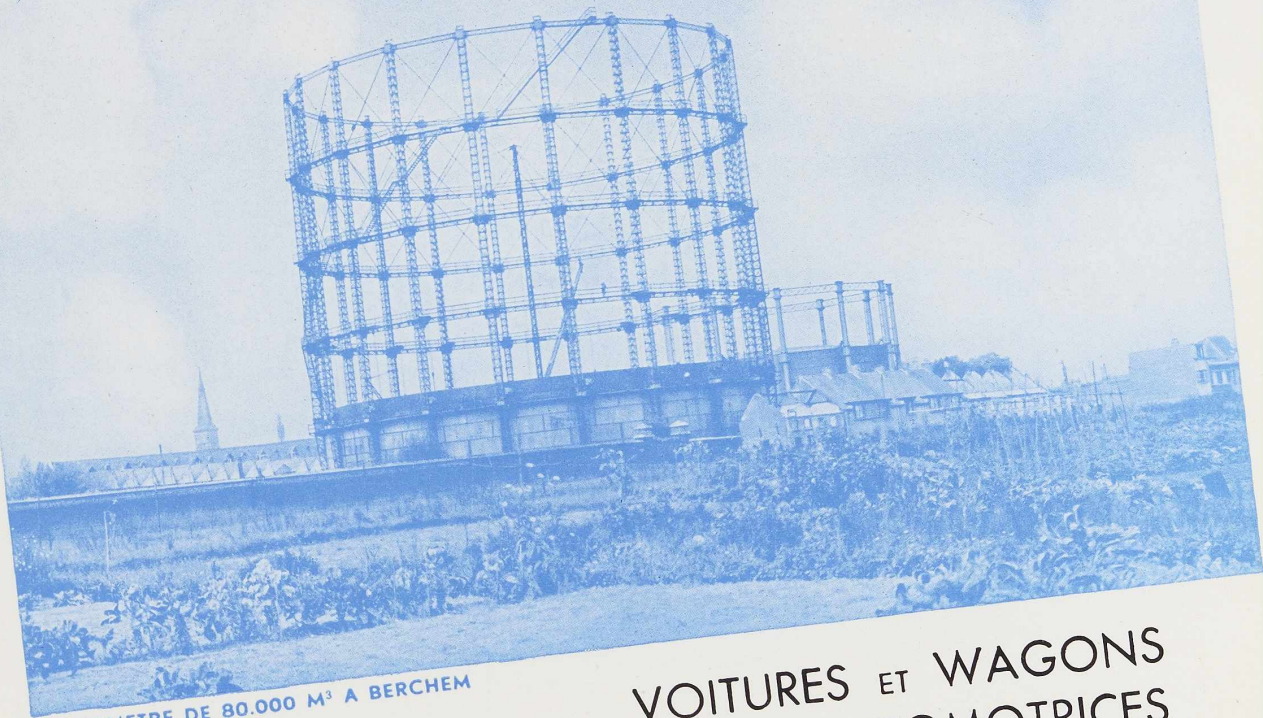
### Usines affiliées :

- |  |  |
|--|--|
| S. A. Clout. et Tréfil. des Flandres, Gentbrugge | S. A. Clouteries Alex. Baudoux, à Font.-l'Ev.  |
| Soc. des Tréfileries Léon Bekaert, à Zwevegem    | S. A. Usines Derca, à Fontaine-l'Evêque  |
| S. A. Sambre-Escaut, à Hemixem                   | S. A. Franco-Belge des Laminoirs et Tréfileries<br>d'Anvers, 1, rue Rubens, à Anvers |
| S. A. des Forges de Clabecq, à Clabecq.          | S. A. Clouterie et Tréfilerie des Flandres, div.<br>Otlet, à Fontaine-l'Evêque       |
| S. A. Ougrée-Marihaye (div. Tréf.), à Hemixem    | S. A. Métallurgique de et à Bissen (G.-D. Lux.)                                      |
| S. A. La Fontainoise, à Fontaine-l'Evêque        |  |
| S. A. Us. et Ac. Allard, à Mt-sur-Marchienne     |  |

### TOUS LES PRODUITS DE TRÉFILERIE ET DE CLOUTERIE :

Fils en acier Thomas ou Siemens-Martin clairs, recuits, cuivrés, vernis, galvanisés, étamés. — Ronces artificielles. — Torons. — Câbles pour linge. — Ressorts de lits et de meubles, cuivrés ou galvanisés. — Treillage triple torsion. — Treillage simple torsion. — Pointes de Paris, Crampons (clous cavaliers), Crochets d'ardoises, Clous hors fil et hors tôle, Clous de souliers, etc.

CHEVALEMENTS ET PYLONES  
GAZOMETRES ET RESERVOIRS  
PONTS ET CHARPENTES  
ACIERS MOULES ET FORGES



GAZOMETRE DE 80.000 M<sup>3</sup> A BERCHEM

VOITURES ET WAGONS  
AUTORAILS ET AUTOMOTRICES  
LOCOMOTIVES ELECTRIQUES

**BAUME & MARPENT**

SOCIETE ANONYME

HAINES-SAINTE-PIERRE,  
MARPENT

MORLANWELZ (BELGIQUE)  
(NORD-FRANCE)

# la qualité en continu...



SURFACE IMPECCABLE

EPAISSEUR UNIFORME

TEXTURE PARFAITE

TOLES FINES ET MOYENNES, laminées à Chaud et à Froid. Largeur jusqu'à 1 m. 200, toutes épaisseurs, en bobines pesant plusieurs tonnes, vous permettant de réduire vos prix de revient, en diminuant vos déchets et simplifiant votre travail.

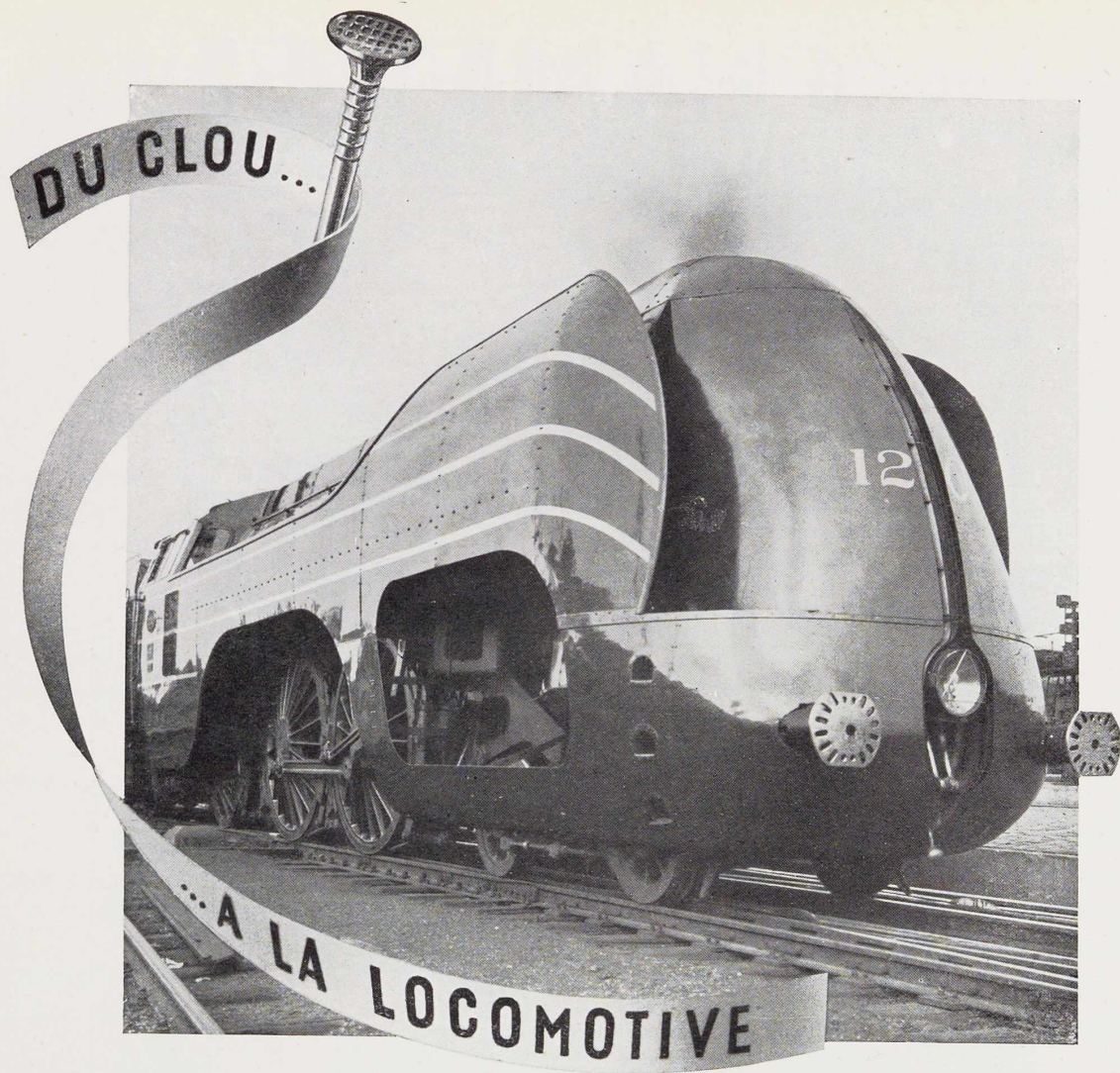
PRODUITS BELGES nouveaux, prochainement fabriqués par la S. A. Métallurgique d'ESPÉRANCE - LONGDOZ dans ses nouvelles installations modernes, comportant notamment un "Train Semi-Continu à Chaud", et des "Trains à Froid",,



**S.A.M. d'ESPÉRANCE - LONGDOZ**  
60, RUE D'HARSCAMP, LIEGE TEL. 674.68







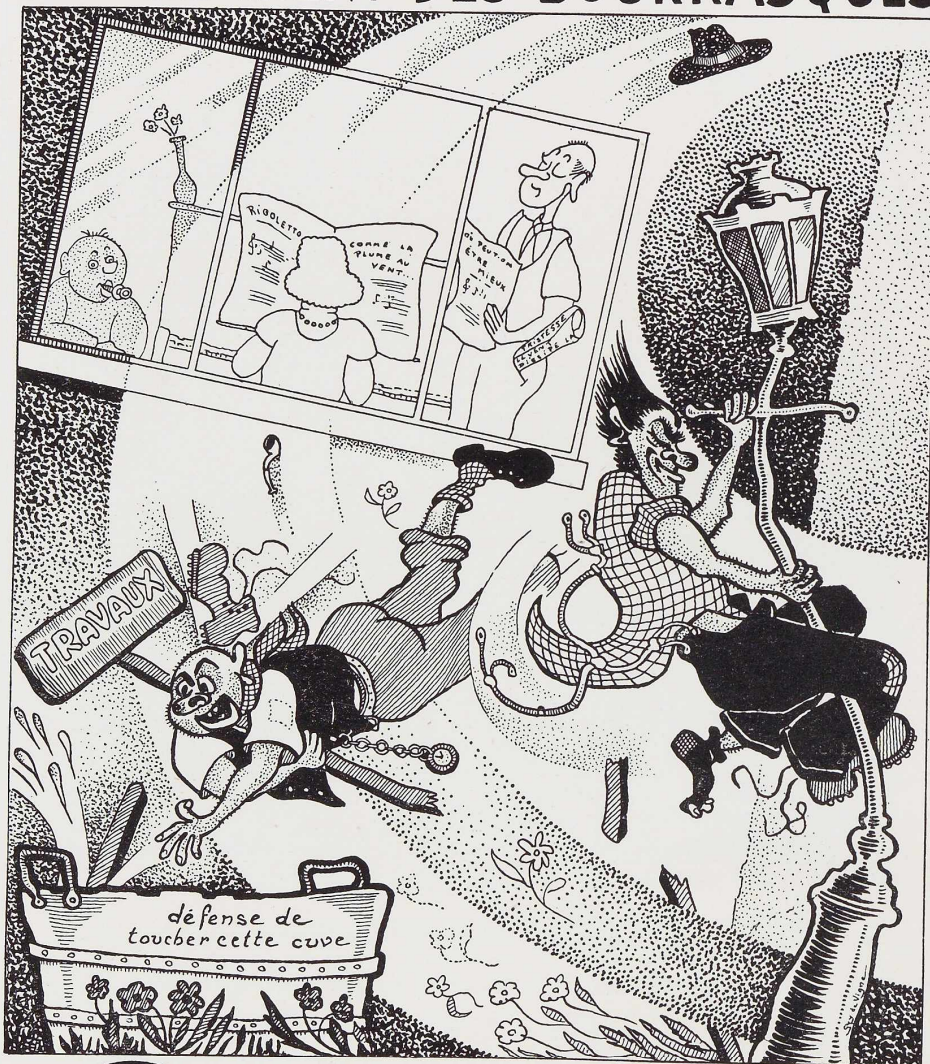
La Fédération groupe toutes les usines de transformation des métaux dont elle constitue le syndicat professionnel. Subdivisée en sections spécialisées, la Fédération possède une documentation complète sur toutes les fabrications entreprises par ses affiliés. Tant sur le plan général que dans les cas particuliers, elle peut donner les indications les plus précises et se tient à la disposition de ceux qui désirent la consulter.

ASSOCIATION SANS BUT LUCRATIF



17, RUE DES DRAPERS, BRUXELLES

# LES "CHAMEBEL" SE RIENT DES BOURRASQUÉS



# CHAMEBEL

LE CHASSIS MÉTALLIQUE BELGE

SOCIÉTÉ ANONYME

VILVORDE • TÉL.: 15.84.24 - 15.99.20  
BUREAUX A BRUXELLES • 27, RUE ROYALE • TÉL.: 17.47.40-17.21.81

*Exigez l'étiquette de garantie*



# LE TITAN ANVERSOIS

H O B O K E N . L E Z . A N V E R S

PONTS ROULANTS  
EN TOUS GENRES  
À CROCHET  
ET À GRAPPIN

PONTS SPÉCIAUX  
DE MÉTALLURGIE

STRIPPEURS

MÉLANGEURS

ENFOURNEURS  
DE FOURS MARTIN

PITTS

DÉFOURNEURS

GRUES DE PORT

GRUES POUR  
CHANTIER NAVAL

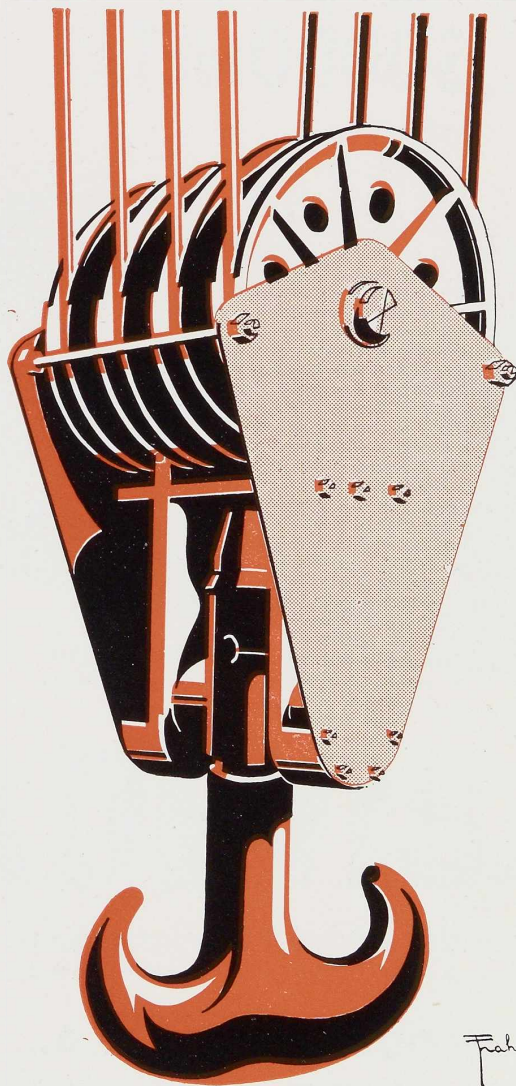
GRUES  
INDUSTRIELLES  
À CROCHET  
ET À GRAPPIN

GRUES  
DE FAÇADE  
POUR  
ENTREPRENEURS

CABESTANS

GRAPPINS  
AUTOMATIQUES

ETC.



APPAREILS DE LEVAGE ET DE TRACTION ÉLECTRIQUE

CONFIEZ VOS COMMANDES D'ELECTRODES A

# SOUDOMETAL



CITOBEST-S  
CITOFIXE  
TENACITO-55

BEAMA Coding

E 413

E 313

E 614

AWS Standards

E 6020-6030

E 6013

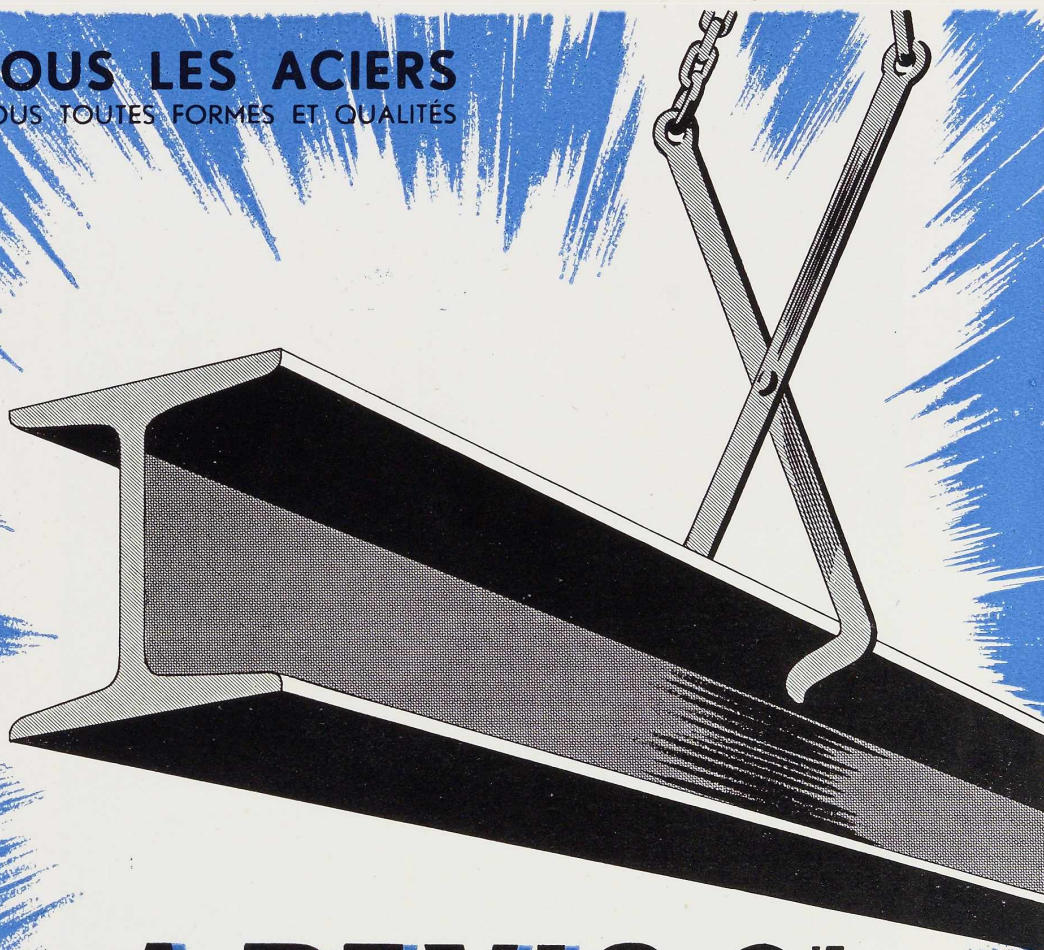
E 7016

Trois électrodes agréées par le Lloyd's Register  
of Shipping (toutes positions) et le Bureau  
Véritas.

**SOUDOMETAL S. A.**

CHAUSSÉE DE RUYSBROECK, 83 - FOREST - BRUXELLES - TÉLÉPHONE 43.45.65 - 44.09.02

**TOUS LES ACIERS**  
SOUS TOUTES FORMES ET QUALITÉS



**A. DEVIS & C<sup>IE</sup>**

**ACIERS MARCHANDS • TOLES • BOULONS**  
43, RUE MASUI • BRUXELLES • TÉL. : 15.49.40 (6 lignes)

**ACIERS SPÉCIAUX • OUTILS**  
158, RUE ST-DENIS, FOREST-MIDI • Tél. : 43.50.20 (6 l.)

**POUTRELLES • FERS U • RONDS A BETON**  
296, RUE ST-DENIS, FOREST-MIDI • Tél. : 44.48.50 (6 l.)



PORTES MÉTALLIQUES  
VANDERPLANCK

FAYT-LEZ-MANAGE (BELGIQUE)

# JOURET

## LUTTRE

*Grey de Differdange*



*et tous les produits métallurgiques*

TEL : CHARLEROI 511.31  
LUTTRE 248



Série de 7 chaînes de montage et cuves tournantes transportables,  
destinées à la fabrication d'étriers d'étauçons de mines et fournies à la  
S. A. JOHN COCKERILL, à Seraing.

SOCIÉTÉ ANONYME

# LA MANUTENTION AUTOMATIQUE

MACHELEN (BRABANT) BELGIQUE

TÉLÉPHONE : BRUXELLES 15.38.34

---

CATALOGUE GRATUIT SUR DEMANDE



# PONTS MÉTALLIQUES



OUGREE MARINAYE



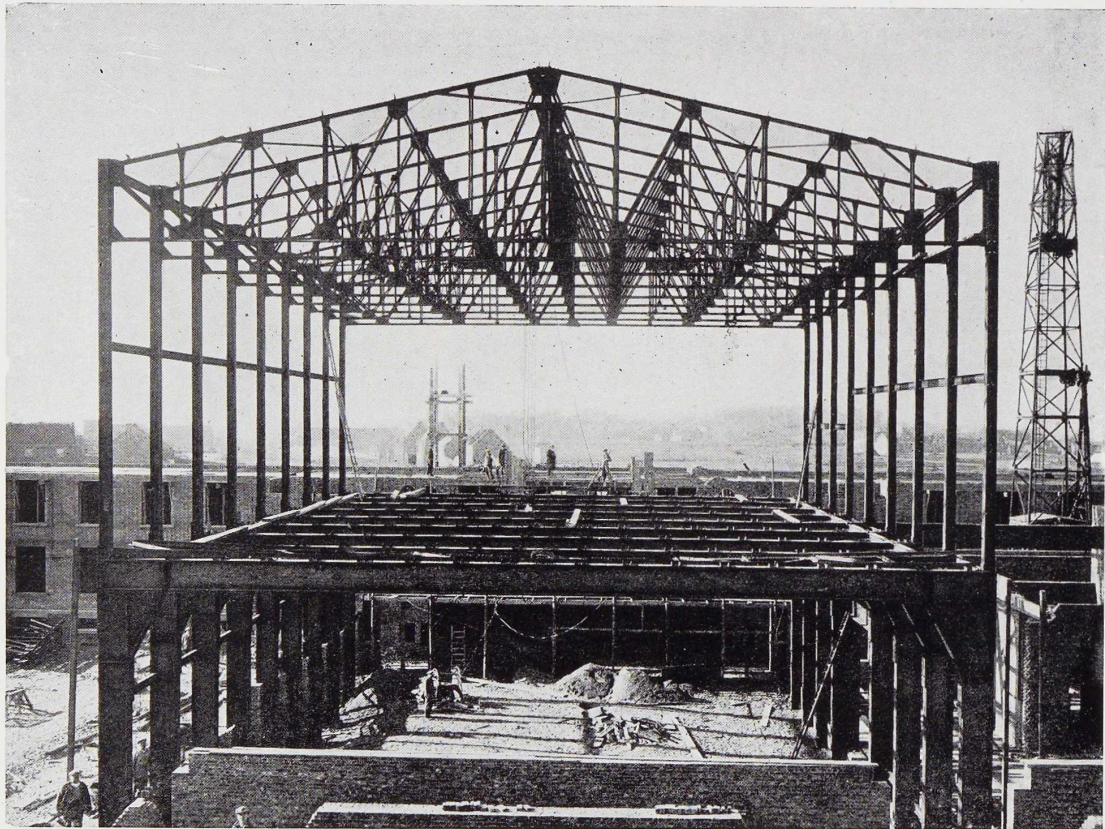
# Soc. An. **ACMA**

abréviation de : ATELIERS DE CONSTRUCTION DE MORTSEL ET ÉTABLISSEMENTS  
GEERTS & VAN AALST RÉUNIS

**MORTSEL - LEZ - ANVERS**

TÉLÉPHONES : 998.90, 998.99

ADR. TÉLÉGR. : CONSTRUCTION-MORTSEL

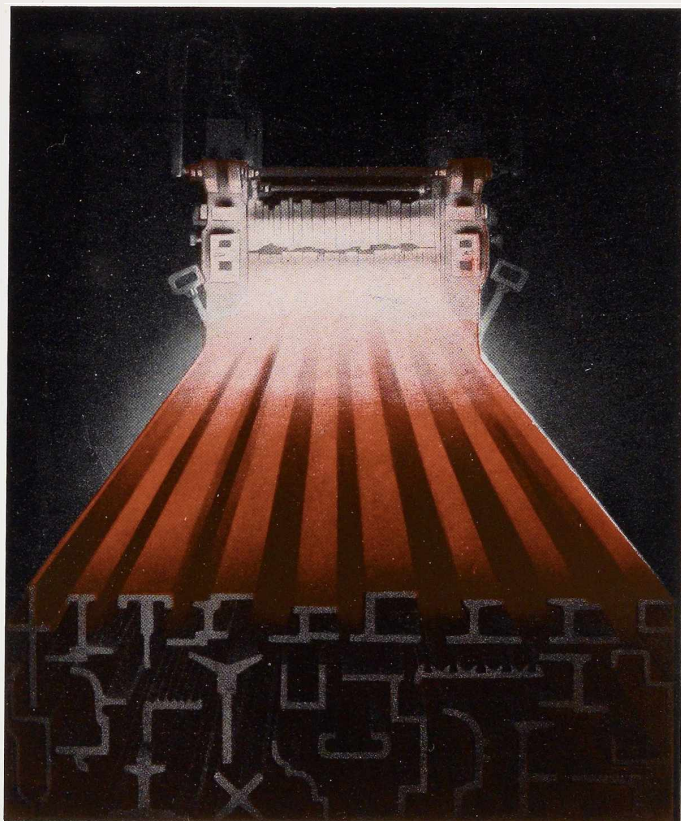


**DIVISION : ATELIERS DE CONSTRUCTION :**

PONTS, CHARPENTES, BATIMENTS MÉTALLIQUES,  
RÉSERVOIRS, INSTALLATIONS TECHNIQUES D'ABAT-  
TOIRS, POTEAUX "ACMA" POUR TRAMWAYS,  
TROLLEYBUS ET TRANSPORTS D'ÉLECTRICITÉ

**DIVISION : FERS ET ACIERS :**

VENTE DE : I, U, L, T, CARRÉS, RONDS, PLATS, TOLES PLANES  
ET ONDULÉES, NOIRES ET GALVANISÉES. RONDS A BETON



**Laminage à chaud**

**Profilage à froid jusqu'à 8 mm d'épaisseur  
et 400 mm de développement**

**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 820

TÉLÉGRAMMES : LAMILONG La Louvière

CODES : Bentley et Acme.

**Société Anonyme**

---

**LA CROYERE (BELGIQUE)**

---



CONSTRUCTIONS  
MÉTALLIQUES

DE

JEMEPPE-SUR-MEUSE

Société Anonyme

Anciennement

ATELIERS GEORGES DUBOIS

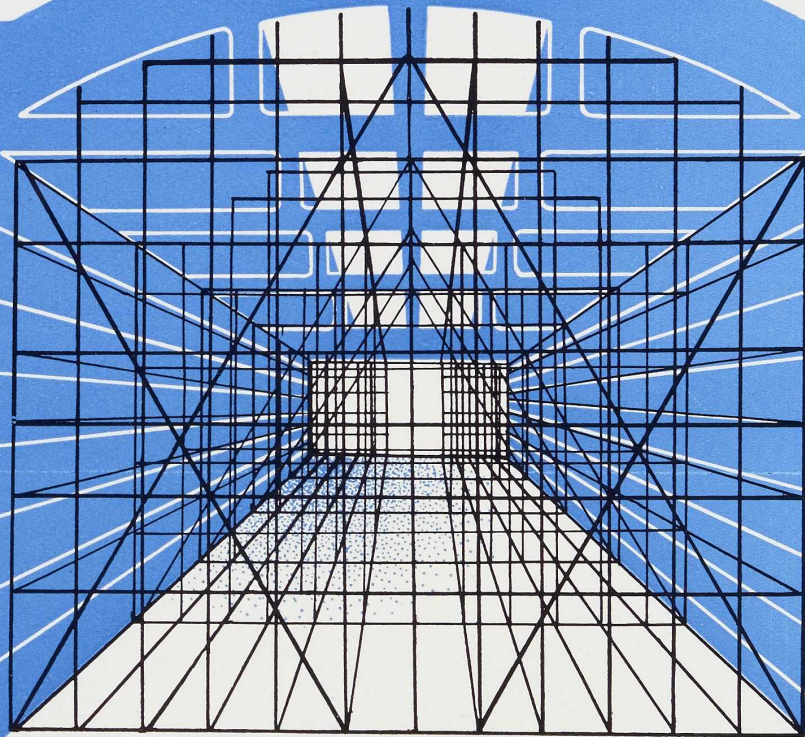
Jemeppe-sur-Meuse

Téléphone : 394.68-394.69

Télégr.: COMEPPE, Jemeppe-s-M.

SOUTIEN DE COFFRAGE

200 T.



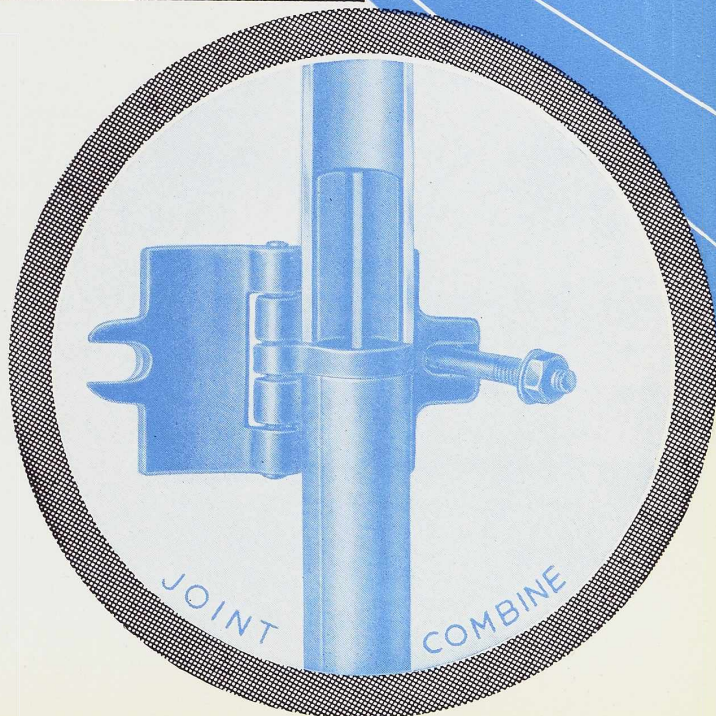
HAUTEUR 14.50 M

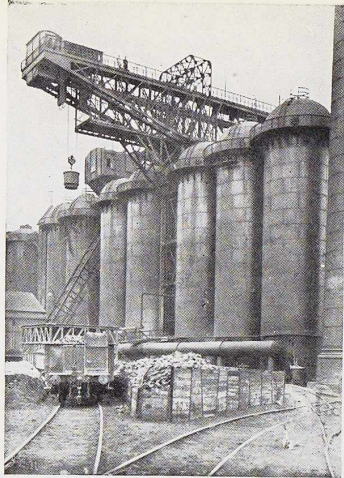
*Alexandre*  
**DEVIS** *et*  
**C<sup>o</sup>**

158, RUE SAINT-DENIS

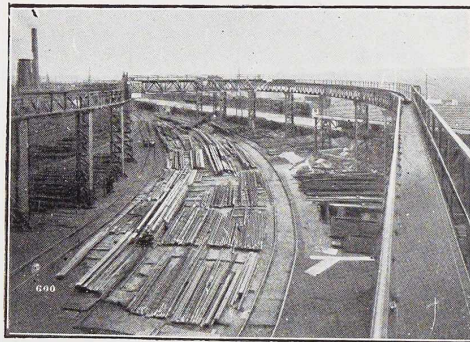
B R U X E L L E S

TÉLÉPHONE 43.15.05





Ensemble de cowers.  
Société Métallurgique du Hainaut.



Pont roulant en courbe installé en nos usines.



Châssis à molettes  
au Charbonnage André-Dumont.

# AWANS-FRANÇOIS

SOCIÉTÉ ANONYME

11, RUE DE LA STATION  
AWANS-BIERSSET

TÉLÉPHONE: LIÈGE 444.95  
TÉLÉGR.: AWANSFRANÇOIS

## Section des Ponts, Charpentes et Grosse Chaudronnerie d'Acier

Ponts métalliques de tous genres, en construction rivée ou soudée — Charpentes métalliques en général, en construction rivée ou soudée, pour bâtiments industriels et privés — Chaudronnerie en tôles d'acier, de cuivre et d'acier inoxydable.

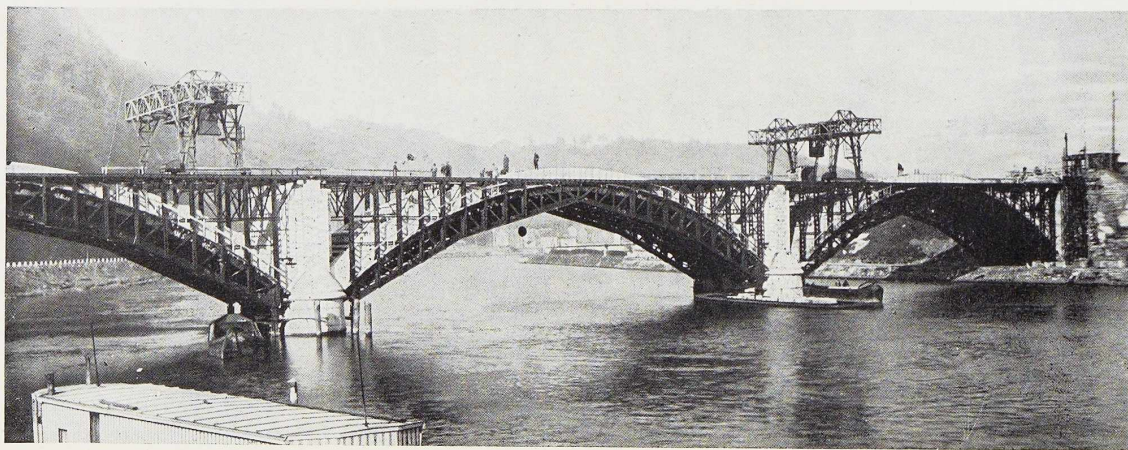
telle que : tanks, gazomètres, silos, caissons pour travaux hydrauliques, portes d'écluses, etc. — Tuyauterie en général pour haute et basse pression — Installation complète de hauts fourneaux.

## Section des Appareils de Levage et de Manutention

Tous les appareils de levage et de manutentions, tels que : ponts roulants, grues, portiques, châssis à molettes, transporteurs, élévateurs, culbuteurs,

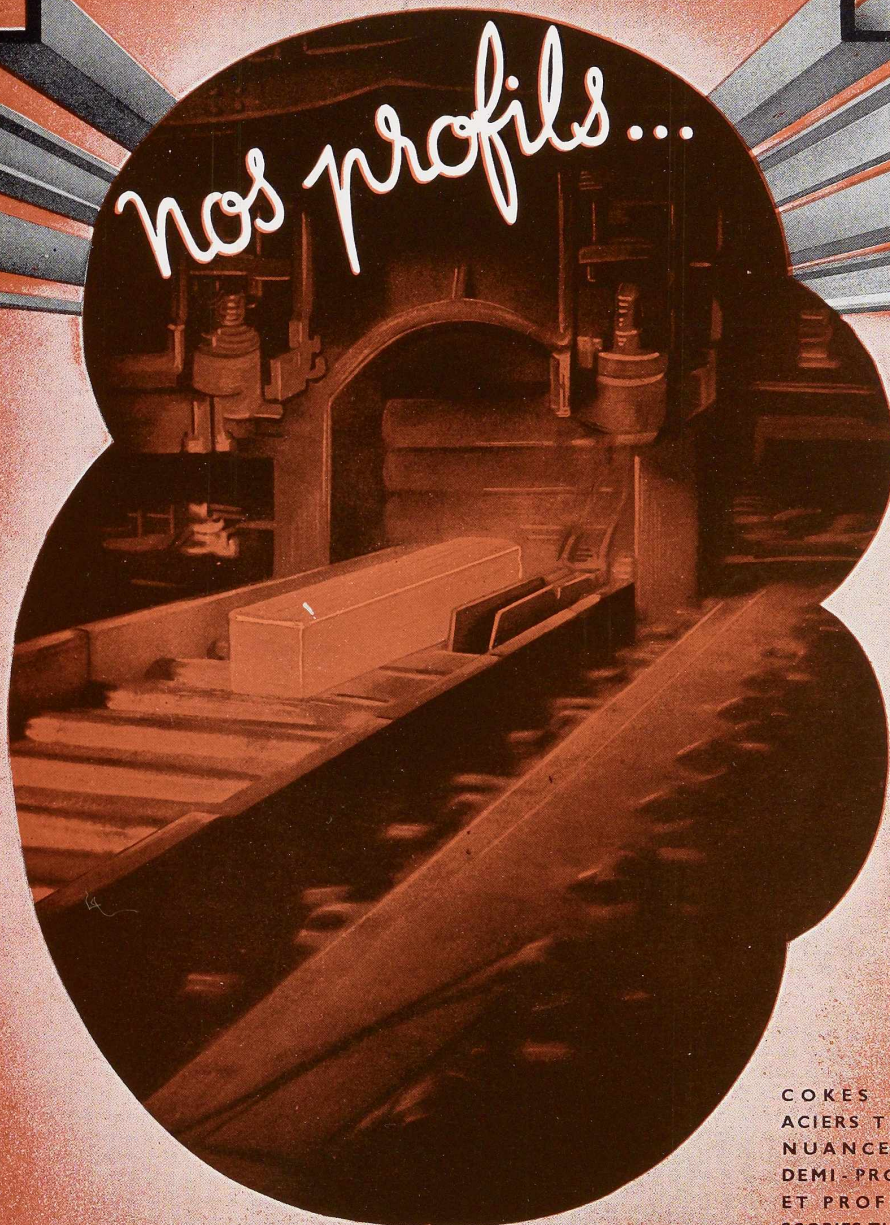
distributeurs, etc. — Installations complètes de manutention de charbons et cokes, pour charbonnages, mines et usines métallurgiques.

Cintres métalliques du pont de Huy, construits en 1943



S

*nos profils...*



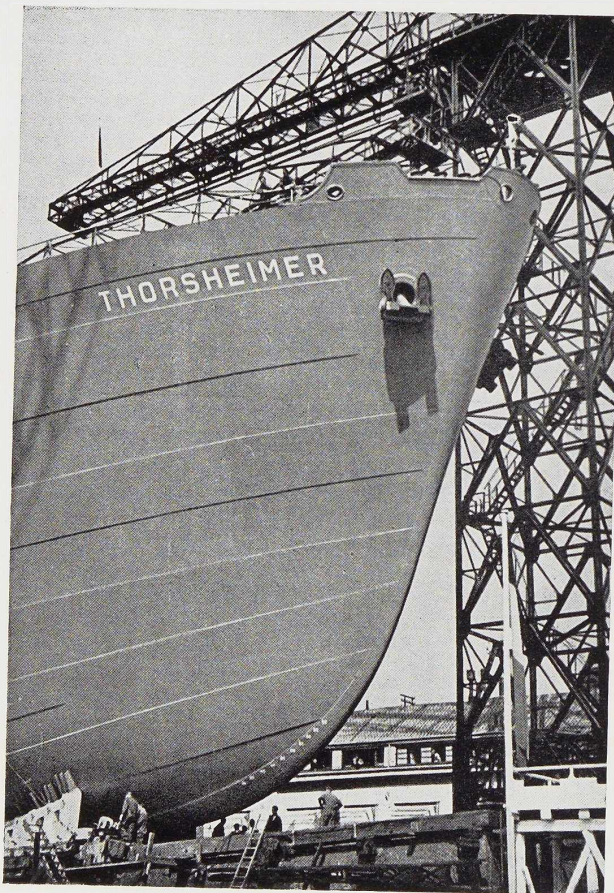
COKES ET FONTES.  
ACIERS THOMAS TOUTES  
NUANCES EN LINGOTS,  
DEMI-PRODUITS, BARRES  
ET PROFILS SPÉCIAUX.  
SCORIES THOMAS ET CIMENTS.

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

MARCINELLE : TÉL. CHARLEROI 12293 • TÉLÉGR. WEZMIDI-CHARLEROI

Studio-Simar-Stevens

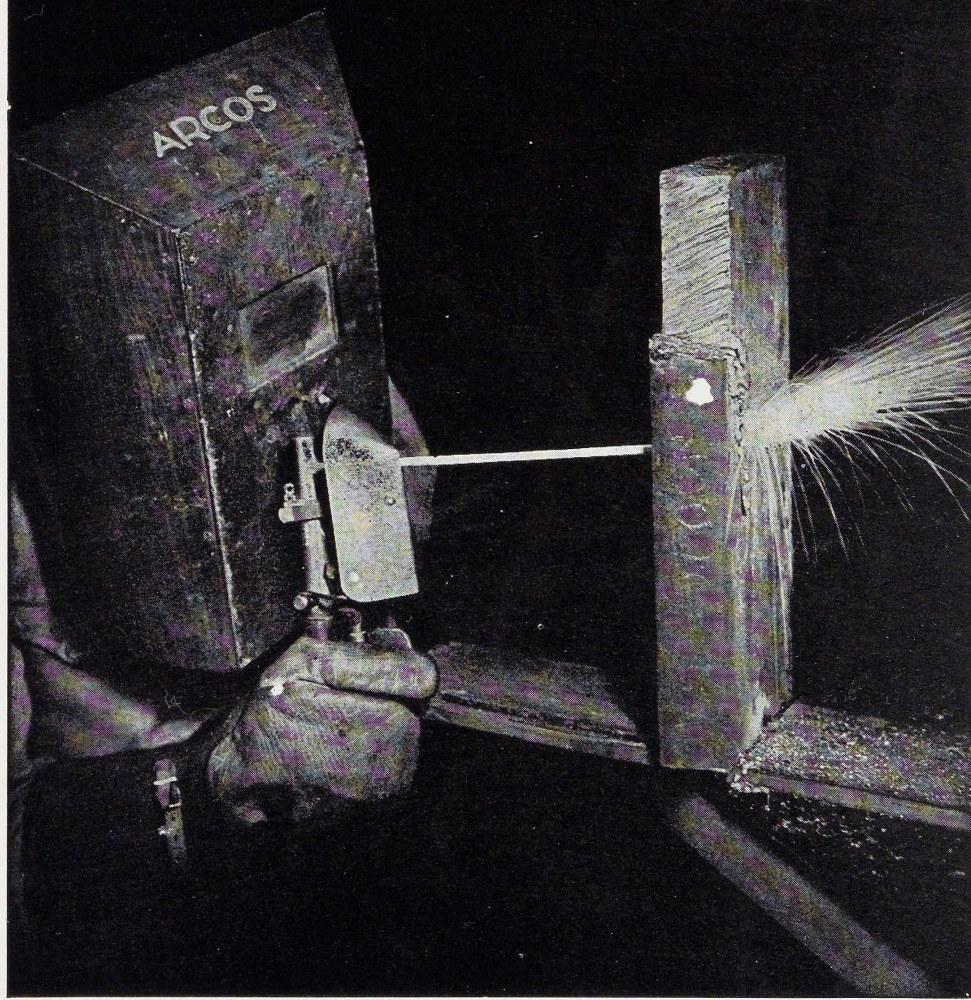
CHANTIER NAVAL  
**JOHN COCKERILL**  
**HOBOKEN**



**TANKER 16.500 t.**



# ARCOS OXYARC



POUR<sup>TM</sup> LE DÉCOUPAGE, LE DÉRIVETAGE, LE GOUGEAGE

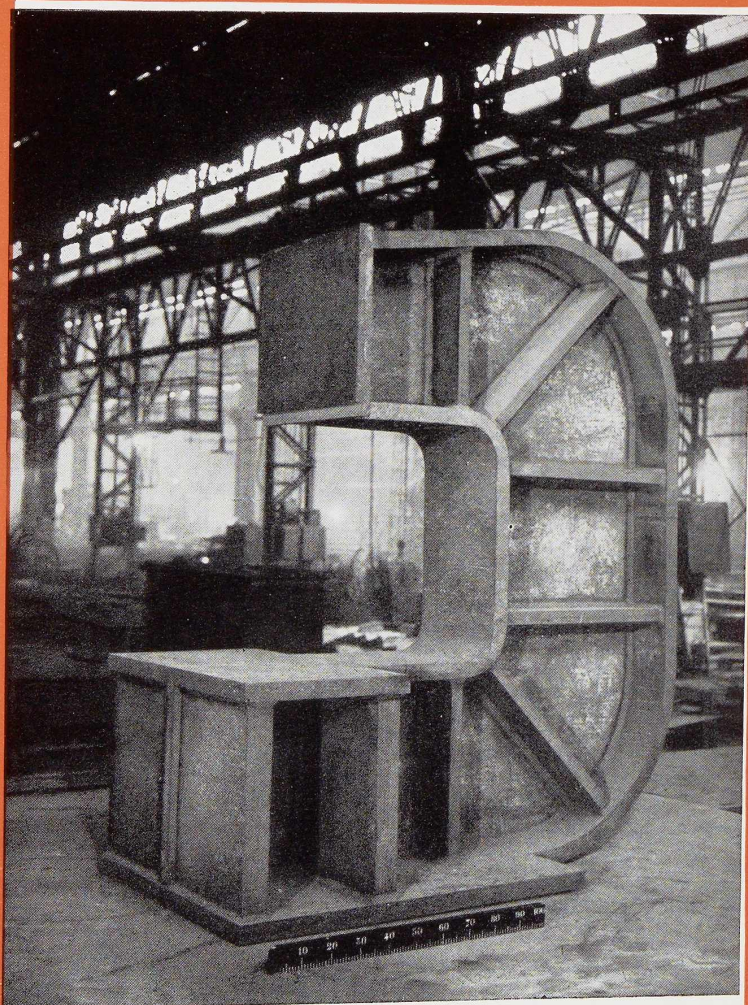
DE **TOUS METAUX**

LA SOUDURE ÉLECTRIQUE AUTOGÈNE, S. A.,

58 - 62, RUE DES DEUX-GARES - TÉLÉPHONE 21.01.65 - BRUXELLES

# S.A. JOHN COCKERILL

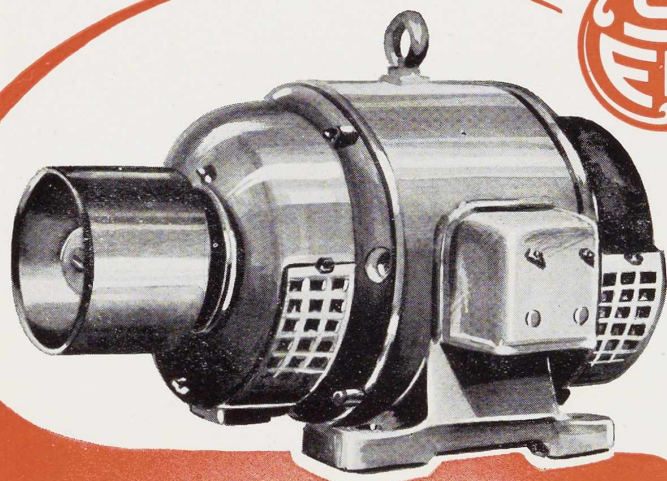
S E R A I N G



*Bati pour presse hydr.  
en col de cygne*

**MÉTALLURGIE \* CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES  
& MÉTALLIQUES \* CONSTRUCTIONS NAVALES \***

# MOTEURS



# SEM

## NOS BUREAUX DE VENTE :

**BRUXELLES**, 54, Chaussée de Charleroi - Tél. 37.30.50  
**GAND**, 42, Dock - Tél. 576.01  
**ANVERS**, 50, Rue Julien-Dillens - Tél. 728.53  
**LIEGE**, 88, Boulevard de la Sauvenière - Tél. 162.05  
**CHARLEROI**, 54, Avenue Gillieaux - Tél. 181.49  
**MONS**, 264, Chemin de la Procession - Tél. 326.44  
**LUXEMBOURG**, 41, Rue de Crécy - Tél. 38.64

TOUS NOS MOTEURS SONT LIVRABLES DE STOCK

*Consultez-nous!*

★  
NOS  
PRINCIPALES  
FABRICATIONS

Département :  
**M E C A N I Q U E**  
42, Dock, Gand - Tél. : 576.01  
**Moteurs Carels - Diesel**  
**stationnaires, marins,**  
**de traction**  
**Machines**  
**et turbines à vapeur**  
**de toutes puissances**

★  
Département :  
**E L E C T R I C I T E**  
**I N D U S T R I E L L E**  
42, Dock, Gand - Tél. : 576.01  
**Moteurs**  
**Synchrones et Asynchrones**  
**Alternateurs**  
**Transformateurs Statiques**  
**Redresseurs Métalliques**  
**à Vapeur de Mercure**  
**Matériel de Traction**  
**Moteurs et Appareillages**  
**de Levage et de Manutention**  
**Transformateurs Statiques**  
**Contacteurs Automatiques**  
**Industriels**  
**Postes Statiques & Groupes**  
**convertisseurs de Soudure**  
**Equipements**  
**Electroniques Industriels, Etc.**

★  
Département :  
**E L E C T R I C I T E**  
**D O M E S T I Q U E**  
54, ch. de Charleroi, Bruxelles  
Tél. : 37.30.50  
Toutes les Applications  
Domestiques de l'Electricité :  
Chauffage, Cuisine,  
Réfrigération, Aspirateurs,  
Cireuses, Lessiveuses, Etc.  
Conditionnement d'Air  
Eclairage  
Petit Matériel d'Installation, Etc.



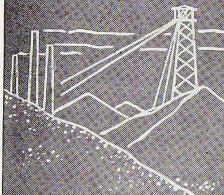
# SEM

Siège Social & Usines :  
**GAND (BELGIQUE)**  
42, Dock

Siège Administratif :  
**B R U X E L L E S**  
54, Chée de Charleroi

# TUBES POUR TOUTES ACTIVITÉS

CHARBONNAGES



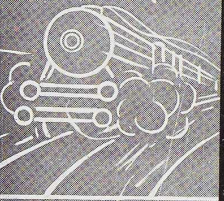
CANALISATIONS



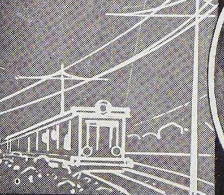
EAU

GAZ

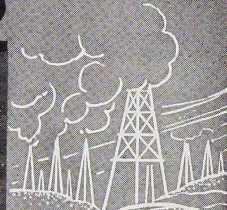
CONSTRUCTION  
MÉCANIQUE



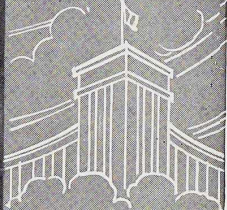
TRANSPORT  
DE FORCE



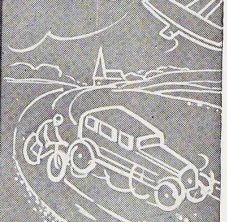
PÉTROLE



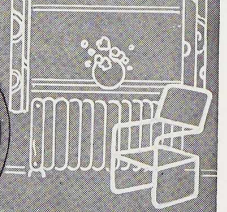
TRAVAUX PUBLICS



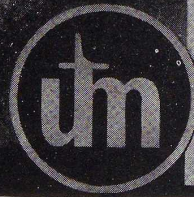
SPORTS



LE HOME



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



## USINES À TUBES DE LA MEUSE

STÉ A N E F L É M A L L E - H A U T E B E L G I Q U E

SOBELPRO



CHEVALEMENT DE MINE AU PUIITS MARIE-JOSÉ, DES CHARBONNAGES DE MAURAGE, CONSTRUIT PAR LA

SOCIÉTÉ ANONYME  
DES ATELIERS  
DE CONSTRUCTION DE

**JAMBES-NAMUR**

ANCIENS ÉTABLISSEMENTS TH. FINET  
VOIR LA DESCRIPTION DE CET OUVRAGE, p. 11 de L'O. M. 1-1947

**JAMBES (BELGIQUE)**

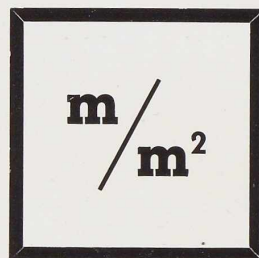
Les solutions modernes exigent des [diminutions] de poids

Les sections se réduisent,

Dès lors...

**Quand...**

**chaque...**



**compte...**

CONSULTEZ LA

**S. A. DES USINES GILSON**  
**LA CROYERE**

qui trouvera dans sa gamme d'aciers éprouvés, la qualité  
qu'il vous faut

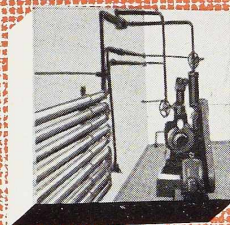
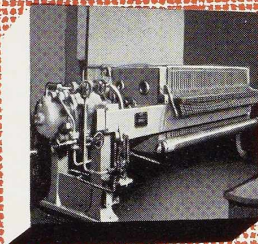
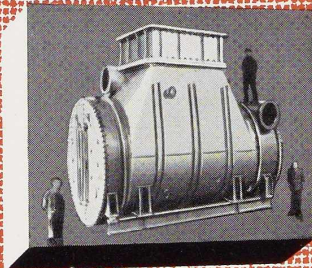
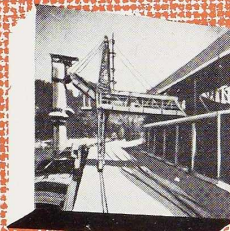
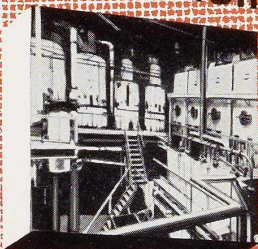
**ACIERS SPECIAUX, S - M, ET ELECTRIQUES**  
**ACIERS ALLIES**

de construction, cémentation et Outillage  
livrés laminés ou forgés, à l'état brut ou  
parachevé, recuit ou traité.

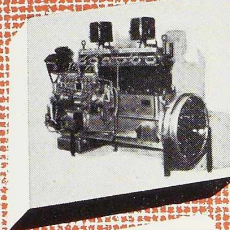
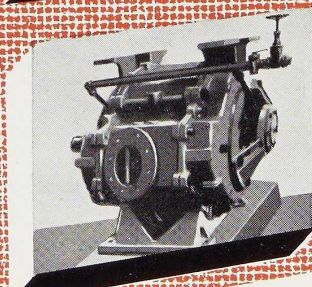
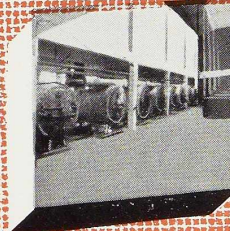
**RONDS RECTIFIES, POLIS AU 1/100 m/m**

# ACMT

SPECIALITÉS PRINCIPALES



INSTALLATIONS DE MANUTENTION  
APPAREILS DE LEVAGE  
MATÉRIEL POUR SUCRERIES  
ET INDUSTRIES CHIMIQUES  
INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES  
MATÉRIEL DE RÉCUPÉRATION "WEL"  
GROSSE CHAUDRONNERIE  
MOTEURS DIESEL À GRANDE VITESSE  
POMPES À VIDE ET SURPRESSEURS  
À ANNEAU LIQUIDE "HYDRO"  
RÉDUCTEURS DE VITESSE



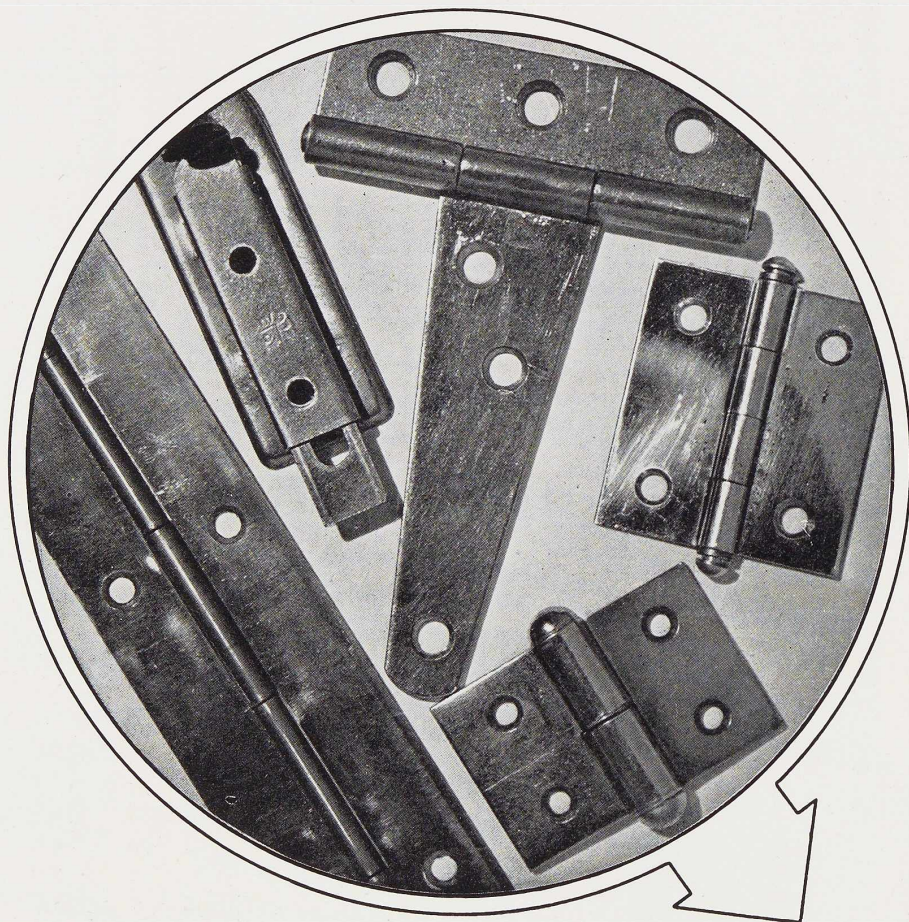
**ATELIERS DE CONSTRUCTION  
MECANIQUE DE TIRLEMONT**

TELEGRAM: GILAIN-TIRLEMONT-

*Anciennement Ateliers J.-J. Gilain*

TEL: 12

QUINCAILLERIE  
ET CUIVRERIE  
MEUBLE ET BATIMENT



S. A. LES ÉTABLISSEMENTS

**ROUSSEL & SERVAIS**

RUE DU GRAND-BIGARD, 18 à 22  
BERCHEM-STE-AGATHE (BRUXELLES)





**CHARPENTES  
MÉTALLIQUES**

SOCIÉTÉ  
ANONYME  
DES ANCIENS  
ÉTABLISSEMENTS

**PAUL WURTH  
LUXEMBOURG**

TELEPHONE : 23.22 - 23.23

ADRESSE TELEGRAPHIQUE : PEWECO-LUXEMBOURG

TOUS PRODUITS M

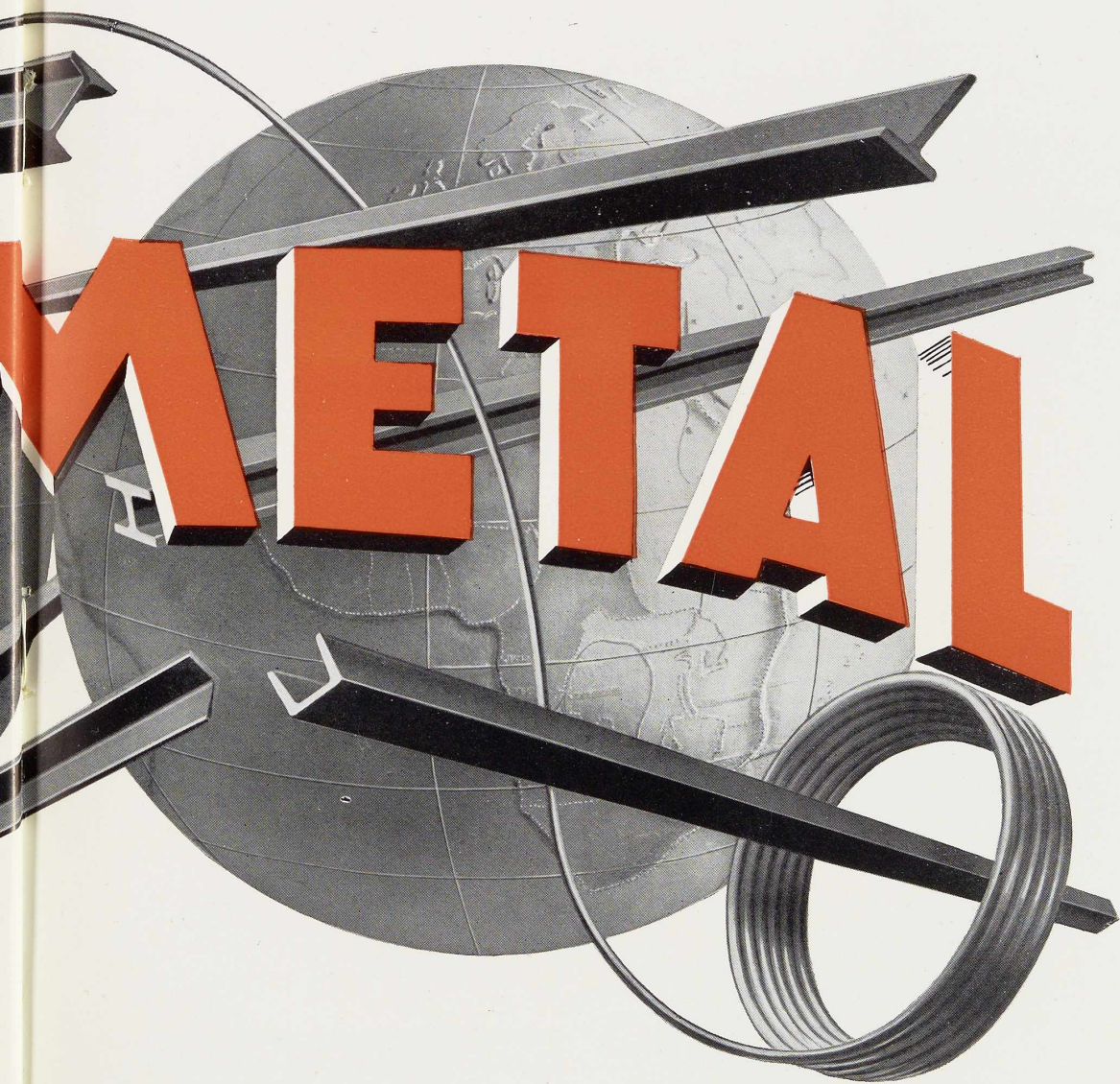


24 RUE F  
BRUXE

**COCKERILL - PROVIDENC**

C.G.P.I.

**MÉTALLURGIQUES**



DE ROYALE  
XELLES

**CE - SAMBRE & MOSELLE**

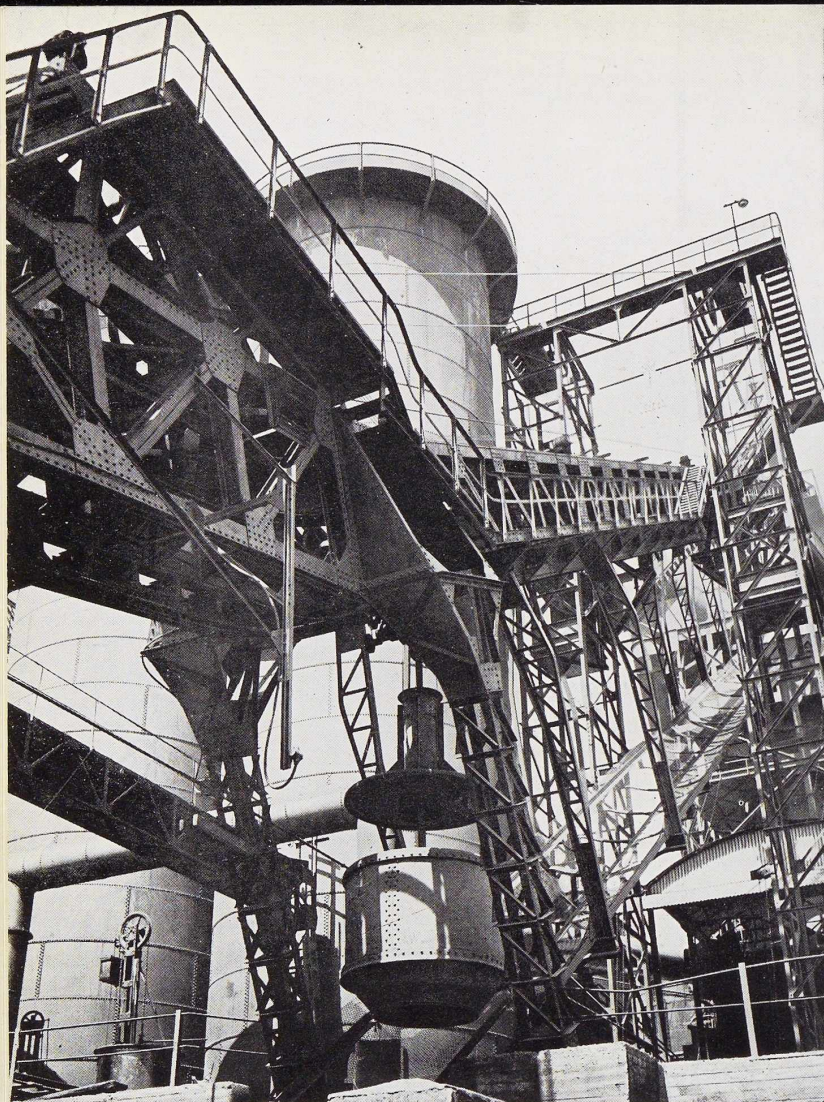


PHOTO W. KESSELS

S. A. USINES GUSTAVE BOËL  
LA LOUVIERE (BELGIQUE)

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

#### FOURS À COKE

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

#### HAUTS FOURNEAUX

Fontes.  
Laitiers granulés et concassés.

#### ACIÉRIES

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

#### LAMINOIRS

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

#### FORGES

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

#### FONDERIES

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

#### ATELIERS DE PARACHÈVEMENT

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

#### BOULONNERIES

Boulons. Crampons. Tirefonds et rivets.

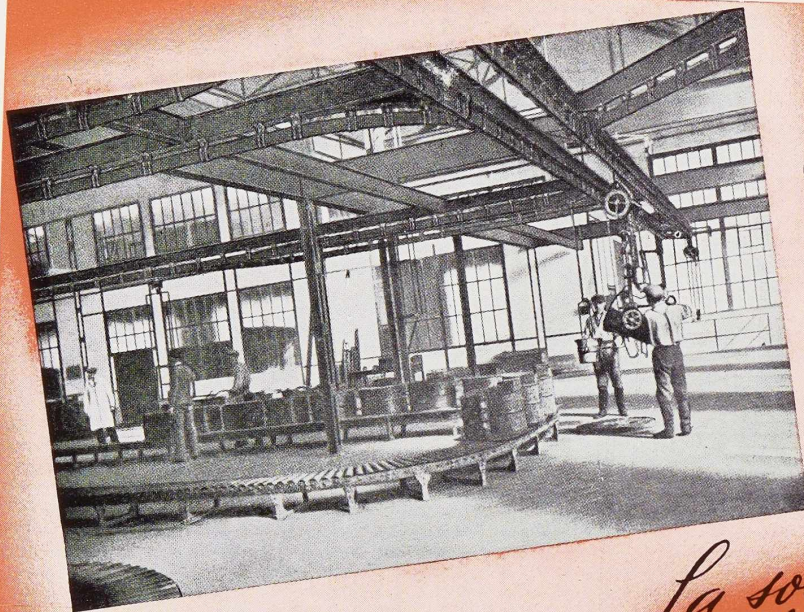
USINES  
GUSTAVE

BOËL

*L'outil de qualité, en acier de qualité*

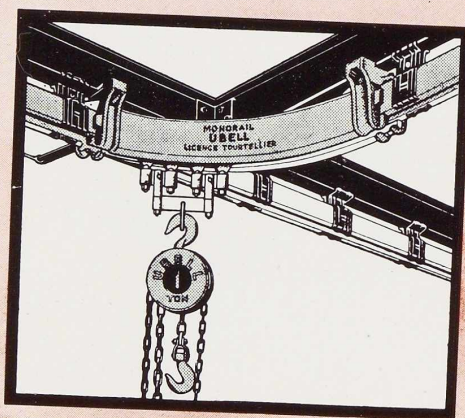


S. A. **GILSOCO** LA LOUVIÈRE (Belgique)



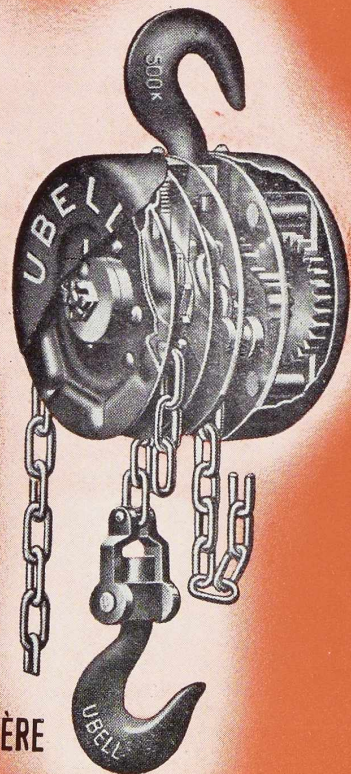
REDUISEZ  
de **50 à 85%**  
VOS FRAIS  
DE MANU-  
TENTION

*La solution  
idéale de tous  
vos problèmes  
de manutention!*

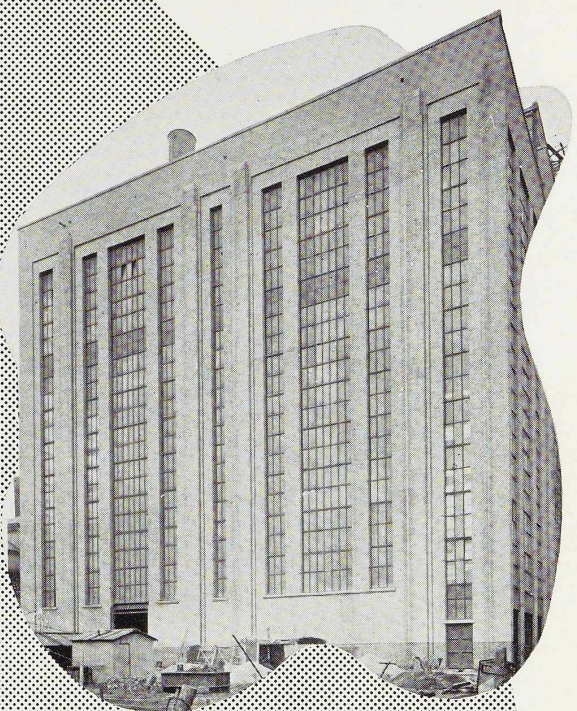
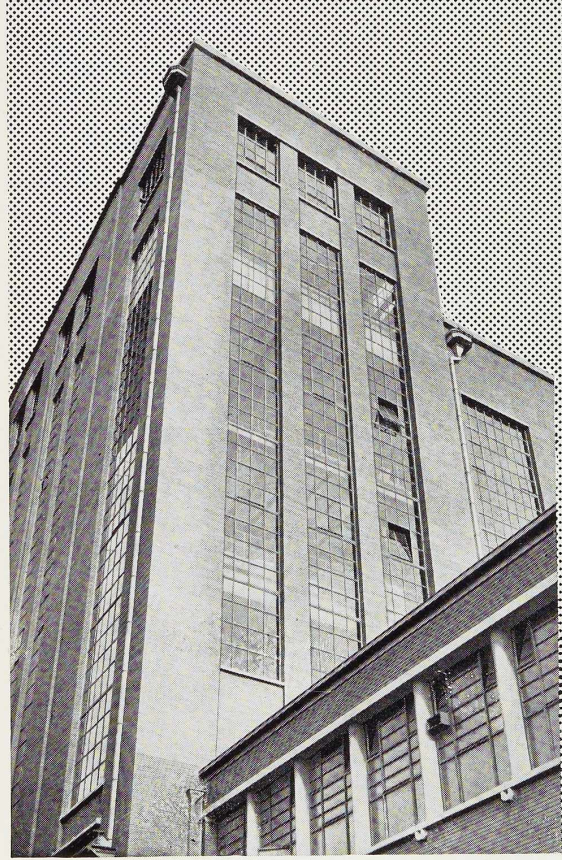
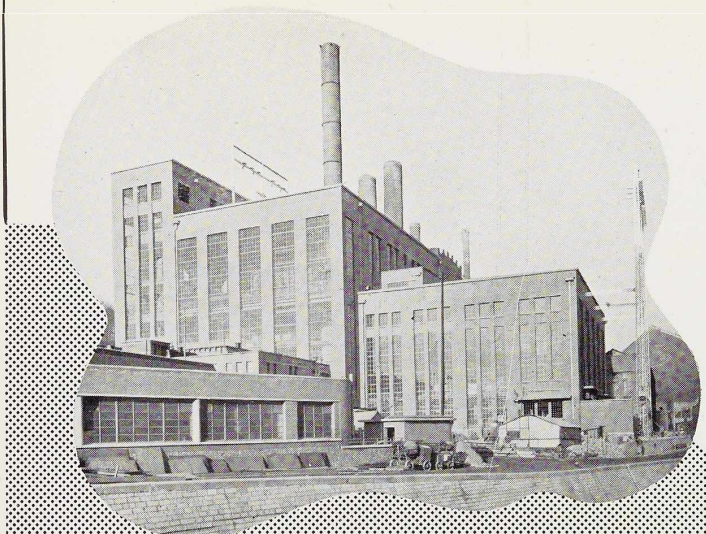


UTILISEZ LE  
MONORAIL  
TUBULAIRE  
**UBELL**  
LICENCE TOURTELLIER  
COMBINÉ AVEC LE  
**PALAN Ubell**

DEMANDEZ LA NOTICE DÉTAILLÉE  
S. A. USINES, BOULONNERIES ET ETIRAGES • LA LOUVIÈRE



CRÉATIONS FRANCIS DELAMARE • 48 AV BRUGMANN BRUXELLES



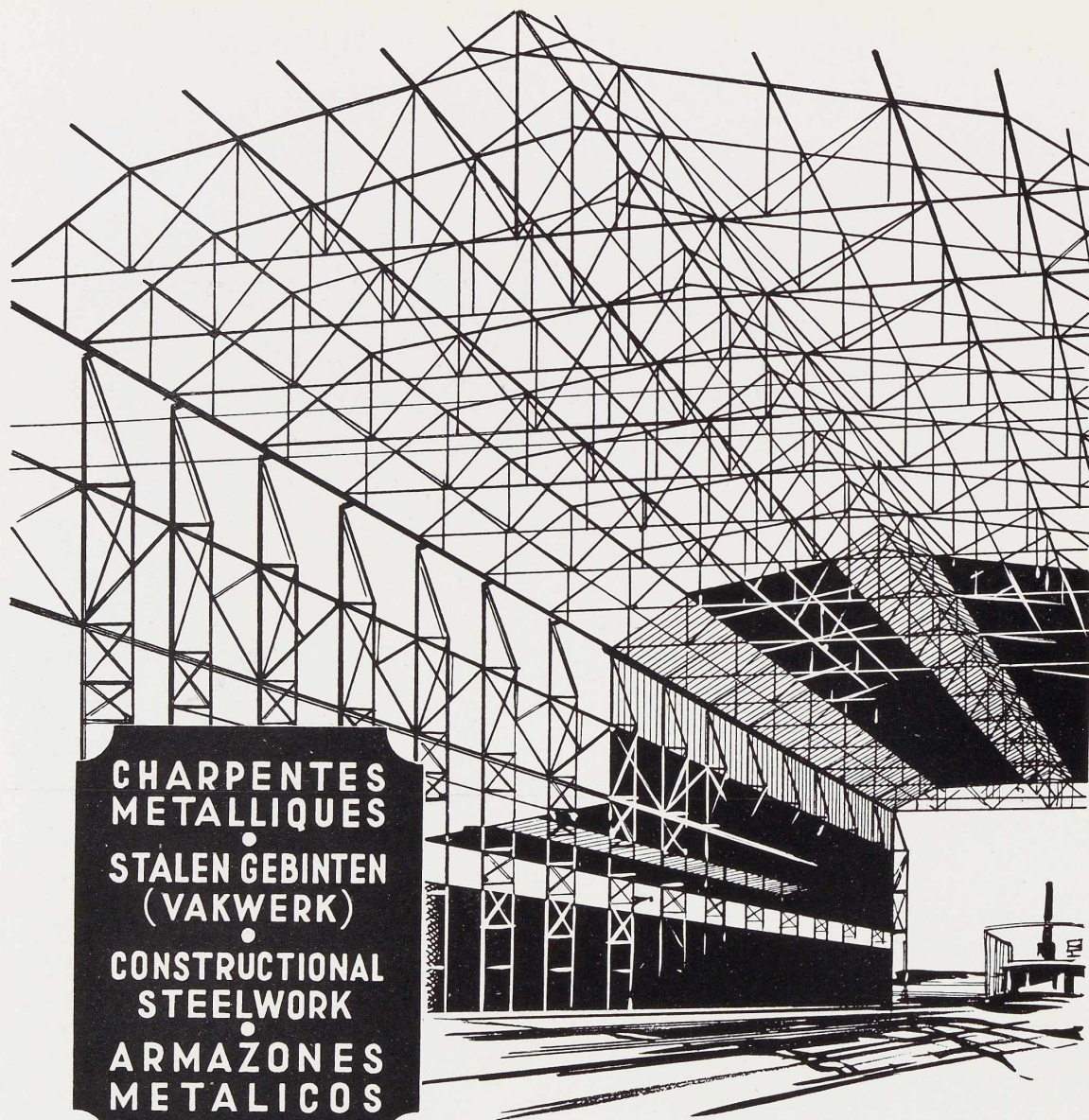
LES NOUVEAUX BATIMENTS DES  
CENTRALES ELECTRIQUES DE  
MONCEAU ET DE LANGERBRUGGE  
SONT EQUIPES DE CHASSIS  
"ZELITH"  
EN FONTE D'ART

ATELIERS D'ART ET FONDERIES DE ZELEM

MOENS & C<sup>o</sup> S.  
A.

23, Chaussée de Charleroi - BRUXELLES

Usines et Fonderies - ZELEM (Limbourg)



CHARPENTES  
METALLIQUES  
•  
STALEN GEBINTEN  
(VAKWERK)  
•  
CONSTRUCTIONAL  
STEELWORK  
•  
ARMAZONES  
METALICOS

**ATELIERS DE**  
**BOUCHOUT & THIRION RÉUNIS**

R. C. BRUX. : 79.683

CHAUSSÉE DE VLEURGAT, 249-253 • TÉLÉGR.: MAXTHI-BRUXELLES • CODES :

A.B.C. 6th Ed.  
BENTLEY'S  
RUDOLF MOSSE

**BRUXELLES** •

**BRUSSEL** •

**BRUSSELS** •

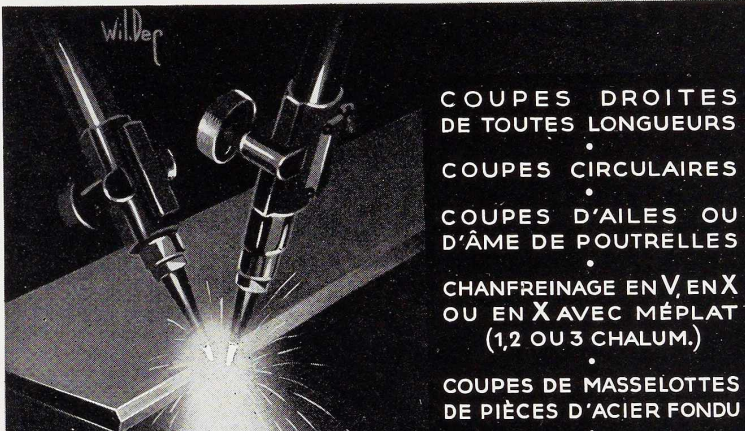
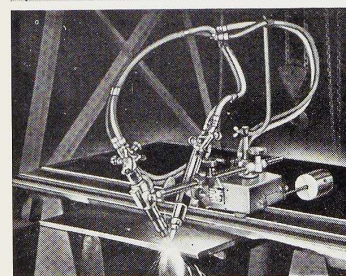
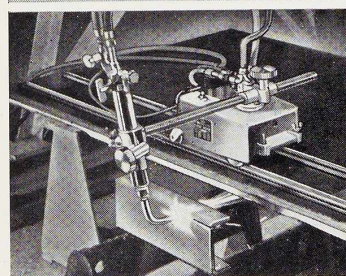
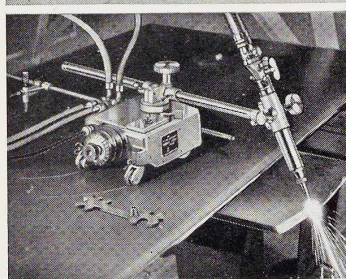
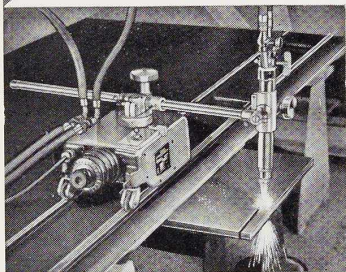
**BRUSELAS**

CRÉATIONS FRANCIS DELAMARE • 48, AV. BRUGMANN, BRUX



# RADIAGRAPH

MACHINE D'OXYCOUPAGE AUTOMATIQUE  
PORTABLE



COUPES DROITES  
DE TOUTES LONGUEURS

COUPES CIRCULAIRES

COUPES D'AILES OU  
D'ÂME DE POUTRELLES

CHANFREINAGE EN V, EN X  
OU EN X AVEC MÉPLAT  
(1,2 OU 3 CHALUM.)

COUPES DE MASSELOTES  
DE PIÈCES D'ACIER FONDU

LIQUOR

S.A.  
31, QUAI ORBAN · LIÈGE

TÉL: 665.55



BRUGGEN • KAPPEN • GAZOMETRES • TANKS • WAGONS • PONTS • CHARPENTES



N.V.M.W.H. **NOBELS-PEELMAN** A.E.M.S.A.  
BELGIE • TEL: 13 • S<sup>T</sup> NIKLAAS • TEL: 235 • BELGIQUE

# L'OSSATURE MÉTALLIQUE

REVUE MENSUELLE DES APPLICATIONS DE L'ACIER

14<sup>e</sup> ANNÉE - N° 1

JANVIER 1949

F. Hébrant,

Ingénieur A. I. Lg.,  
Secrétaire technique  
de la Société Métallurgique  
d'Enghien-Saint-Eloi

## La charpente métallique de la nouvelle centrale électrique de Monceau

Les besoins toujours croissants en énergie électrique ont suscité en Belgique, dès la libération, la mise en application d'un vaste programme de construction de centrales. Celles-ci se caractérisent par leur grande puissance, car l'influence considérable des frais de premier établissement sur le prix du courant, conduit logiquement à la concentration des moyens de production. Telles sont, par exemple, les installations en cours de montage à Monceau et à Schelle, pour ne citer que celles-là, qui seront dotées chacune de deux unités de 50 000 kW.

Dans les lignes qui suivent, on trouvera une description de la nouvelle centrale électrique de Monceau.

### Conception d'ensemble

C'est en juillet 1946 que la Société Electrobél, agissant en qualité de bureau d'études de la Société Intercommunale Belge d'Electricité, confia à la Société Métallurgique d'Enghien-Saint-Eloi, l'étude et la construction des charpentes métalliques de l'extension de la centrale de Monceau.

Deux conceptions de l'ossature étaient en compétition : l'une de construction en poutres composées entièrement soudées, plus légère, l'autre en poutrelles Grey excluant les soudures pour éviter d'introduire des tensions secondaires supplémentaires dans les gros profils.

Quoique plus lourde, la deuxième solution fut

adoptée par l'Electrobél parce que les délais d'approvisionnement étaient beaucoup plus courts et que la construction était d'un aspect plus dégagé.

L'équipement thermo-électrique, à lui seul, mériterait une description détaillée qui présenterait certes un très grand intérêt; mais elle est du ressort des spécialistes en la matière et sortirait du cadre de cette revue. Nous n'en donnons donc que les caractéristiques essentielles de façon à mettre en évidence leur influence sur la conception de l'ossature métallique, car, il va de soi que celle-ci est entièrement assujettie aux dispositions intérieures de la centrale. Le premier problème à résoudre par le constructeur est de déterminer la manière d'en tirer le meilleur parti possible.

La nouvelle centrale est du type monobloc, c'est-à-dire que les deux tranches qui composent l'extension de 100 000 kW sont complètement indépendantes l'une de l'autre et constituées chacune d'une chaudière unique alimentant un turbo-alternateur relié directement au transformateur élévateur 10/70 kV débitant vers le poste haute tension et au transformateur des services auxiliaires 10/3 kV.

Les deux chaudières sont du type Sulzer de 160/210 tonnes/heure, débitant la vapeur à 85 atmosphères à 520° C; elles sont alimentées au charbon pulvérisé et actionnent chacune, un turbo-alternateur du type E. W.-A.C.E.C. de 40/50 000 kW à 3 000 tours/minute. Le simple énoncé de ces chiffres laisse entrevoir l'ampleur des solu-



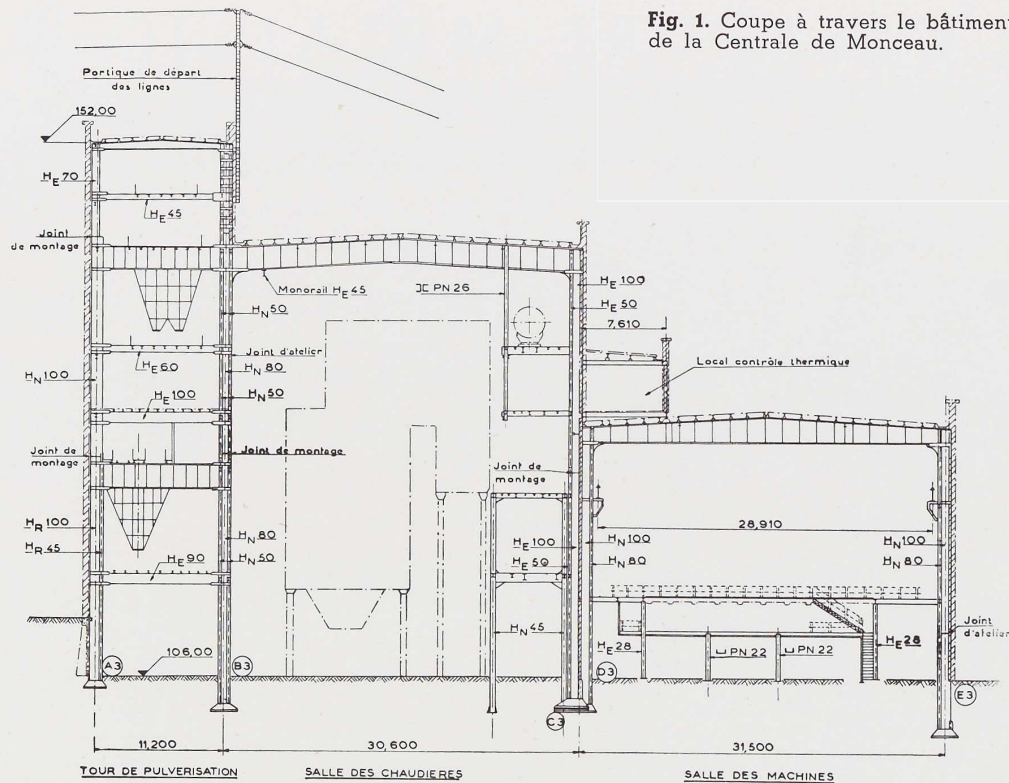


Fig. 1. Coupe à travers le bâtiment de la Centrale de Monceau.

tions adoptées aux différents stades de cette transformation d'énergie. A l'origine de celle-ci, la manutention du charbon revêt une importance exceptionnelle. Elle nécessite à elle seule un grand emplacement, aménagé en fonction du circuit suivi, dont voici esquissées les principales étapes.

Le charbon, amené par deux transporteurs à ruban est stocké dans deux groupes de trémies d'une capacité d'environ 540 tonnes par chaudière, appelées trémies à charbon brut, d'où il est envoyé vers les broyeurs situés au niveau du sol. Le charbon pulvérisé ainsi obtenu est soufflé vers les cyclones se trouvant sur les planchers supérieurs et tombe de là, dans deux trémies de 225 tonnes de capacité chacune. Il est repris enfin par des distributeurs et injecté dans les foyers des chaudières par l'air primaire.

De l'étude des dispositions de l'appareillage correspondant, se déduisent le niveau des planchers de service et les dimensions tant en hauteur qu'en largeur à réserver à cette partie des bâtiments, dénommée généralement la tour de pulvérisation. En conséquence, on est amené à prévoir de bas en haut un plancher sous les trémies à charbon brut, des traverses importantes supportant ces trémies et les transporteurs, un plancher des ventilateurs d'air primaire, une passerelle de service sous les trémies à charbon pulvérisé, des traverses analogues aux précédentes supportant ces trémies et enfin le plancher des cyclones. Le schéma d'une coupe transversale de la tour se présente donc nécessairement comme l'indique la figure 1, c'est-à-dire, qu'il est constitué de deux colonnes distantes d'axe en axe de 11<sup>m</sup>20 s'élançant jusqu'à une hauteur d'en-



viron 46 mètres au-dessus du niveau du sol et reliées entre elles par une série de traverses.

Par leur destination même, ces planchers, qui règnent sur toute la longueur du bâtiment, ne peuvent comporter aucune entrave à la circulation. Il ne peut donc être question, pour assurer la stabilité transversale de cette tour, de relier les groupes de deux colonnes par un contreventement en diagonales. La seule solution possible consiste donc à réaliser une série de portiques étagés en mettant à profit la disposition fonctionnelle décrite ci-dessus. Les proportions de la tour étant d'ailleurs éminemment favorables, le rapport de la largeur à la hauteur d'un portique

valant environ  $\frac{11,20}{48} = \frac{1}{4,3}$ , nous verrons plus loin qu'elle assure pratiquement à elle seule, la stabilité transversale de toute la construction.

La salle des chaudières est d'un caractère tout différent; elle abrite les deux unités Sulzer dont la hauteur totale est d'environ 30 mètres, les divers planchers et passerelles situés autour des

chaudières, les planchers suspendus de commande et support des bâches de démarrages ainsi que les planchers arrières supportant les cheminées et les ventilateurs de tirage. Cet équipement exige, pour son installation, un hall d'environ 30<sup>m</sup>60 de largeur et 36 mètres de hauteur libre, à l'intérieur duquel il est impossible de dresser des colonnes intermédiaires pouvant supporter la toiture. Les poutres-fermes franchissent donc d'une seule volée la largeur du hall et viennent s'assembler, d'une part sur les portiques correspondants de la tour de pulvérisation et d'autre part sur des colonnes isolées. La figure 1 montre que l'on constitue de cette façon de vastes portiques enjambant les chaudières et que, par un heureux concours de circonstances, leur rigidité est améliorée par l'encastrement des fermes sur les traverses de trémie.

Enfin, on trouve, accolés aux deux halls précités, la salle des machines renfermant les turbines, les pompes, les réchauffeurs, les condenseurs, etc., les planchers de service nécessaires et

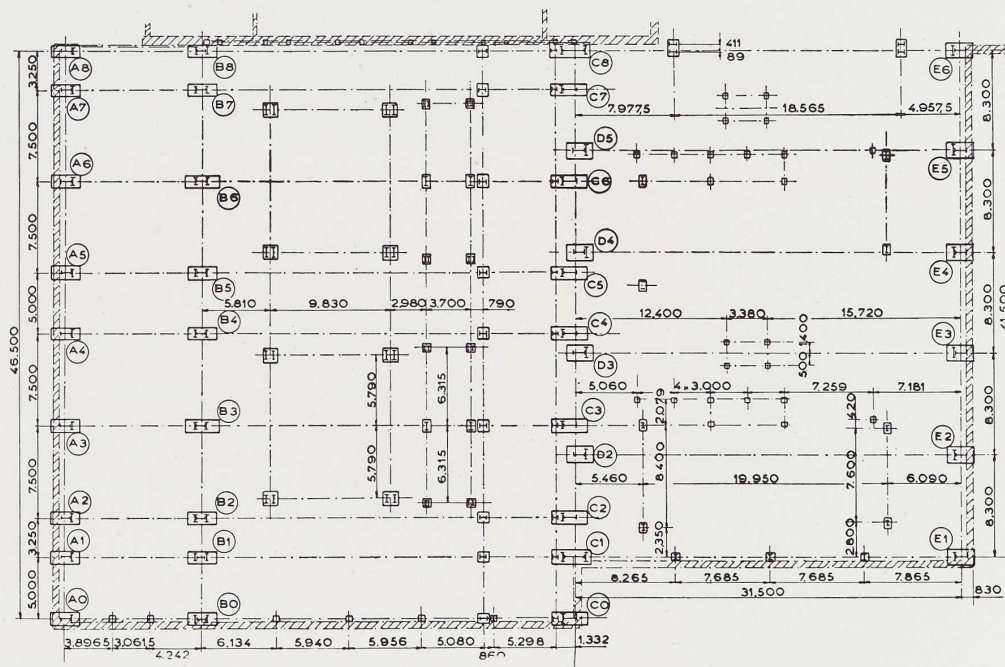
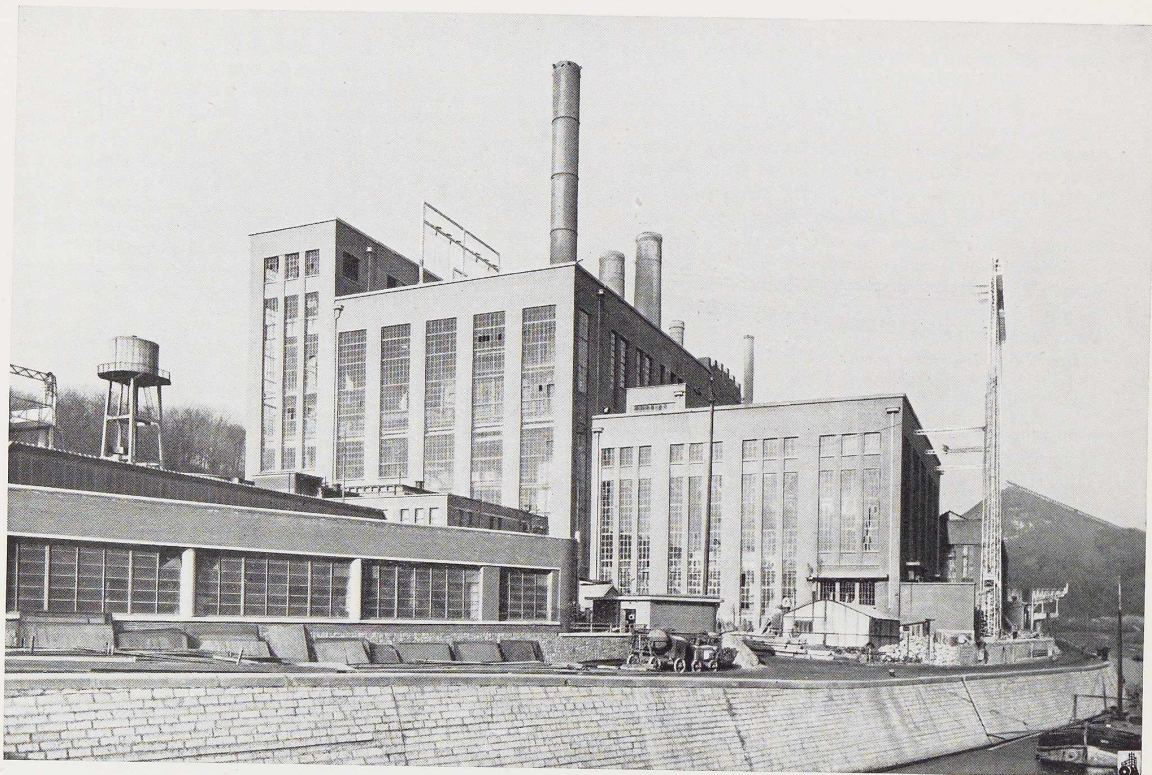


Fig. 2. Vue en plan montrant l'emplacement des colonnes.



Photos Dietens



**Fig. 3.** Vue générale de la nouvelle centrale électrique de Monceau.

**Fig. 4.** Vue partielle des châssis « Zelith » du pignon provisoire Nord qui sont reliés directement à l'ossature par l'intermédiaire de dogues et de joints plastiques.

le pont roulant d'une puissance de 100 tonnes servant à la manutention des lourds éléments de ce matériel. Les encombrements conduisent ici encore à un hall d'environ 31<sup>m</sup>50 de portée et 20<sup>m</sup>00 de hauteur libre. La structure transversale est également du type à portiques, ceux-ci s'appuyant simplement en tête sur ceux de la salle des chaudières.

Citons encore la salle du contrôle thermique, juchée sur le toit de la salle des machines, véritable poste d'observation, où sont concentrés sur quelques mètres carrés les moyens de suivre la marche de ces engins qui, par contraste, apparaissent titanesques.

Etant donné la hauteur et la largeur des trois halls principaux, l'étude de leur stabilité longitudinale requiert toute l'attention du calculateur.

L'aspect des façades avec les vitrages s'étendant sur toute leur hauteur confère à l'ensemble un caractère architectural, dont il eût été malvenu de rompre l'ordonnance par une série de contreventements apparents. Par ailleurs, placés dans les parois intermédiaires, ceux-ci auraient été d'un effet fort inesthétique. En conséquence, on a décidé d'utiliser, en les rendant rigides, les cadres formés par les colonnes et les traverses longitudinales (fig. 9), conservant de cette façon une unité de conception judicieuse; celle-ci permet de créer une construction homogène donnant une impression de stabilité, d'où sont exclues toutes triangulations encombrantes et d'allure mouvementée, et dont les proportions satisfont, croyons-nous, l'esprit préoccupé à la fois des aspects fonctionnel et esthétique des choses, si utilitaires soient-elles.

Pour compléter cette description, mentionnons encore quelques détails de construction.

Les efforts dus au vent sont repris dans les pignons par de grandes poutres de contreventement franchissant d'une portée la largeur des bâtiments, et sur lesquelles s'appuient les colonnes intermédiaires; on en trouve à trois niveaux différents dans la salle des chaudières et à deux niveaux seulement dans la salle des machines. Dans les longs pans, l'écartement entre colonnes étant beaucoup plus faible, les poteaux intermédiaires s'appuient sur de simples traverses horizontales. Les planchers supportant les cheminées et les ventilateurs de tirage sont indépendants de l'ossature principale en vue d'éviter la propagation des vibrations.

Les platelages des planchers sont soit en métal ajouré, soit en tôles striées, soit encore en voussettes de béton. La toiture est constituée de dalles creuses avec roofing; des lanterneaux avec pla-

fonds vitrés sont prévus uniquement dans la salle des machines.

Les maçonneries des pignons avant et des longs-pans sont autoportantes et reliées de place en place aux montants et colonnes par des ancrages pouvant coulisser et permettant la dilatation verticale. Les maçonneries des pignons arrière qui sont provisoires, sont d'une brique d'épaisseur, raidies par des ossatures métalliques.

### Conditions de calculs

L'étude de l'équipement de la centrale permet de déterminer la valeur des charges à supporter et de les localiser. Il y a lieu de prendre en compte tout d'abord les poids morts, le poids des appareils éventuellement majoré par un coefficient dynamique, les réactions du pont roulant de la salle des machines, les tractions dues aux départs de lignes fixés au bâtiment, le poids des maçonneries éventuellement supportées, le poids du charbon stocké dans les trémies, etc. Vient ensuite la prise en considération des effets du vent et de la neige, tels qu'ils sont régis par le règlement de 1937 de l'Association Belge de Standardisation (actuellement Institut Belge de Normalisation). La pression de base est de 100 kg/m<sup>2</sup> mais varie avec la hauteur du bâtiment.

L'acier utilisé est l'acier doux Thomas ordinaire donnant 37-44 kg/mm<sup>2</sup> de limite de rupture, 24 kg/mm<sup>2</sup> de limite élastique et 20 % d'allongement sans prescription spéciale. La construction étant presque entièrement rivée ou boulonnée, sauf quelques assemblages simples soudés, il n'a pas été jugé nécessaire d'imposer des conditions particulières de réception.

Les tensions admissibles ont donc été limitées conformément au règlement précité : en traction ou compression, à 16 kg/mm<sup>2</sup> ou à 14 kg/mm<sup>2</sup>, suivant que l'on fait ou non intervenir les efforts dus au vent; en cisaillement pour les rivets ou boulons, à 4/5 des valeurs précédentes; en traction pour les boulons, à 10 kg/mm<sup>2</sup>.

La pression maximum admise sur le béton de fondation est de 50 kg/cm<sup>2</sup>.

### Méthode de calcul

Nous ne citerons que pour mémoire le calcul des planchers, silos, poutres de contreventement, colonnes et traverses intermédiaires qui ne présente rien de particulier, pour nous arrêter au calcul de l'ossature proprement dite des bâtiments.

Rappelons d'abord que pour assurer la stabi-



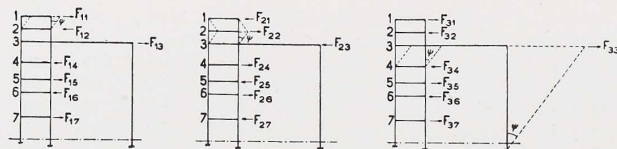


Fig. 5. Schémas des déplacements imposés à 3 nœuds pour la recherche des sollicitations dues au vent, par la méthode de Cross.

lité transversale, on a constitué des portiques doubles encastrés aux pieds, dont la première travée est l'ossature de la tour de pulvérisation et la seconde celle de la salle des chaudières. La stabilité de la salle des machines doit se traiter séparément, ses colonnes se trouvant décalées par rapport à celles des portiques précédents (fig. 2, p. 3).

Quand on considère le schéma d'un de ces

portiques doubles et les valeurs disparates des raideurs des éléments, on se rend compte que toute hypothèse sur la position des points d'inflexion, non contrôlée par une méthode suffisamment exacte, peut conduire à de graves erreurs. La méthode de calcul la plus adéquate dans un tel cas semble être l'application du procédé de Cross brièvement rappelée ci-après.

On sait que pour un système sollicité dont les nœuds sont libres dans le plan, on est amené à rechercher successivement l'influence du déplacement d'un seul nœud, tous les autres étant provisoirement fixés. Adoptant l'hypothèse admissible de l'invariabilité de longueur des barres, nous avons, dans le cas présent, à envisager sept déplacements tels que ceux indiqués à la figure 5. Pour chacun d'eux, il naît aux extrémités des éléments verticaux déviés, supposés parfaitement encastrés, des moments valant  $3 \Delta \psi$ ,

où A représente la raideur  $\frac{2EI}{l}$  de l'élément et  $\psi$  l'angle de déviation imposé. La méthode de Cross appliquée à chacun des cas permet de déterminer la répartition de ces moments dans tout le système et, par l'équilibre horizontal de chaque étage, les forces appelées forces de déviation ou de fixation selon qu'elles se rapportent aux nœuds déplacés ou aux nœuds bloqués. Soient donc :

$$F_{11} F_{12} F_{13} \dots F_{17}$$

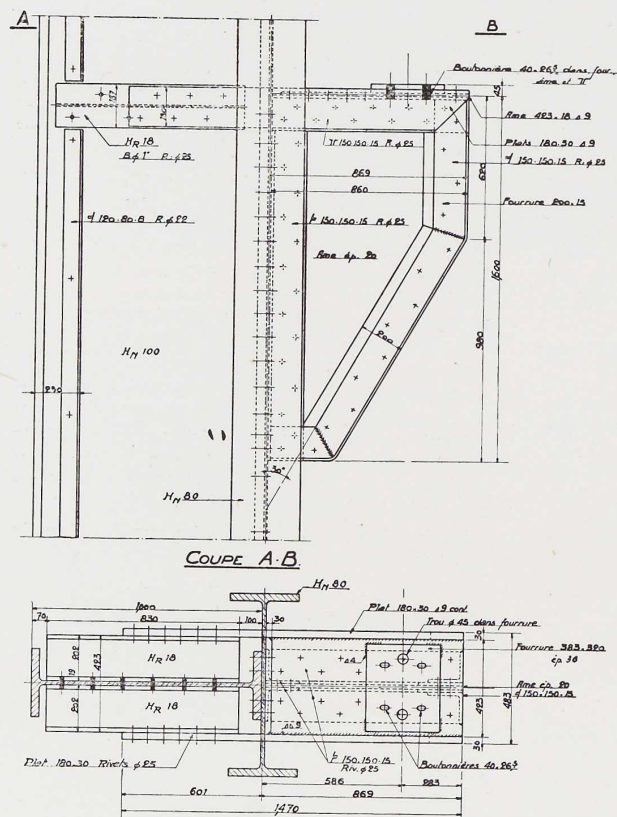


Fig. 6. Console de chemin de roulement du pont de 100 tonnes de la salle des machines.





ces forces appliquées aux nœuds pour la première étape (déplacement des nœuds 1),

$$F_{21} \quad F_{22} \quad F_{23} \quad \dots \quad F_{27}$$

ces forces correspondent à la deuxième étape

$$\dots\dots\dots$$

$$F_{71} \quad F_{72} \quad F_{73} \quad \dots \quad F_{77}$$

ces forces correspondant à la septième étape et supposons que nous recherchions les valeurs des sollicitations du portique sous l'action des efforts  $P_1, P_2 \dots P_7$ , dus au vent, reportés aux nœuds. Les effets des sept déviations s'influencent mutuellement, leur superposition en vue de reproduire la situation réelle du portique tous nœuds libres, n'est valable que moyennant l'introduction des coefficients  $k_1, k_2 \dots k_7$  solutions du système de sept équations :

$$\begin{aligned} k_1 F_{11} + k_2 F_{21} + k_3 F_{31} + \dots \dots k_7 F_{71} &= P_1 \\ k_1 F_{12} + k_2 F_{22} + k_3 F_{32} + \dots \dots k_7 F_{72} &= P_2 \\ \dots\dots\dots \\ k_1 F_{17} + k_2 F_{27} + k_3 F_{37} + \dots \dots k_7 F_{77} &= P_7 \end{aligned} \quad (1)$$

traduisant l'équilibre horizontal réel à chaque étage. Les valeurs de  $k$  étant calculées, on obtient facilement les valeurs définitives des moments à tous les nœuds par la somme algébrique des moments de chaque étape, multipliés par le coefficient  $k$  adéquat; de là, se déduisent les N et T.

Ces calculs ont été conduits à partir d'éléments déterminés par une méthode approchée, consistant à supputer un certain degré d'encastrement des traverses et la position probable des points d'inflexion dans les montants. Nous avons envisagé séparément de cette manière, l'action du vent soufflant dans un sens ou dans l'autre, l'action des tractions dues aux départs de lignes et enfin celle des charges verticales. Dans chaque cas, il suffit de résoudre le système (1) où seuls les termes indépendants varient; les forces  $P_1$  à  $P_7$  sont à remplacer dans le cas des charges verticales par les efforts tranchants  $T_1, T_2 \dots T_7$  à chaque étage, résultant du Cross supplémentaire exécuté avec tous les nœuds fixes et les charges appliquées sur les traverses (les calculs ont montré d'ailleurs que, dans ce dernier cas, l'influence des déviations est faible). Pour l'étude des portiques longitudinaux, nous avons suivi le même processus.

Nous donnons à la figure 7 un diagramme des moments dans les éléments.

Cette méthode qui paraît à première vue fastidieuse, se révèle, à l'emploi, pratique et sûre. Chacun des Cross de déviation ne se fait qu'une

fois par type de portique; la propagation des moment  $3A\psi$  s'amortit relativement vite et les opérations, deviennent systématiques une fois mise au point la question de signe des forces F et P. Enfin, la résolution du système de sept équations est une opération qui requiert une grande attention certes, mais qui est somme toute courante.

La méthode de Gehler, par contre, dans des cas aussi complexes est d'application plus délicate et conduirait à un système de vingt-trois équations à vingt-trois inconnues qui est vraiment inextricable. De plus, elle est tout au long de son développement purement mathématique, alors que les Cross permettent de suivre et de contrôler les opérations.

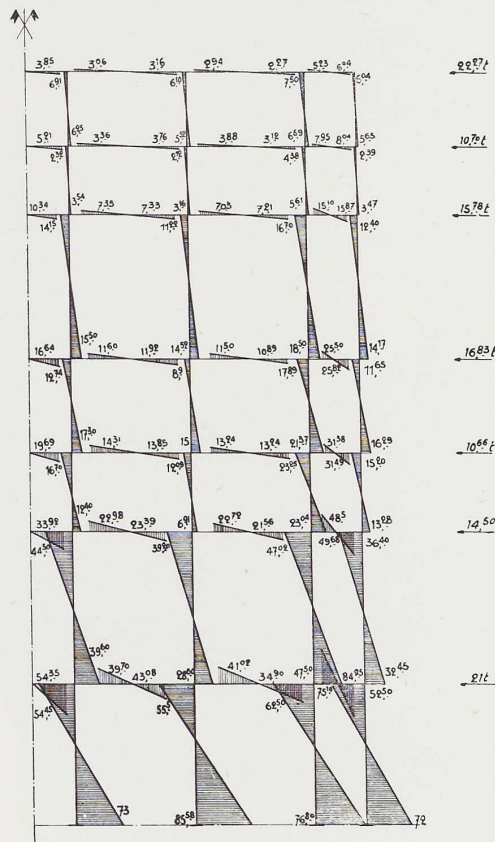
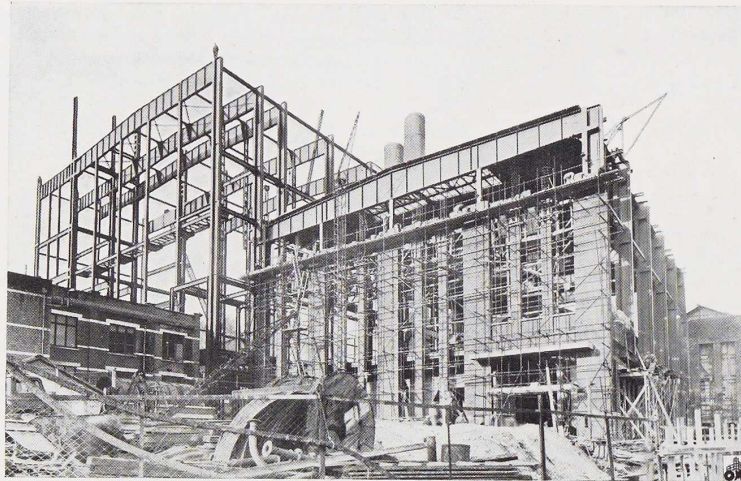
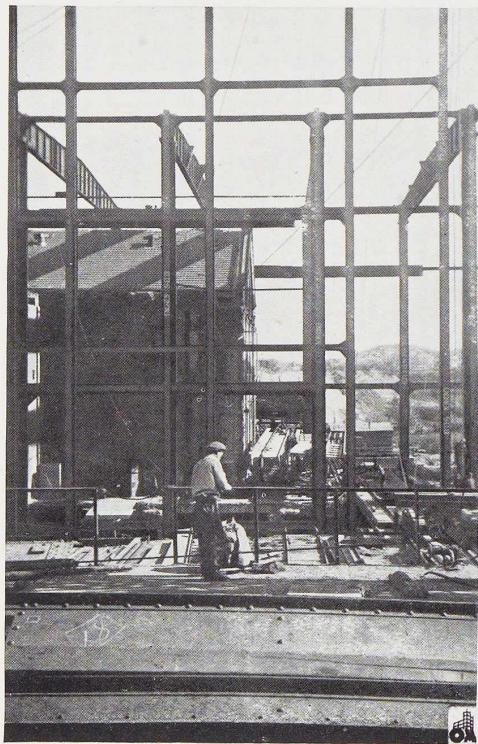


Fig. 7. Diagramme des moments fléchissants dans un portique longitudinal sous les efforts du vent et de la traction des départs de ligne.





**Fig. 8.** Vue d'ensemble des travaux. A droite, la salle des machines; à gauche, la salle des chaudières et la tour de pulvérisation en cours de montage.



#### Détails constructifs

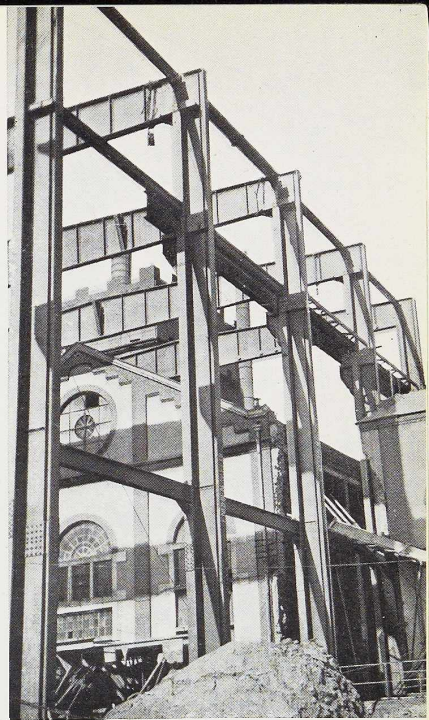
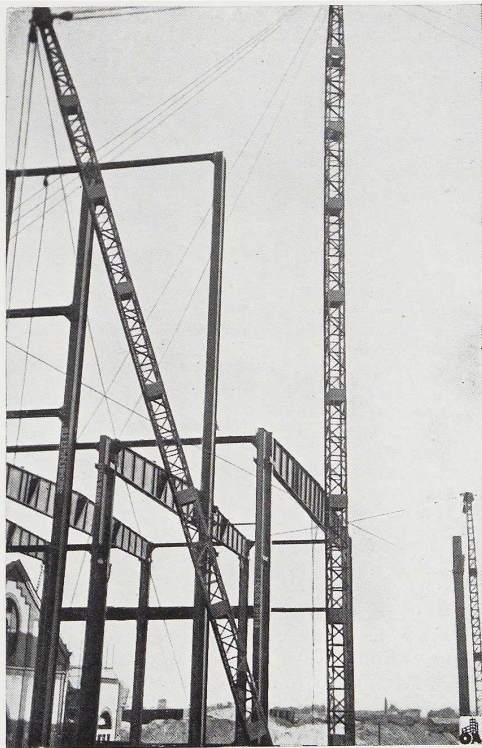
Comme nous l'avons montré, les colonnes participent à la fois aux portiques transversaux et aux portiques longitudinaux. Les profils choisis doivent donc présenter des  $\frac{I}{v}$  suffisants dans les deux sens en même temps qu'une grande section, les charges verticales étant importantes. Les combinaisons de poutrelles Grey He, Hx et Hx adoptées (fig. 14) répondent parfaitement à ces exigences et, de plus, conduisent à une construction économique. Il ne faut en effet, pour constituer les colonnes, qu'un nombre réduit de rivets ce qui diminue notablement la dépense de main-d'œuvre.

Les traverses des portiques sont des poutrelles Grey sauf celles qui supportent les trémies, dont la hauteur, 2<sup>m</sup>00 environ, est conditionnée par la capacité de celles-ci. Ces traverses spéciales qui jouent en même temps le rôle de paroi, sont des poutres composées à âme pleine avec brides en U soudées servant également de raidisseurs horizontaux.

Les fermes de la salle des chaudières et de la salle des machines, d'environ 30 mètres de

**Fig. 9.** Vue prise du terre-plein de déchargement pendant le montage des portiques longitudinaux C.





**Fig. 10 à 12.** Vues prises au cours du montage de la charpente. Fermes de la salle des machines, passant au-dessus des locaux existants, avec, à l'avant-plan, la tranchée pour fondations et la voie de wagonnets (à gauche). Mât de 50 mètres pour la mise en place des colonnes C et D et des fermes de la salle des machines (au centre). Colonnes E, dont les 2 premières sont implantées dans la salle des machines existante (à droite).

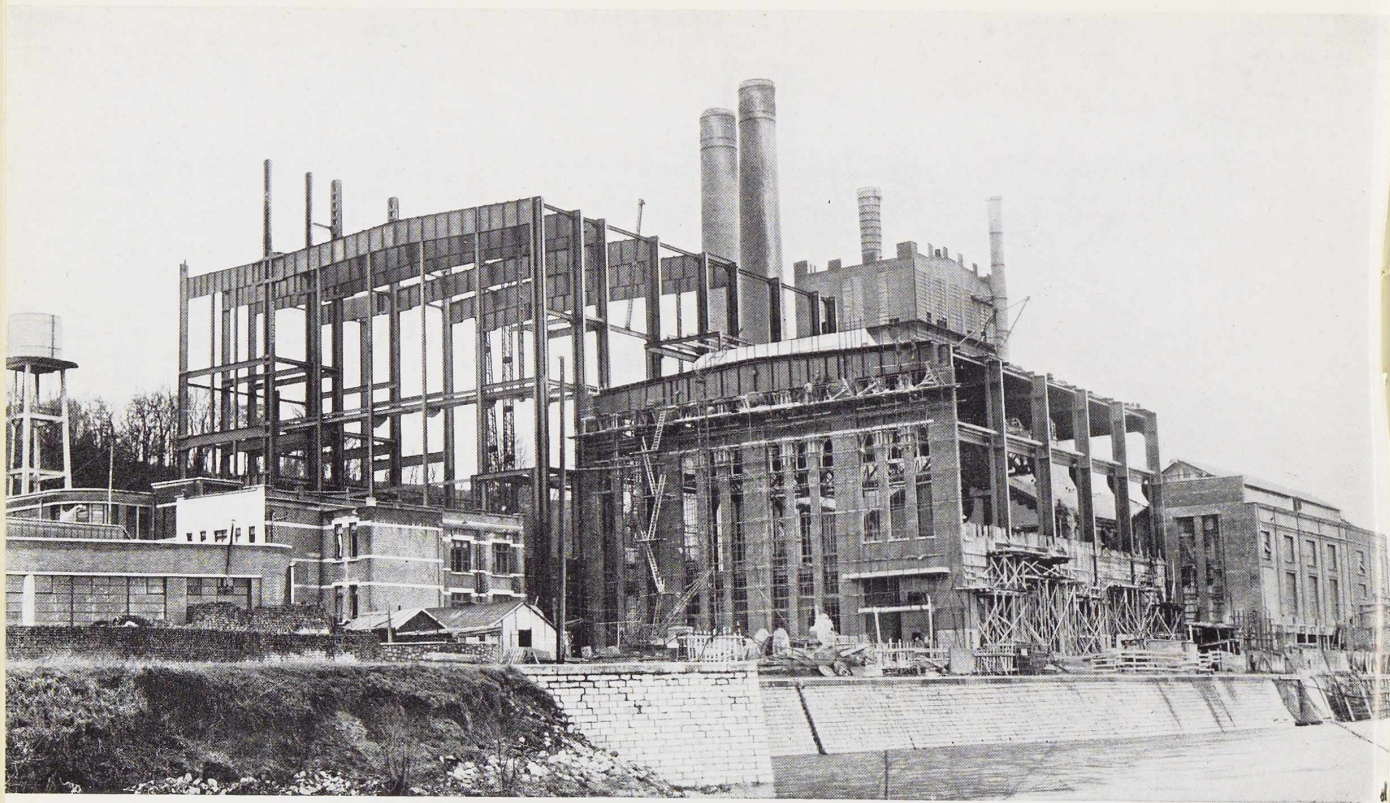


Fig. 13. Vue d'ensemble des travaux prise de la berge opposée de la Sambre. On remarquera l'exiguïté du chantier.

portée, sont également des poutres composées à âme pleine rivées de 2<sup>m</sup>25 de hauteur (fig. 8 et 13).

Ainsi conçus, les éléments donnent à l'ensemble une unité et une simplicité de ligne remarquables, qui se sont affirmées d'une façon caractéristique, en cours de montage et qui contraste fortement avec la construction industrielle courante comportant toujours un fouillis impénétrable de barres.

Les nœuds rigides des portiques, qui sont en réalité la clé de tout le système, demandent une attention particulière. Le principe adopté, visible sur les figures 8 et 13, coté tour de pulvérisation, résulte d'un calcul minutieux, tenant compte des sollicitations secondaires d'excentricité. Il est le même pour tous les nœuds des portiques transversaux qui reprennent, outre les efforts dus au vent, de très grandes charges ver-

ticales en majeure partie permanentes. L'effet recherché est la solidarisation de la traverse avec chacun des fûts de la colonne, en vue d'une bonne transmission des moments; cette solidarisation est réalisée par des éléments soudés horizontaux assemblés sur les ailes supérieures et inférieures des traverses et les colonnes par boulons travaillant au cisaillement.

Dans les portiques longitudinaux, notre choix s'est porté sur un type de nœud plus simple (fig. 15), permettant une certaine standardisation par profil de traverse. Quoique moins efficaces, leur emploi se justifie par le fait qu'ils n'ont à supporter principalement que des efforts dus au vent, n'atteignant donc leur pleine valeur que très rarement.

Enfin, signalons encore les consoles des poutres de roulement de la salle des machines prévues pour un pont de 100 tonnes (fig. 6, p. 6) dont la



disposition permet d'éviter les tractions sur les têtes des boulons ou rivets.

Quant à la construction, on peut dire, qu'à l'exception des éléments indiqués sur les figures 6 et 15, des éléments horizontaux des encastres transversaux et de quelques détails d'assemblage dans les trémies, elle est presque entièrement réalisée par rivure en atelier et par boulons sur chantier. Cette ligne de conduite adoptée dès le début de l'étude nous semble logique, en raison des fortes épaisseurs mises en jeu, du développement des nœuds transversaux et des difficultés de soudage sur place; nous avons fait en sorte d'appliquer la soudure, là où sont réunies le maximum de garanties pour une bonne exécution.

Les éléments ont été fabriqués en usines en longueurs les plus grandes possibles compatibles avec les conditions de transport et les sujétions du chantier. Ainsi les colonnes et les fermes de la salle des machines respectivement de 27 mètres et 30 mètres de longueur ont été expédiées en une seule pièce, les autres colonnes en tronçons de 20 à 23 mètres et les fermes de la salle des chaudières en deux pièces. Les trémies qui sont de grande capacité, ont été montées à blanc en atelier et expédiées par partie.

Comme nous l'avons déjà noté, l'emploi des profils Grey de grandes dimensions réduit avantageusement la main-d'œuvre nécessaire à la constitution des éléments de l'ossature principale. Les pieds de colonnes, les joints et les nœuds restent les parties les plus ouvragées. Bien qu'il soit impossible de standardiser ces détails d'une façon rigoureuse, il est cependant du plus grand intérêt, tant du point de vue de l'économie que de la qualité de l'exécution de limiter au minimum la diversité sinon des dimensions tout au moins des principes. C'est dans cet esprit que nous avons fixé notre choix sur deux types seulement de nœuds. Leur usinage ne se fait pas à proprement parler en série, mais leur reproduction en un grand nombre de modèles similaires conduit le service intéressé à étudier attentivement leur mise en fabrication. Ce fut précisément le cas pour les nœuds des portiques longitudinaux, où il fallait éviter une déformation des semelles verticales d'about après soudure. En effet, une courbure convexe, par exemple, n'aurait plus permis le contact satisfaisant avec les semelles des colonnes, et rapprochait la zone de compression du nœud du centre de gravité, en diminuant du même coup le bras de levier du moment. Pour le surplus, le jeu ainsi laissé dans le nœud aurait compromis sa rigidité. Après examen de la question on adopta une succession

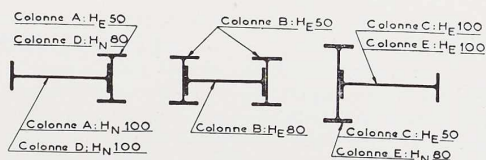


Fig. 14. Combinaison des poutrelles à larges ailes adoptées pour les colonnes.

des cordons judicieuse, qui, une fois mise au point, constitua la solution simple et radicale. Ainsi, une collaboration fructueuse entre les services d'études et les services de fabrication conduit à une réalisation concordant parfaitement avec les hypothèses de calcul et les plans de détails, ce qui confère aux constructions métalliques cette grande sécurité qui leur est universellement reconnue.

#### Montage sur chantier

Le montage est exécuté dans des conditions particulièrement difficiles sur un terrain exigu, coïncé entre la Sambre et la colline toute proche, la centrale et les bureaux existants et sur lequel

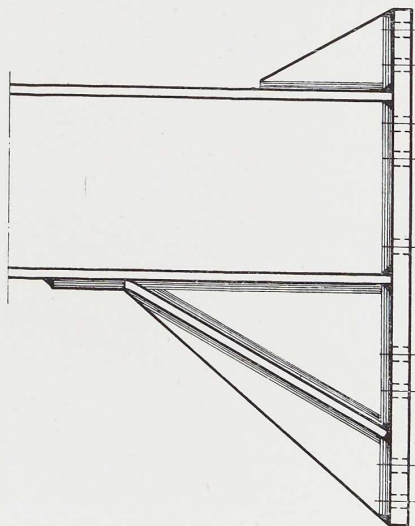


Fig. 15. Type d'encastrement réalisé dans les portiques longitudinaux.

s'effectuent simultanément les travaux de fondation (fig. 8 et 13).

Le peu d'espace libre ne permet pas de constituer des stocks importants de charpentes à proximité immédiate. Celles-ci sont donc amenées par wagons sur un terre-plein situé face au chantier mais surélevé de 5 à 6 mètres (fig. 9). Elles y sont déchargées par un mât installé à demeure qui sert également à les recharger sur des wagonnets roulant au niveau du chantier. Par translation perpendiculaire à l'axe des nouveaux bâtiments, ces wagonnets, en franchissant les tranchées de fondation sur ponceaux provisoires (fig. 10) conduisent les éléments de charpente à l'emplacement voulu d'où ils sont repris par un mât à flèche pour être mis en place. Plus tard, on constitua un stock formant volant à quelques centaines de mètres de là, de façon à ne pas entraver les expéditions.

Les travaux devaient nécessairement commencer par la salle des machines pour permettre au plus tôt l'installation du pont roulant et du matériel électrique. Les phases se succédèrent donc dans l'ordre suivant :

Montage du long pan extérieur E à l'aide d'un mât auxiliaire; les deux premières colonnes qui sont implantées dans la salle des machines, étant introduites en tronçons, par la toiture (fig. 12);

Montage des colonnes D et C et des fermes de 30 mètres de la salle des machines (fig. 11) à l'aide d'un mât à flèche de 50 mètres de hauteur actionné par des treuils électriques; le haubannage de ce mât est réalisé par des câbles s'ancrant dans la colline, dans la berge opposée de la Sambre et sur la centrale existante;

Montage des éléments de toiture, réglage du bâtiment et de la rangée C.

A ce moment, la salle des machines va recevoir sa couverture et les maçonneries de paroi.

Le travail des monteurs se poursuit par :

Le déplacement du mât de 50 mètres et son installation le long du radier B;

Le montage, à partir du pignon  $A_0$   $B_0$   $C_0$  des colonnes B et A, des fermes correspondantes de la salle des chaudières (celles-ci expédiées en deux tronçons sont assemblées à terre) et des traverses correspondantes de la tour de pulvérisation, tout au moins jusqu'au niveau des trémies à charbon pulvérisé (fig. 8 et 13). Une fois arrivé aux colonnes 4, et simultanément avec le montage de l'ossature principale qui continue, on procède au montage des planchers intérieurs de la tour de pulvérisation, des tronçons supérieurs des colonnes A, à l'aide de mâts auxiliaires installés sur les traverses principales. La charpente de la

première chaudière et les planchers arrières sont aussi, à ce moment, en cours de montage. Après le réglage des premières travées, les travaux de maçonneries sont entamés par les longs pans et le pignon  $A_0$   $B_0$   $C_0$ .

Une fois le gros œuvre terminé, il restera à monter les planchers et passerelles intérieures ainsi que la charpente de la deuxième chaudière.

### Matériaux mis en œuvre

Pour être complet, nous donnons ici quelques chiffres qui ajoutent leur précision aux considérations précédentes.

Le tonnage total de l'ossature portante, c'est-à-dire des portiques, parois et toitures, s'élève à 2 000 tonnes environ.

Le tonnage total de l'installation, non compris les charpentes des chaudières et les passerelles attenantes, s'élève à 3 175 tonnes; celles-ci totalisent 870 tonnes environ.

Les bâtiments occupent une superficie de 3 200 m<sup>2</sup> et un cube de 106 000 m<sup>3</sup>. Si on se souvient que la puissance totale de la centrale est de 100 000 kW, nous pouvons déduire quelques chiffres qui pourraient acquérir une certaine signification statistique.

Par kW de puissance, la centrale occupe 0,0326 m<sup>2</sup> et 1,06 m<sup>3</sup> et a nécessité les quantités suivantes d'acier :

Pour l'ossature portante seule : 21,35 kg.

Pour toute l'ossature excepté les chaudières et leurs passerelles : 31,74 kg.

Pour toute l'ossature y compris les charpentes de chaudières et leurs passerelles : 40,45 kg.

Ou d'une autre manière et dans les mêmes conditions, elle a nécessité :

Par m<sup>2</sup>, respectivement 625, 975 et 1 240 kg d'acier;

Par m<sup>3</sup>, respectivement 20,20, 30 et 38,20 kg d'acier.

Disons, en terminant, que l'accomplissement d'un tel travail est le fruit d'une collaboration étroite entre les services d'études et de fabrication d'Enghien-Saint-Eloi d'une part et la Société Electrobrel d'autre part.

Enfin, si l'on songe à tous les problèmes que posent l'étude et l'installation d'une centrale de cette puissance, on ne peut que féliciter la Société Electrobrel de les avoir entrepris et menés à bonne fin.

F. H.



H. Bersoux,  
Directeur  
de l'Usine Métallurgique  
de Grivegnée

&

L. Bosschart,  
Directeur  
du Chantier Naval de Hoboken  
de la Société Anonyme  
John Cockerill

# La construction navale en Belgique

## A. Un profilé nouveau





Au fur et à mesure des progrès réalisés dans l'application de la soudure à la construction, et à la construction navale spécialement, l'expérience a montré que les profils normalement utilisés en construction rivée, comme raidisseurs, étaient mal adaptés à une construction soudée rationnelle.

Pour cette raison, la Société John Cockerill a étudié et mis au point un profil spécial, dénommé « plat à double bourrelet », défini comme suit :

Il s'agit d'un plat à âme mince présentant à chaque extrémité un bourrelet dont la section est relativement très considérable eu égard à l'épaisseur de l'âme.

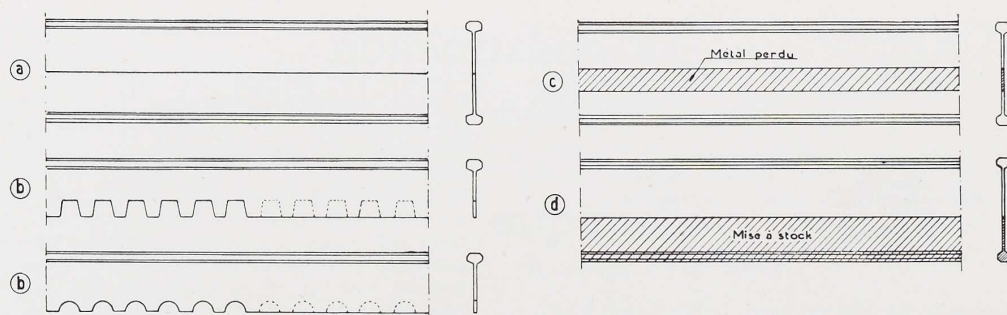
Le programme de laminage comprend une série de cinq profilés dont les caractéristiques sont

## Plats à Bulbe

Profil	Poids p kg/m	Section Ω cm <sup>2</sup>	DIMENSIONS															CARACTERISTIQUES POUR L'AXE NEUTRE							
			h mm	h <sub>1</sub> mm	h <sub>2</sub> mm	b mm	l mm	l <sub>1</sub> mm	e mm	f mm	g mm	a mm	c mm	d mm	r <sub>1</sub> mm	r <sub>2</sub> mm	c <sub>x</sub> cm	v <sub>x</sub> ou d <sub>x</sub> cm	c <sub>y</sub> cm	v <sub>y</sub> cm	Ω c <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	i <sub>x</sub> cm	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	i <sub>y</sub> cm
 I II III IV V	28,8	36,7	300	—	—	40	—	—	8	25	16	24	8	17,5	12	5	—	150	—	20	—	4 220	10,7	18,2	0,70
	39,8	50,7	350	—	—	50	—	—	9	30	20,5	30	10	20,4	15	5	—	175	—	25	—	8 190	12,7	40,7	0,90
	53,4	68,0	400	—	—	60	—	—	10	35	25	40	10	23,3	18	5	—	200	—	30	—	14 800	14,8	85,3	1,12
	74,8	95,3	500	—	—	70	—	—	11,5	40	29,25	50	10	26,4	20	6	—	250	—	35	—	32 300	18,4	159	1,29
	101	128	600	—	—	80	—	—	13	46	33,5	60	10	30,4	22,5	7	—	300	—	40	—	62 800	22,1	280	1,48
 I II III IV V	4,97	6,33	—	—	—	40	—	—	8	25	16	24	8	17,5	12	5	1,20	—	—	—	7,604	2,63	—	8,47	—
	7,55	9,62	—	—	—	50	—	—	9	30	20,5	30	10	20,4	15	5	1,43	—	—	—	13,711	5,74	—	19,3	—
	11,0	14,0	—	—	—	60	—	—	10	35	25	40	10	23,3	18	5	1,82	—	—	—	22,790	11,7	—	41,0	—
	14,9	18,9	—	—	—	70	—	—	11,5	40	29,25	50	10	26,4	20	6	1,82	—	—	—	34,514	20,4	—	76,1	—
	19,8	25,2	—	—	—	80	—	—	13	46	33,5	60	10	30,4	22,5	7	2,08	—	—	—	52,379	36,2	—	135	—
 I <sub>a</sub> II <sub>a</sub> III <sub>a</sub> IV <sub>a</sub> V <sub>a</sub>	14,2	18,1	—	147,5	—	40	—	—	8	25	16	24	8	17,5	12	5	5,22	9,53	—	—	94 629	374	—	9,10	0,70
	19,7	25,1	—	172,5	—	50	—	—	9	30	20,5	30	10	20,4	15	5	5,87	11,38	—	—	147 674	698	—	20,4	0,90
	26,5	33,8	—	197,5	—	60	—	—	10	35	25	40	10	23,3	18	5	6,45	13,30	—	—	217 822	1211	—	42,6	1,12
	37,2	47,4	—	247,5	—	70	—	—	11,5	40	29,25	50	10	26,4	20	6	8,16	16,59	—	—	386 737	2738	—	79,3	1,29
	50,2	63,9	—	297,5	—	80	—	—	13	46	33,5	60	10	30,4	22,5	7	9,82	19,93	—	—	627 669	5390	—	140	1,48
 I <sub>b</sub> II <sub>b</sub> III <sub>b</sub> IV <sub>b</sub> V <sub>b</sub>	14,2	15,8	—	177	118	40	185	60	8	25	16	24	8	17,5	12	5	4,01	13,69	—	—	63 300	196	—	8,98	0,75
	19,7	22,0	—	207	138	50	215	70	9	30	20,5	30	10	20,4	15	5	4,51	16,19	—	—	99 469	365	—	20,1	0,96
	26,4	29,8	—	237	158	60	245	80	10	35	25	40	10	23,3	18	5	4,95	18,75	—	—	147 610	632	—	42,3	1,19
	37,1	41,7	—	297	198	70	305	100	11,5	40	29,25	50	10	26,4	20	6	6,24	23,46	—	—	259 937	1438	—	78,7	1,37
	50,1	56,2	—	357	238	80	365	120	13	46	33,5	60	10	30,4	22,5	7	7,49	28,21	—	—	420 565	2838	—	139	1,57

Le découpage des plats à deux bulbes peut être fait au laminoir, soit suivant une ligne droite parallèle à l'axe, soit suivant une ligne imbriquée quelconque. Le découpage est effectué au chalumeau et la hauteur perdue de ce fait est d'environ 5 mm. Quand le découpage demandé donne naissance à deux profils de hauteurs différentes, l'acheteur est tenu de prendre livraison de deux profils dérivés obtenus. A titre d'exemple, on a donné les caractéristiques de deux profils dérivés du profil de base par un découpage donnant des parties symétriques.

Fig. 16. Fac-similé du feuillet PB1 du Catalogue des Profilés édité par le Centre Belgo-Luxembourgeois d'Information de l'Acier.



**Fig. 17. Découpage par cisailage suivi de poinçonnage :**

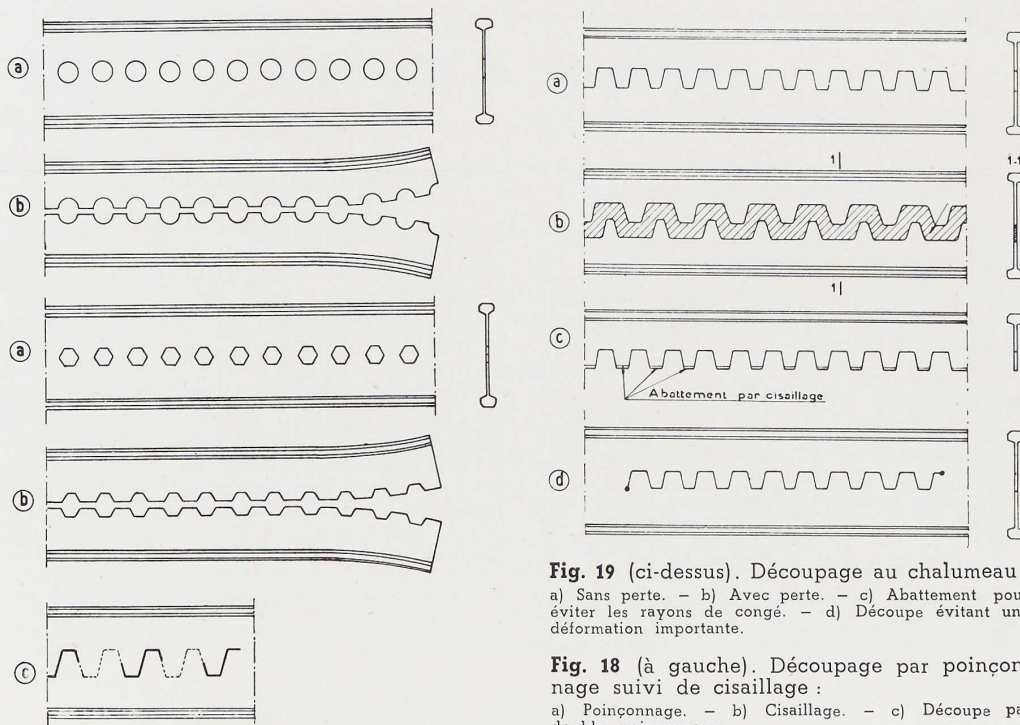
a) Cisailage. - b) Poinçonnage de formes diverses. - c) Cas du cisailage sur une hauteur inférieure à la demi-hauteur totale. - d) Cas du cisailage sur une hauteur supérieure à la demi-hauteur totale.

reprises au tableau de la figure 16, extrait du Catalogue des Profilés laminés par les usines belges et luxembourgeoises.

Tout à fait exceptionnellement, le profil peut être utilisé tel que laminé, visible à la figure 17a.

En règle générale, le profilé est découpé

dans le sens de la longueur de façon à le séparer en plats à simple bourrelet. L'utilisation sous forme de plat à simple bourrelet est en effet plus rationnelle en construction navale, mais les caractéristiques du profil nouveau sont telles qu'il ne pourrait être laminé sous la forme dans



**Fig. 19 (ci-dessus). Découpage au chalumeau :**  
a) Sans perte. - b) Avec perte. - c) Abattement pour éviter les rayons de congé. - d) Découpe évitant une déformation importante.

**Fig. 18 (à gauche). Découpage par poinçonnage suivi de cisailage :**  
a) Poinçonnage. - b) Cisailage. - c) Découpe par double poinçonnage.





laquelle il doit être utilisé. Comme la découpe peut être effectuée, soit dans l'axe, soit à n'importe quel endroit de l'âme, il est possible de produire des plats à simple bourrelet de hauteur variable permettant de donner à l'ensemble tôle-plat raidisseur toute une gamme de modules de flexion. Le découpage en long peut s'effectuer soit en ligne droite parallèlement à l'axe, soit suivant une ligne imbriquée. Le découpage imbriqué présente l'avantage d'éviter les soudures très longues, et par le fait même la déformation des tôles soudées aux profilés. De plus, ce découpage imbriqué fait réaliser un gain de poids très appréciable en permettant d'obtenir deux profils à simple bourrelet dont la somme des hauteurs est supérieure à celle du profilé original lui-même. Il y a cependant lieu de noter que certaines précautions indispensables doivent être respectées lors du découpage pour éviter les déformations provoquées par libération des tensions internes de laminage du profilé. Quelle que soit la méthode de découpage employé, cette déformation existe; mais il faut remarquer en contrepartie que l'utilisation des profils de toute nature et de toute forme exige avant mise en œuvre un dressage ou un cintrage de mise en forme. C'est pourquoi la déformation produite au découpage n'est pas une entrave à l'emploi du plat découpé. Les procédés détaillés ci-après montrent d'ailleurs que cette déformation peut être réduite au minimum.

Trois méthodes de découpage peuvent être utilisées.

1° *Cisaillage, suivi de poinçonnage, à la presse (fig. 17)*

Le plat est découpé, dans le sens de la longueur, en deux parties, à la cisaille (a). Ensuite,

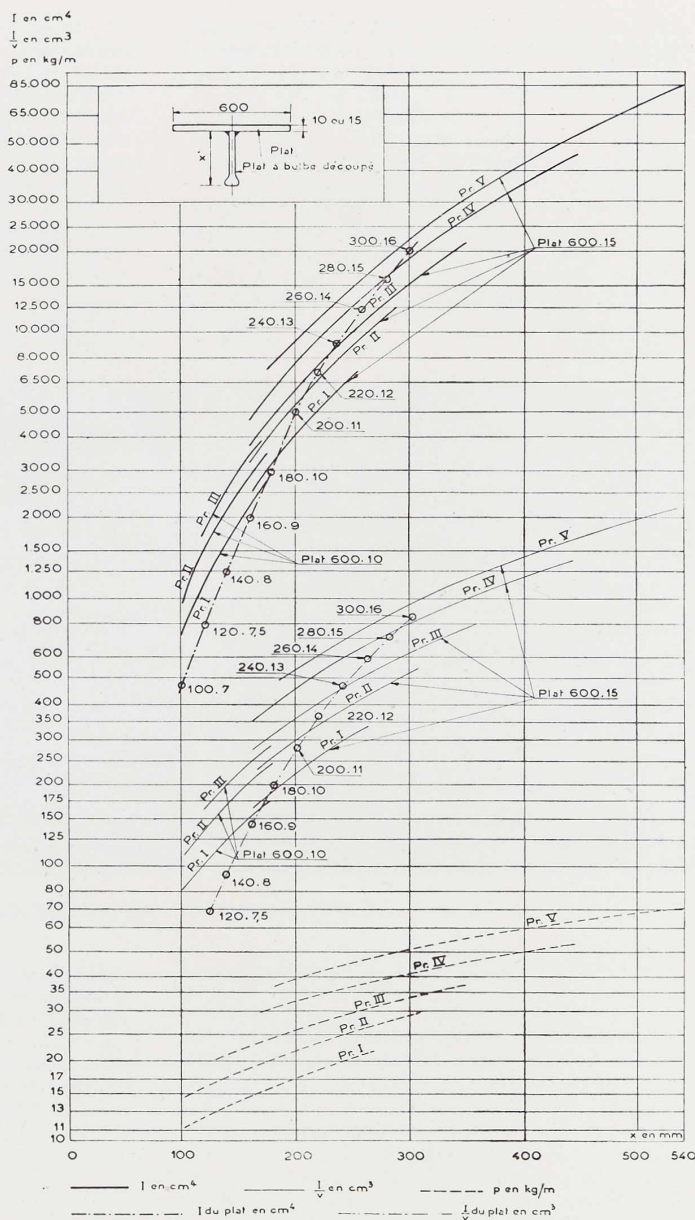


Fig. 20. Diagramme des moments d'inertie d'un profil composé d'un plat à bourrelet découpé soudé sur une tôle.

les parties à poinçonner sont tracées au poinçon et passées à la presse pour enlèvement des découpes (b). La forme et les dimensions des découpes sont étudiées par les bureaux d'études.

Dans le cas où la dimension de la partie à découper est inférieure à la demi-hauteur du profilé initial, il y a une perte de métal (c). Au contraire, si la dimension (à module de flexion désiré) de cette partie découpée est supérieure à la demi-hauteur du plat, la seconde partie (à module de flexion différent) est mise à stock en magasin pour une utilisation ultérieure (d).

Les parties à utiliser sont ensuite dressées ou cintrées.

La présente méthode ne peut être utilisée qu'en cas de découpage, hors du profil de base, de deux parties symétriques.

Le dressage ou le cintrage complètent l'opération de préparation. Dans le cas où le chantier dispose d'un outillage de presse suffisamment puissant, on peut, en un seul coup de presse, découper un contour quelconque comme désigné en (c).

Un jeu de butée permet de remettre la barre en place automatiquement pour la coupe suivante.

*Remarque :*

Pour la perforation au chalumeau suivie de

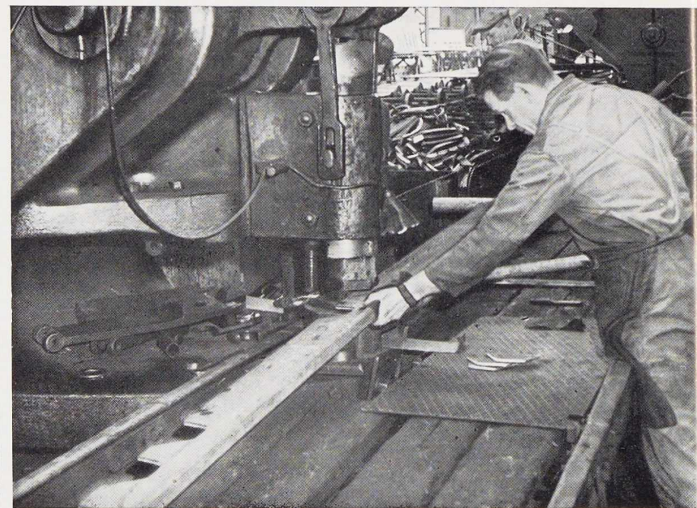
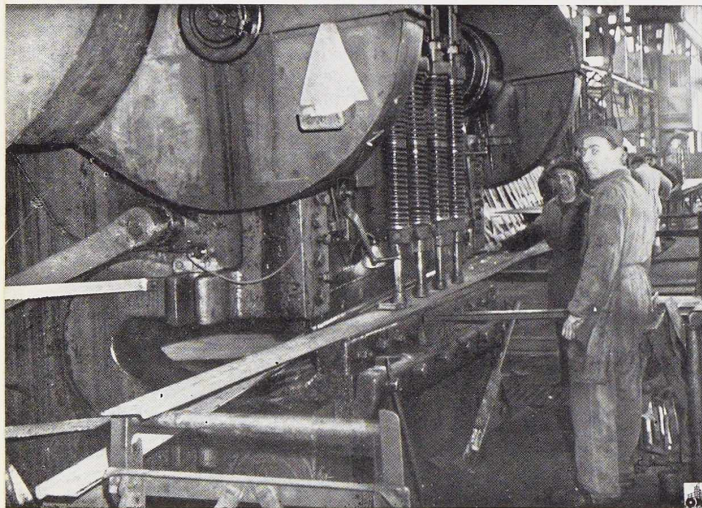


Fig. 21 à 24. Réalisation d'une section de pont au moyen d'une tôle raidie par barrots soudés :

2° Poinçonnage à la presse suivi de cisailage (fig. 18)

Le profilé est tracé de façon à localiser les trous à découper (a). La forme et les dimensions de ces trous varient à volonté selon étude des bureaux techniques.

Suivant la puissance des machines dont le chantier dispose, il est loisible de percer un ou plusieurs trous en une seule opération. Après poinçonnage, les plats sont cisailés en deux parties symétriques (b).

En cas de découpes également espacées, le traçage pourrait être avantageusement remplacé par un dispositif de butée.

cisailage ou de découpage au chalumeau (fig. 18), le processus est le même; il est cependant impossible de découper plusieurs trous en une seule opération.

Cette méthode ne permet pas la préparation de demi-profilés de hauteurs différentes, à moins que par l'emploi de découpes préparatoires très compliquées.

3° Découpage au chalumeau

Le découpage peut être fait au chalumeau à main ou au chalumeau automatique.

Dans le cas du chalumeau à main, il est indispensable de tracer et pointer d'abord les formes à découper.



Dans le cas du chalumeau automatique, au contraire, il est possible de travailler d'après un gabarit.

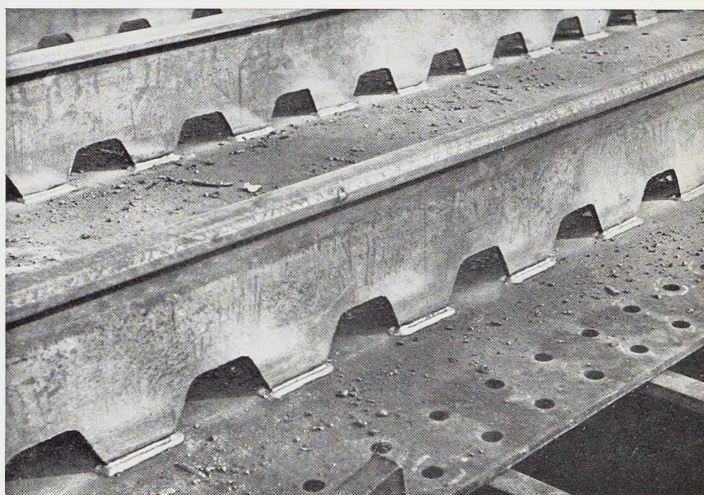
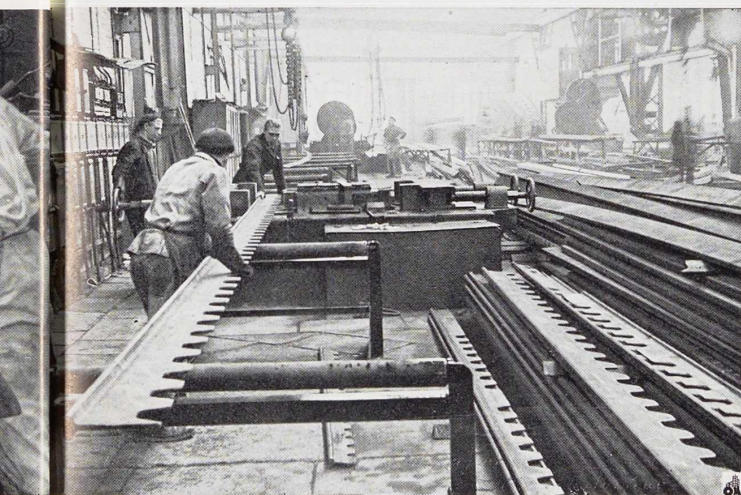
Dans le cas du découpage en deux parties égales hors du profil de base, il n'y a évidemment aucune perte (a). Si, au contraire, les deux parties sont de hauteur inférieure à la demi-hauteur et à moments d'inertie moindre, on subit la perte de métal équivalente à la bande située entre les deux plats à simple bourrelet. Dans ce dernier cas, il est intéressant de travailler avec des chalumeaux multiples qui effectuent en même temps les deux découpes (b).

Certains chantiers ont constaté que le découpage au chalumeau laisse aux endroits de sou-

Le constructeur pourra choisir, parmi les différentes méthodes, celle qui conviendra le mieux à son outillage et à son installation.

### Utilisations et applications

Dans la construction navale, on n'envisage jamais un profilé seul, mais l'ensemble d'un dispositif profilé-tôle. Différents ensembles tôle-profilé ont été étudiés et notamment en admettant une largeur de tôle égale à 615 mm sur 10 ou 15 mm d'épaisseur (Lloyd's Register) ou une largeur de tôle égale à 505 mm ou à 50 fois l'épaisseur de la tôle (système Piétker); comme on dispose d'un jeu de profilés, on adopte dans



és : découpage à la cisaille d'un plat à bulbe; poinçonnage; cintrage; section de pont achevée.

de des rayons de congé trop importants. Pour parer à cet inconvénient, il est conseillé de cisailer les extrémités centrales des parties découpées au chalumeau (c).

Pour éviter une déformation trop importante des parties découpées, on peut commencer le découpage à une certaine distance de l'extrémité de la barre, au chalumeau automatique et ouvrir définitivement au chalumeau à main, après refroidissement (d).

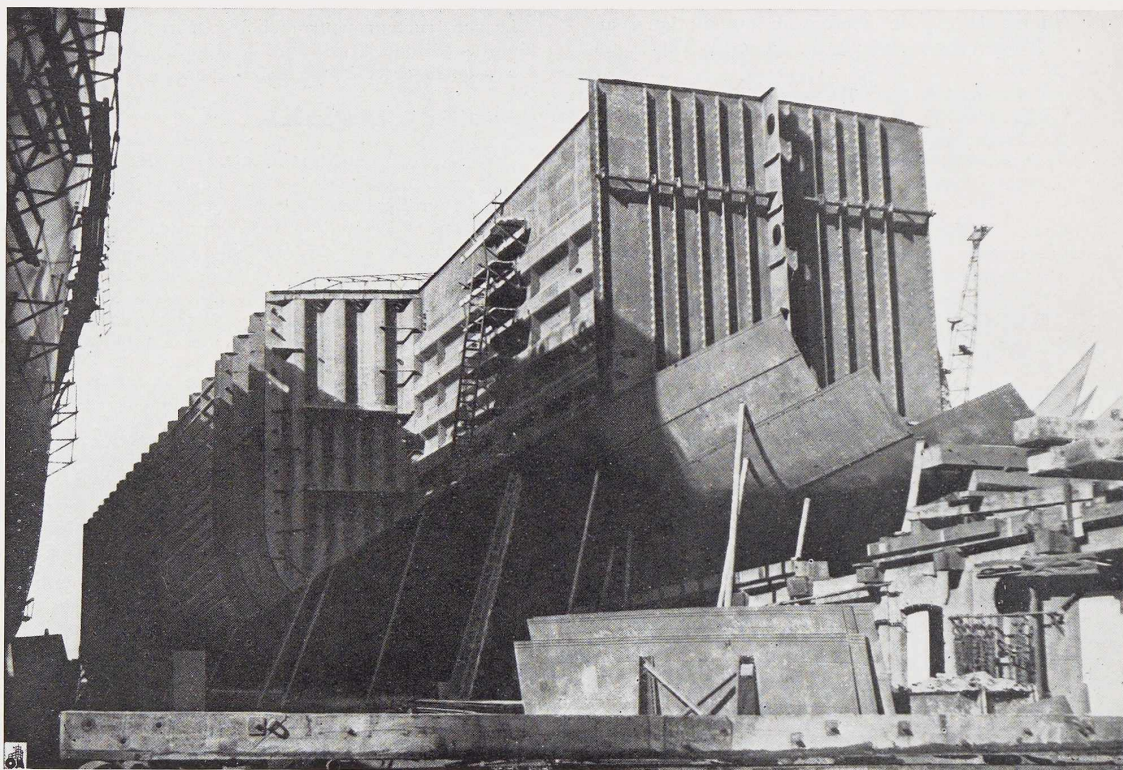
Plusieurs barres peuvent être découpées en même temps par une série de chalumeaux.

Le dressage ou le cintrage complètent comme dans les autres cas l'opération de préparation du profilé pour le montage.

chaque cas le plus intéressant, spécialement en ce qui concerne la hauteur.

Des abaques ont été tracés et l'un d'entre eux est reproduit à la figure 20 à titre d'exemple.

En possession du jeu de profilés à double bourrelet, et de ses possibilités d'application, le constructeur doit, pour dresser les plans de mise en œuvre, tenir compte de la méthode de découpage du profilé et examiner quelle combinaison il peut réaliser au moyen des diverses sections. Par exemple, si d'un profilé de 500 mm on découpe un plat à simple bourrelet de 200 mm, il en résulte un autre de 300 mm. Le constructeur examinera comment il peut utiliser au mieux ce second profilé.



**Fig. 25.** Construction d'un navire dans le chantier naval de Cockerill à Hoboken montrant l'utilisation des raidisseurs de cloison et des **corrugated bulkheads** en cloisons longitudinales et transversales.

Si le profilé est découpé en imbriqué, le nombre de combinaisons augmente. Le constructeur, au bout de peu de temps, aura suffisamment d'expérience pour choisir le profilé donnant le minimum de déchet. Dans ce dernier cas de découpage imbriqué, il faut faire remarquer que, jusqu'à présent, les sociétés de classification prescrivaient qu'aux extrémités de la poutre, les trous d'allègement devaient être proscrits pour absorber les tensions de glissement près de l'encastrement. Cette exigence créait des difficultés à l'utilisation des profilés découpés en imbriqué.

Le Lloyd's Register a consenti à renforcer la soudure aux extrémités de la poutre, ce qui permet de prolonger les trous d'allègement jusqu'aux extrémités.

#### Avantages

En résumé, les avantages de ce profilé nouveau de plat à double bourrelet, peuvent s'énoncer comme suit :

- 1° Laminage facile parce qu'il est symétrique;
- 2° Petit nombre de sections laminées pour un grand nombre d'usages;
- 3° Faibles stocks chez les consommateurs;
- 4° Importante économie de poids dans la construction.

Enfin, il faut ajouter que les organismes de classification navale se sont intéressés aux plats à double bourrelet. Le Lloyd's Register et le Bureau Veritas en ont accepté d'importantes quantités fabriquées suivant les prescriptions nor-



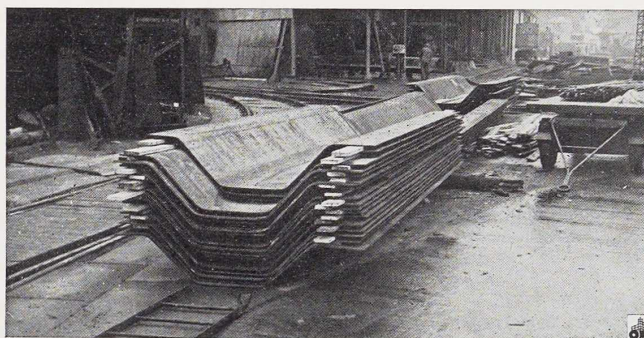


Fig. 26. Tôles de cloisons « Corrugated bulkhead ».

males en acier Siemens Martin de 41 à 50 kg/mm<sup>2</sup> de résistance à la rupture.

La figure 25 donne une idée des endroits d'utilisation et du mode d'emploi de ces profilés. Ces utilisations sont en ordre principal : les membrures; les barrots; les raidisseurs de cloisons.

## B. Un procédé nouveau

Se basant sur les facilités que présente la palplanche, les constructeurs de bateaux se sont demandés s'il ne pourrait y avoir intérêt à utiliser soit la palplanche elle-même, soit un profil s'en inspirant.

C'est ainsi qu'ils sont arrivés à la tôle pliée (*corrugated bulkhead*) qui, au point de vue du laminage, est complètement au point, et dont la production ne rencontre pas les difficultés que présente le laminage de palplanches. Le produit réalisé est une tôle laminée en acier, répondant aux exigences des organismes de classification. Cette tôle est mise en forme à froid sous une presse et elle ne peut être employée qu'en construction soudée, le rivetage étant pratiquement exclu. La figure 26 représente de telles tôles.

### Avantages

1. La suppression du raidisseur est le principal avantage présenté par l'emploi de la tôle pliée. Il en résulte une économie importante de matière et de main-d'œuvre.

2. Le montage est facilité, parce que au cours de l'assemblage (au montage sur chantier), les sections préparées sont moins rigides que les constructions munies de raidisseurs. Il est donc plus aisé de raccorder ensemble les différents segments préparés.

### Utilisations

1. Les tankers peuvent utiliser d'une façon simple des *corrugated bulkheads*.

2. L'emploi s'en révèle plus délicat s'il s'agit de cargos. En effet, dans ce cas, l'avantage reste celui que nous avons relevé pour les tankers pour autant qu'il s'agisse de transport de marchandises en vrac, telles que blé, minerais, etc. Il ne présente pas d'intérêt s'il est question de transport de marchandises en caisses ou en quelque emballage que ce soit.

### Mode d'application

Le *corrugated bulkhead* peut être utilisé (fig. 25) :

1. En cloisons longitudinales. Dans ce premier cas, la disposition horizontale des tôles en forme est nécessitée pour une plus grande rigidité des parois;

2. En cloisons transversales. Dans ce second cas, la disposition verticale perpendiculaire au dispositif longitudinal permet une plus grande résistance au flambage de l'ensemble.

### Conclusions

En résumé, nous pouvons considérer que l'application de tôles en forme permet à la construction navale :

1° Une plus grande latitude dans le pré-montage;

2° Une rigidité au moins équivalente aux tôles planes pourvues de raidisseurs;

3° Une amélioration générale par suite de suppression du raidisseur de parois.

Le Chantier Cockerill utilise actuellement cette méthode, chaque fois que son application est possible.

H. B. et L. B.

J. Lourtie,  
Directeur de groupes  
à Fabrimétal

## Construction des ponts métalliques

Un des caractères qui distinguent essentiellement l'homme de ses frères inférieurs, les animaux, est la recherche constante et souvent désintéressée du « pourquoi » et du « mieux » des choses qui l'entourent.

Un autre est sa tendance à ordonner, coordonner et codifier les résultats obtenus grâce aux activités qu'entraîne le premier.

Ces deux caractères, nous le constatons tous les jours davantage, concourent à l'évolution continue de la vie des hommes et à la révision périodique des lois qui les régissent.

Un nouvel exemple, dans un domaine très particulier et restreint, nous en est donné par le dernier « Règlement pour la construction des ponts métalliques », tout récemment élaboré en Belgique par un collège de fonctionnaires des Ponts et Chaussées et de la Société nationale des Chemins de Fer belges (S. N. C. B.), en étroite collaboration avec les techniciens et ingénieurs de l'industrie, sous l'égide de la Fédération des Entreprises de l'Industrie des Fabrications Métalliques (Fabrimétal) et avec le concours des délégués de l'Institut Belge de Normalisation (I. B. N.), du Bureau Seco et du Centre Belgo-Luxembourgeois d'Information de l'Acier (C. B. L. I. A.).

Les buts que s'était imposés cette Commission en abordant l'étude de ce nouveau règlement étaient doubles. Il s'agissait d'abord de réviser complètement l'ancien règlement, édité en 1920, par l'Association Belge de Standardisation (actuellement I. B. N.), de façon à moderniser les prescriptions et spécifications anciennes précisément dans l'esprit des préoccupations humaines invoquées ci-avant, pour tenir compte des progrès les plus récents de la science et de la technique dans les différents domaines :

1° De la conception et du calcul;

2° Du choix des matières et du contrôle de celles-ci;

3° De la réalisation en atelier de construction;

4° Du montage sur chantier;

5° De la réception de l'ouvrage.

Il lui importait ensuite que le nouveau document fût conçu de façon telle qu'il puisse devenir le règlement commun aux différentes administrations des Ponts et Chaussées et des Chemins de Fer, tout en étant d'application pour les constructions destinées à l'étranger.

Nous nous plaisons à dire que la Commission remporte un vrai succès dans la réalisation de cet ouvrage. Les buts sont atteints et cela complètement, grâce sans doute à l'esprit de bonne collaboration qui a animé les participants pendant toute la durée du travail, exécuté non seulement avec bonne humeur mais surtout avec compétence.

L'importance et l'intérêt de ce règlement n'échapperont certainement à personne et nous nous proposons, à l'occasion de sa parution, de mettre en évidence, dans cet article, le chemin parcouru en construction de ponts métalliques depuis les premiers ouvrages construits il y a plus de cent ans jusqu'à nos jours.

Il n'est pas indifférent de rappeler sans doute que la guerre 1940-1945 a détruit, en France, quelque 9.000 ponts de toute nature, tandis qu'en Belgique la statistique porte sur une destruction, en 1940, de plus de 350 passages supérieurs ou ponts-rails sur le réseau du chemin de fer et d'environ 1 200 sur le réseau routier. En 1944 et 1945, certains de ces ponts réparés entretemps et d'autres, épargnés en 1940, furent à nouveau mis hors service par destruction plus ou moins profonde. Rien qu'en Belgique, les réfections absorberont plus de 60 000 tonnes de matériaux ferreux. Un tonnage de cette importance justifie tout l'intérêt que l'on peut réserver à la construction des ponts métalliques.



## Historique

Jules Resal, célèbre ingénieur et professeur à l'École nationale des Ponts et Chaussées de France, dans son livre sur les ponts métalliques, rappelle que les premiers ponts ont été construits en Angleterre à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle (fig. 27). Ce sont des ponts en arc en fonte, dont les dispositions imparfaites ont néanmoins servi de modèle pour les ouvrages établis dans la suite. Cette innovation n'eut pas grand succès au début et resta à l'état de curiosité jusqu'au moment où Polonceau créa, dans le pont du Carrousel, en 1833, un type bien conçu et supérieur aux conceptions de ses devanciers.

L'invention et le développement rapide des chemins de fer eurent ensuite une influence décisive sur l'extension de la construction des ponts métalliques. Ce ne fut plus par simple raison de curiosité ou d'essai, mais par nécessité qu'on dut édifier, en maintes circonstances, des ouvrages en fonte d'abord, puis en fer et plus tard en acier, en substitution des matériaux pierreux, dont l'usage avait été jusqu'alors général et qui, depuis des millénaires, étaient utilisés par des artisans anonymes, pour l'érection de tant de monuments impérissables.

L'emploi du fer, dans ses premières applications, fut accueilli avec beaucoup d'appréhension, car on craignait les effets de la rouille, de la mauvaise tenue des assemblages agrafés, brochés, chevillés, boulonnés ou rivés et de la modification de la structure cristalline du métal qui devaient, selon toute vraisemblance, entraîner la ruine rapide des ponts métalliques.

Pour ces mêmes raisons, Eiffel, lors de la construction, en 1889, de sa tour pour l'exposition de Paris, avait prévu et même prescrit le démontage de son ouvrage après quelques années d'existence. L'expérience a prouvé l'inanité de ces appréhensions.

Dans la suite, et pendant longtemps, les ponts métalliques ont joui tout naturellement d'une faveur méritée par leur plus grande facilité à offrir des solutions économiques aux problèmes de franchissement par rapport aux constructions en pierres.

## Genre des matériaux

Comme nous l'avons déjà dit, on employa presque uniquement la fonte dans les premières constructions. Dans la suite, intervinrent le fer et l'acier comme matériaux de base, livrés sous forme de barres et produits plats. Ces matériaux ferreux portaient les noms de fer doux, fer soudé, fer puddlé, fer en paquet ou fer marchant, fer fondu, acier doux, acier soudé, acier de forge, acier puddlé, voire acier fondu pour les aciers prenant la trempe.

Vers 1862, survint sur le marché, et ce en quantités industrielles, l'acier Bessemer, inventé en 1856, suivi bientôt par les aciers Martin-Siemens et les aciers Thomas.

D'amélioration en amélioration, on en vint, de nos jours, à trouver sur le marché toute une gamme d'aciers, depuis l'acier extra-doux, doux, demi-dur jusqu'aux aciers durs, avec possibilité d'obtenir les qualités ordinaires ou spéciales, telles les aciers traités, calmés ou autres, à sou-

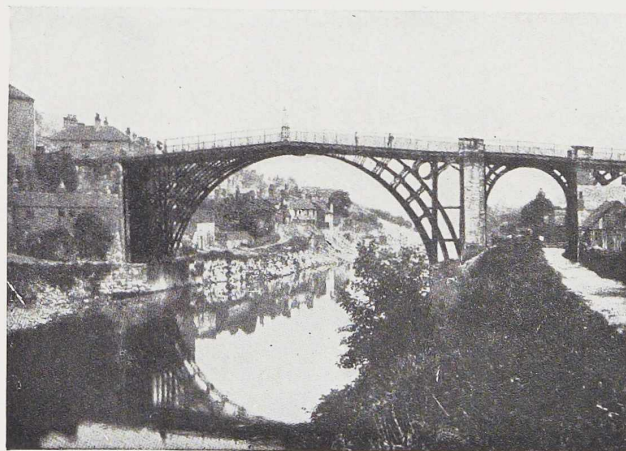


Fig. 27. Pont en arc en fonte sur la Severn à Coalbrookdale (Grande-Bretagne) construit en 1773. L'arc central d'une hauteur de 12<sup>m</sup>80 a une portée de 30<sup>m</sup>60.



Fig. 28. Vue générale du pont-rails sur le Forth en Ecosse. Construit il y a un demi-siècle, cet ouvrage, du type Cantilever, a une longueur totale de 1 630 mètres.

dabilité courante, à haute soudabilité, etc. Sous forme laminée, on trouve à présent, comme toujours, les barres, les plats et les tôles. Depuis longtemps déjà, on peut se procurer également les cornières, profils T et double T, les U, les poutrelles Grey, etc., et, depuis quelques années enfin, les profils spéciaux pour constructions soudées, tels que plats à nervure centrale, à trois nervures, plats à bulbe, etc., permettant de créer, par soudure, des sections à grand moment d'inertie et d'une légèreté relative. La Commission Mixte des Aciers (C. M. A.) a dressé, à l'usage des bureaux de dessin, le cahier des profils laminés où l'on trouve notamment les profils allégés que nous souhaitons voir employer davantage.

Par contre, la fonte est presque abandonnée, au profit de l'acier coulé.

#### Qualité des aciers

Parallèlement aux progrès dans les méthodes d'élaboration, les méthodes de contrôle et d'essais se sont multipliées et améliorées, amenant une meilleure connaissance des caractéristiques du métal. Cette évolution se marque bien dans la

comparaison des données et essais stipulés dans le nouveau règlement de la construction des ponts métalliques avec ceux relatifs au fer puddlé ou autres du même genre utilisés dans le passé. Pour ces derniers, on ne spécifiait que la charge de rupture et l'allongement donnés par un essai de traction statique et devant avoir des valeurs différentes suivant qu'ils se rapportaient aux barres et profilés, aux tôles et aux plats ou aux rivets et boulons. Dans l'album publié en 1902 par les Usines Cockerill, on relève, pour le fer destiné aux constructions métalliques :  $R = 33 \text{ kg/mm}^2$ ,  $A = 10 \%$  et pour celui réservé aux rivets et boulons :  $R = 35 \text{ kg/mm}^2$ ,  $A = 15 \%$ . On ne faisait aucune mention des autres caractéristiques mécaniques ou chimiques actuellement spécifiées ou tout au moins envisagées.

Nous rappelons ci-après quelques chiffres tirés d'une intéressante étude faite à la S. N. C. B. par M. Servais, et publiée dans le bulletin de la Société royale belge des Ingénieurs et Industriels (S. R. B. I. I.), série A, n° 3-1948. Il s'agit de résultats d'essais effectués sur des échantillons provenant de 82 tabliers de ponts anciens, dont certains datent de 1865 et 1880, construits avec





les matériaux du temps et détruits par faits de guerre dans le pays en 1940.

*Analyse chimique* : La teneur en P est comprise entre 0,18 et 0,8 % avec 44 % de cas présentant une teneur de 0,4 à 0,5 %, donc très élevée. Celle des aciers actuels de bonne qualité courante étant de 0,05 % et celle du fer puddlé belge contemporain ne dépassant pas 0,10 %.

Les autres éléments ont, entre autres, pour teneur : S = 0,04 %; C = 0,035 %; Si = 0,09 %; Mn = 0,01 %.

#### *Essais mécaniques :*

*Essai de traction en long* : la charge de rupture R est comprise entre 25 et 43 kg/mm<sup>2</sup>, avec 32,5 % de cas donnant R = 35 à 37 kg/mm<sup>2</sup>. La limite élastique Re est comprise entre 19 et 35 kg/mm<sup>2</sup>, avec 39 % de cas donnant Re = 25 à 27 kg/mm<sup>2</sup>.

L'allongement A est compris entre 1 et 26 %, avec 29,5 % des cas donnant 11 à 16 % (en travers, 67 % des allongements sont inférieurs à 2 %, les 33 % restants étant compris entre 2 et 5 %). Donc, allongements très faibles.

La striction est également extrêmement faible ou nulle.

*L'essai de pliage* sur éprouvette de 40 mm de largeur et 250 mm de longueur a donné, entre autres, une rupture partielle en long pour des angles inférieurs à 60° (en travers, la rupture s'amorçait pour des efforts extrêmement faibles). La ductilité est donc très faible.

*L'essai de résilience* sur éprouvette Mesnager avec entaille de 2 mm de profondeur, avec fond rond, effectué perpendiculairement aux fibres, donne des valeurs comprises entre 0,5 et 7 kgm/cm<sup>2</sup>, dont 85,7 % des cas sont inférieurs à 4 kg/cm<sup>2</sup> (en travers, 66,2 % des cas ont révélé moins de 1 kgm/cm<sup>2</sup>). Donc, fragilité très prononcée.

*La macrographie Baumann* révèle de nombreux points d'inclusion, mais pas de ségrégation sulfureuse importante.

*La micrographie* découvre de même la présence de multiples inclusions importantes de scories. On n'a pas constaté de vieillissement.

*La résistance à l'oxydation* s'est révélée à l'usage très satisfaisante.

De ce qui précède, on peut conclure que, comparativement aux aciers doux utilisés actuellement, le fer employé dans la 2<sup>e</sup> moitié du siècle passé, était un matériau particulièrement mauvais. Sa caractéristique principale résidait dans l'irrégularité de ses qualités, résultant vraisemblablement d'un manque de rigidité dans les

procédés d'élaboration. La sécurité était toutefois assurée pour le taux de travail normal et des sollicitations statiques seulement.

On mesurera le chemin parcouru depuis, en comparant ces résultats avec les spécifications ci-dessous, qui se rapportent à l'acier A-37 <sup>(1)</sup> qui est actuellement l'acier d'usage courant ordinaire dans les constructions des ponts.

#### *Essai de traction dans le sens du laminage*

Charge de rupture :  $R = 37-45 \text{ kg/mm}^2$ .

Limite élastique (suivant épaisseur) :

$$e \leq 16 \text{ mm} : Re \geq 24 \text{ kg/mm}^2;$$

$$e > 16 \text{ mm} : Re \geq 22 \text{ kg/mm}^2.$$

Allongement (donné par son coefficient de qualité) :

$$R + 2,5 A' \text{ ou } R + 2,2 A'' \geq 100$$

avec :

A' = allongement sur éprouvette  $k = 8,16$ ;

A'' = allongement sur éprouvette  $k = 5,65$ ;

k = coefficient intervenant dans la formule donnant la longueur initiale entre repères, L<sub>0</sub>, de l'éprouvette, en fonction de la section initiale S<sub>0</sub>.

$$L_0 = k \sqrt{S_0}.$$

#### *Simple pliage à froid dans le sens du laminage :*

Pour des épaisseurs  $\leq 20 \text{ mm}$  : Pliage à 180° avec une cale d'une épaisseur  $e = 0,5 a$ .

Pour des épaisseurs  $> 20 \text{ mm}$  : Pliage à 180° avec une cale d'une épaisseur  $e = a$ .

Outre cet acier A 37 ( $R = 37-45 \text{ kg/mm}^2$ ), on recommande dans le nouveau règlement, pour la construction des ponts rivés, l'acier A 42 ( $R = 42-50 \text{ kg/mm}^2$ ) et l'acier à haute limite élastique A 52 ( $R = 52-62 \text{ kg/mm}^2$ ). De plus, pour les éléments accessoires, on peut utiliser l'acier A 00 ( $R \text{ max.} = 47 \text{ kg/mm}^2$ ).

Les caractéristiques mécaniques de ces aciers, ainsi que leurs conditions de réception, sont toutes définies dans les documents officiels auxquels se réfère le règlement, à savoir : les prescriptions de l'Institut Belge de Normalisation, NBN 152, 153 et 154, suivant qu'il s'agit respectivement de barres laminées et profilés, de larges plats et de tôles.

Rappelons seulement que pour la réception de ces aciers, il est prévu des essais de traction et

(1) Voir le document NBN 152 édité par l'I. B. N.

de pliage. Outre la vérification de la charge de rupture et de l'allongement, l'essai de traction doit renseigner la limite élastique. Il est à noter que l'allongement n'est pas défini par un minimum absolu, mais par un coefficient de qualité, c'est-à-dire que le minimum d'allongement prescrit est fonction de la charge de rupture constatée lors de l'essai de traction. Ces essais sont définis dans les documents NBN 117 et CMA 117.

Pour la construction des ponts métalliques avec assemblages soudés, on dispose en plus des aciers aux qualités dites de soudabilité courante (SC) et de haute soudabilité (HS). Les qualités à haute soudabilité ont surtout été prévues pour les éléments constitutifs des poutres à forte épaisseur et pour ceux dont la sollicitation est particulièrement délicate. On note également que pour les aciers à haute soudabilité on a prévu deux nuances supplémentaires à haute limite élastique, l'une appelée A 45 HS, d'un prix inférieur à l'autre, dénommée A 52 HS. Les essais prévus pour les réceptions de ces divers aciers sont :

Pour les *nuances SC*, le pliage après trempe; le pliage d'un joint soudé; éventuellement le pliage ou la traction d'une éprouvette portant des cordons superficiels de soudure.

Pour les *nuances HS* il y a, outre les essais prévus pour les nuances SC, la résilience après vieillissement, la macrographie et, éventuellement le pliage ou la traction d'éprouvettes entaillées.

Pour les *nuances SC et HS*, les prescriptions mécaniques sont complétées par des prescriptions chimiques limitant éventuellement la teneur en carbone, soufre, phosphore, silicium et manganèse.

Les prescriptions et essais recommandés pour ces aciers ont fait l'objet de la publication de la Commission Mixte des Aciers, « Norme de qualité pour les aciers soudables ».

En plus des essais énumérés ci-dessus, on peut utiliser à volonté et par souci d'investigation :

L'essai de résilience avant vieillissement;

L'essai de fatigue par flexions alternées;

L'essai de fatigue par traction et/ou compression alternée ou d'intensité variable;

Les examens microscopiques ou macroscopiques, les analyses chimiques complétées au besoin par l'analyse spectroradiographique et microradiographique.

Pour déceler les défauts internes du métal et surtout des soudures, on utilise les rayons X (contrôle radiographique) et, depuis peu, les appareils à ultra-sons (contrôle ultra-sonoscopique), sans parler des contrôles magnétoscopiques, électriques, spectroradiographiques parmi les moyens non destructifs.

A propos des spécifications de qualité, il semble opportun de dire quelques mots des nombreux facteurs qui provoquent une modification des caractéristiques de l'acier au cours de son élaboration métallurgique. Citons particulièrement la ségrégation et la température de laminage, les conditions de refroidissement, les opérations de finition, telles que le dressage, le planage et le cisailage.

Le lingot d'acier non calmé ou effervescent est, en effet, constitué par deux zones composées de matières bien distinctes : l'une ayant rejeté dans l'autre, au cours du refroidissement, une forte proportion d'éléments tels que le carbone, le soufre, le phosphore, l'oxygène. Il est ainsi d'une composition essentiellement hétérogène qui est le résultat de la ségrégation. Celle-ci a une répercussion sur les propriétés mécaniques du lingot et des laminés.

On enregistre entre ces deux zones, des écarts de résistance à la traction pouvant atteindre 8 à 10 kg/mm<sup>2</sup>. Il peut en résulter un inconvénient important pour l'utilisateur en raison de la grande dispersion des résultats des essais. Or, on sait qu'une désoxydation appropriée d'un acier effervescent ou mousseux est de nature à atténuer fortement le phénomène de ségrégation, en donnant un acier calmé et plus d'homogénéité.

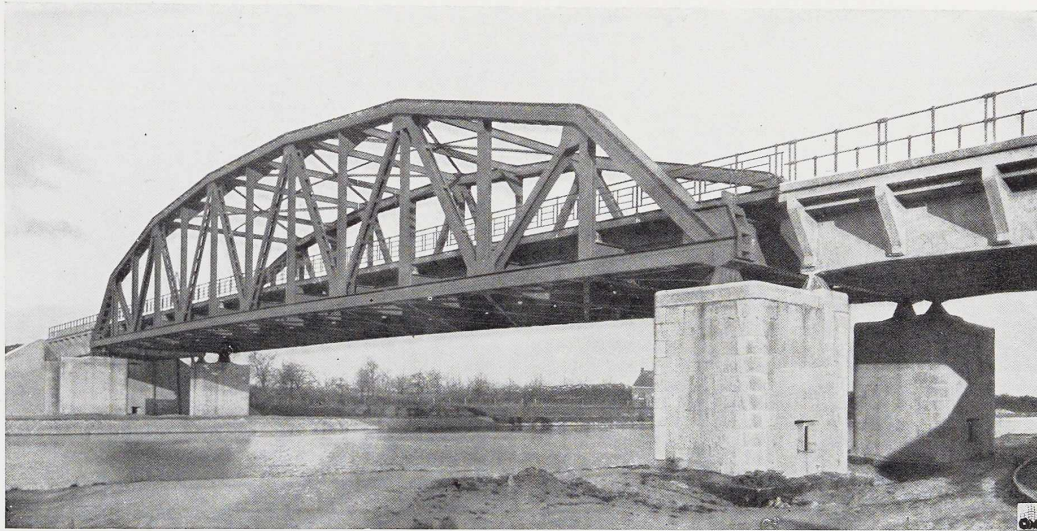
D'autre part, les températures de laminage n'étant pas standardisées, les conditions de refroidissement sont variables pour les sections successives d'un même profil au cours du laminage ou d'un profil à un autre, voire d'un endroit à un autre d'un même profil après laminage. Ces variations provoquent des modifications dans le comportement de l'acier qui sont révélées par les essais de charge de rupture. Ceux-ci montrent des différences pouvant atteindre et dépasser 10 kg/mm<sup>2</sup>.

De même, les opérations à froid provoquent un relèvement de la charge de rupture, dû à l'écroutissage. Parmi ces opérations, le cisailage a une influence qui a conduit à des incidents lors de la réception de tôles.

Loïn de nous l'idée de vouloir conclure de ce qui précède à la nécessité absolue d'un élargissement des tolérances, au contraire. Nous tenons cependant à insister sur la difficulté d'apprécier correctement la valeur d'un matériau ou d'une fabrication dans des conditions aussi peu stables. A ce sujet, nous voudrions attirer l'attention des constructeurs sur le fait qu'il ne suffit pas que des résultats d'essais s'insèrent dans les tolérances prescrites pour autoriser, dans les calculs, l'emploi du taux minimum de ces derniers.

Il faut s'inquiéter de la dispersion des résultats.





**Fig. 29.** Pont-route de Massenhoven sur le Canal Albert.  
La travée en treillis de ce pont a une portée de 54<sup>m</sup>95.

car une grande dispersion est un indice d'irrégularités dans l'élaboration des produits de base. Elle est funeste à la sécurité que l'on cherche à introduire dans les constructions.

L'intérêt, du point de vue de la sécurité et de la connaissance des caractéristiques vraies du matériau, a été particulièrement mis en évidence par M. Cassé, ingénieur à la S. N. C. F., lors de sa participation au dernier congrès de l'Association internationale des Ponts et Charpentes (A. I. P. C.) sous le titre « Contribution à la détermination de la courbe de dispersion des résultats d'essais sur éprouvettes d'acier doux ».

Signalons en passant, parmi les défauts non plus d'élaboration mais de construction, la grande fragilité résultant soit de la superposition d'un état de fatigue du métal au chauffage à une température comprise entre 100 et 500°, soit l'application de certains efforts suivis du chauffage à une telle température. Cette particularité pose tout le problème de la nécessité d'un recuit après finition ou usinage, notamment après soudure, problème encore trop controversé et qu'il n'est pas possible d'aborder dans le cadre restreint de cet article.

Notons seulement que l'acier calmé offre certaines garanties pour les constructions où se superposent des sollicitations par fatigue et des phénomènes de vieillissement et d'érouissage.

Encore faut-il un minimum d'irrégularité dans les opérations d'élaboration sidérurgiques et de laminage. A ce sujet, des essais de résilience sur éprouvettes recuites et refroidies, les unes rapidement, les autres lentement, donnent très bien les valeurs relatives des aciers Martin-Duplex ou Thomas, soit effervescents, soit calmés, et montreraient les qualités particulières des aciers Martin calmés extra-doux par rapport aux autres classes d'acier.

Pour s'assurer de la réussite de l'opération de désoxydation des aciers et, partant, de la valeur du calmage, on dispose habituellement de l'analyse chimique et du contrôle macrographique.

Il existerait cependant, semble-t-il, une autre méthode peu connue, très simple et fructueuse en résultats. Elle consiste, en principe, à mesurer périodiquement la quantité des produits gazeux de réaction de l'acide chlorhydrique (HCl) sur la limaille de l'acier à examiner <sup>(1)</sup>.

Le diagramme (fig. 30) illustre la méthode

<sup>(1)</sup> Le mode opératoire de cette réaction peut être résumé comme suit :

Un appareil à soufre dégage les produits de réaction dans un petit gazomètre dont on mesure périodiquement les hauteurs du ballon. Celles-ci portées en ordonnées, tandis que les abscisses marquent en minutes le temps de réaction, dessinent la courbe de vitesse d'attaque de l'échantillon. Plus celle-ci est grande, plus la courbe se relève vers l'axe vertical; plus elle est faible, plus la courbe se rabat vers l'horizontale.

Fig. 30. Méthode illustrant la mesure des dégagements gazeux d'un acier traité à l'acide chlorhydrique.

et montre les résultats. Il permet de classer un acier donné.

Remarquons que les courbes Thomas s'abaissent avec l'addition d'éléments désoxydants, tout en restant confinées dans un champ limité pour un acier donné. Sa valeur est discutable.

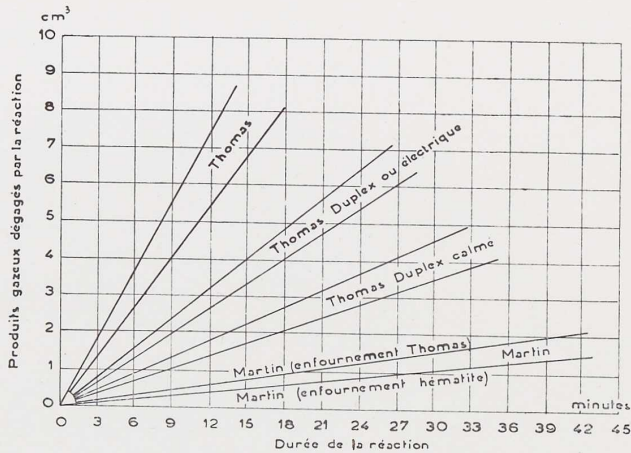
#### Méthodes de calcul

Les méthodes de calcul ont été fortement influencées par les formes des ossatures. De statiques et prudentes dans la deuxième moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, elles se sont développées et enhardies avec les progrès réalisés dans l'élaboration des aciers utilisés, avec l'accroissement des portées et avec l'évolution des modes d'assemblage pour aboutir aux méthodes de calculs hyperstatiques rendues nécessaires par certaines formes modernes des ponts.

Cette évolution ne s'est pas réalisée sans heurt ni accident. Est-il besoin de rappeler à ce sujet l'interdiction, au XIX<sup>e</sup> siècle, de construire en Europe, à la suite d'accidents retentissants, des ponts suspendus. Nous ne parlerons pas non plus des incidents survenus aux constructions soudées, en Belgique et à l'étranger.

D'une façon générale, une des préoccupations permanentes principales du constructeur consiste à obtenir autant que possible la réduction du coefficient de sécurité. Dans cette lutte, l'intérêt du sidérurgiste est lié à celui du constructeur afin de favoriser la construction métallique toujours en butte à la concurrence du béton. Cette sujétion oblige le constructeur à mieux connaître la matière, et les sollicitations, à préciser les calculs, à choisir les formes appropriées des ossatures, à contrôler les résultats.

A cet effet, les constructeurs et les sidérurgistes devraient implicitement s'accommoder d'une entente minimum sous la forme d'un pacte de solidarité technique et industrielle d'après lequel,



par des efforts parallèles, la construction la plus économique pourrait être réalisée. La confiance des uns envers les autres devrait être telle que les réceptions des matières soient rendues superflues, les fournitures étant garanties comme répondant aux caractéristiques reprises dans les spécifications techniques.

#### Evolution des méthodes de calcul des ponts (1)

Les méthodes de calculs des ponts ont beaucoup évolué dans l'espace des cinquante dernières années. Auparavant, le calcul se bornait aux poutres à âme pleine, avec application des formules de flexion simple et au calcul des poutres en treillis suivant les méthodes classiques de Ritter, Cremona, etc.

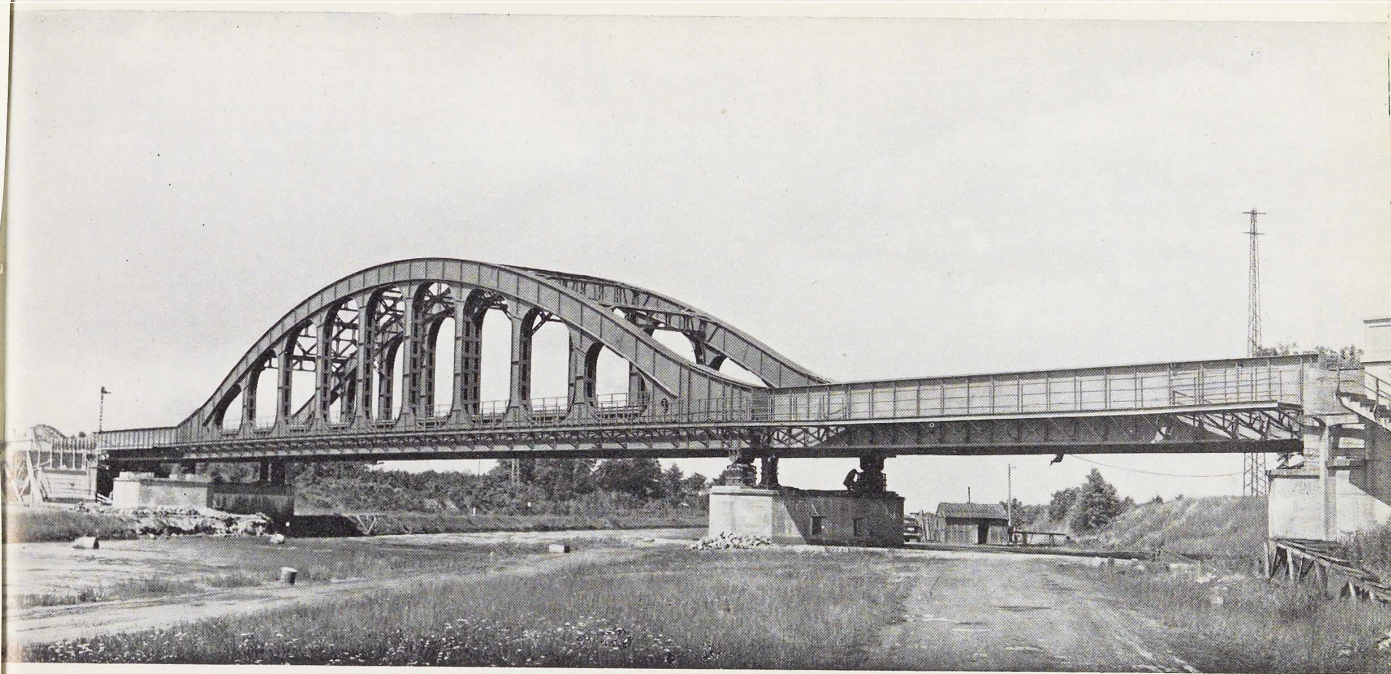
Toutefois, l'hypothèse admise pendant longtemps, de considérer des articulations aux nœuds a fini par ne plus satisfaire complètement les calculateurs : le problème des tensions secondaires a porté le trouble dans les esprits et a amené bientôt de la controverse.

C'est ainsi, par exemple, que J. Resal, dans le tome I<sup>er</sup> de son cours de Ponts métalliques, publié en 1908, déclarait :

« On a fait récemment quelques applications du type de poutre, qualifié poutre à arcades, à des ponts d'une certaine importance. Ce mode de construction semble peu recommandable. Il nous paraît que, si l'on calcule exactement le travail dû aux efforts tranchants et aux moments

(1) Nous devons une partie de notre documentation à l'obligeance de M. Deschepper, Ingénieur en Chef aux Ateliers Métallurgiques de Nivelles.





**Fig. 31.** Vue d'ensemble du nouveau pont-rails d'Hérentals, dont la travée centrale, du type Vierendeel, a une portée de 89<sup>m</sup>54.

de flexion secondaires, on doit obtenir une poutre plus lourde, à solidité égale que celle à triangulation et ne présentant pas de supériorité marquée au point de vue des déformations.»

En réalité, la nouvelle poutre a été, à égalité de sécurité, plus légère et moins flexible que la poutre à triangulations, l'économie de poids a augmenté avec la portée et peut atteindre 15, 20 et 25 %, selon les longueurs, sans parler de la plus grande facilité d'entretien et du danger nul en ce qui concerne la dislocation éventuelle aux nœuds.

Il en est résulté une série de recherches de méthodes nouvelles soit pour éliminer les tensions secondaires, soit pour en tenir compte. C'est dans cet ordre d'idées qu'il faut ranger les méthodes de calcul de Resal, Mesnager, Vierendeel, etc.

D'autre part, le développement du béton armé a conduit à rechercher des méthodes pratiques pour le calcul des constructions hautement hyperstatiques et la construction métallique en a largement bénéficié (méthodes de Gehler, des points fixes, Zutter, etc.). Enfin, la méthode de calcul par approximations successives s'est révélée très féconde et son application a permis de découvrir des méthodes simples et pratiques. Nous pouvons citer pour le calcul des constructions hypersta-

tiques la méthode de Cross; pour le calcul des poutres Vierendeel, la méthode de M. Magnel; pour le calcul des pièces comprimées, la méthode de M. Keelhoff, voire même la méthode de MM. E. Robert et L. Musette, qui apporte une solution au problème du calcul effectif de tous les systèmes hyperstatiques usuels à fibre moyenne plane, etc.

Les procédés anciens de calcul des sollicitations par la méthode de la poutre mobile sont maintenant périmés et remplacés par celle des lignes d'influence plus rapides et plus précises. L'étude analytique accompagnée de la vérification expérimentale des résultats par la photo-élasticité sur modèles réduits en même temps qu'un contrôle sérieux des propriétés mécaniques des métaux utilisés permettent d'exécuter les constructions métalliques avec le maximum de sécurité.

Le calculateur dispose donc actuellement de toute une gamme de procédés qui lui permet non seulement de calculer rapidement, mais également de tenir compte des « liaisons réelles » des ponts. C'est ce qui explique que les mesures de tensions, effectuées après exécution et mise en charge concordent admirablement avec les résultats trouvés par calculs (extensomètres à fil résistant ou jauges de contrainte [strain gage]), que les constructeurs deviennent de plus en plus

hardis et que les constructions sont de plus en plus légères, le coefficient de sécurité devenant de moins en moins le « coefficient d'ignorance » d'il y a cinquante ans.

Toutefois, aucun acier pour constructions soudées n'est utilisable sans restrictions, l'utilisation devant se limiter, dans tous les cas et selon les nuances, à un certain degré de la difficulté constructive de soudure. En raison de leur importance, nous reprenons ci-après, à ce sujet, les avis de la Commission Mixte des Aciers (C. M. A.).

Pour certaines nuances, on peut admettre en première approximation, comme difficulté déterminante, l'épaisseur des éléments mis en œuvre.

Mais pour éviter toute fausse interprétation, il est nécessaire de préciser que d'autres facteurs peuvent avoir autant d'importance, au point de vue de la difficulté constructive :

1° Toute particularité de la conception ou de l'exécution, dans la mesure où cette particularité augmente l'importance des tensions résiduelles, c'est-à-dire, notamment, outre l'épaisseur :

Le degré de raideur des éléments de la construction, considérés isolément ou dans leurs réactions mutuelles;

Les bridages;

Les intersections de soudure;

Les jonctions par soudure superflues;

Le fait d'utiliser des éléments contenant à l'avance des tensions résiduelles;

L'exécution des soudures sous contraintes;

Les surépaisseurs de soudure par rapport aux tracés;

L'exécution des soudures sans programme, ou dans un ordre non adéquat.

2° Toute particularité de la conception ou de l'exécution, dans la mesure où cette particularité entraîne un état de tensions se rapprochant de l'état triple isotrope de traction, c'est-à-dire notamment, outre l'épaisseur :

L'intersection d'éléments sous tension de manière à constituer des régions de faible volume à sollicitations multiples;

Les entailles et défauts superficiels ou internes et, en particulier, tous les défauts classiques des soudures et surtout de leurs extrémités;

Les changements brusques de sections, aussi bien en largeur qu'en épaisseur;

Et, en général, toute particularité de forme entraînant une concentration locale des tensions;

Les accumulations de soudures;

Les intersections de soudures;

Les surépaisseurs de soudure par rapport aux tracés.

3° Toute particularité de la conception ou de

l'exécution dans la mesure où cette particularité entraîne une diminution de la qualité du métal, c'est-à-dire notamment, outre l'épaisseur :

Le cisailage, le poinçonnage et le mortaisage, les cintrages, redressages, martelages et autres travaux à froid;

L'utilisation de la construction aux basses températures;

L'exécution aux basses températures;

Les sollicitations par le travers ou suivant l'épaisseur;

Toute particularité du dessin ou de l'exécution pouvant entraîner des effets de trempe locaux.

Il y a lieu de préciser encore :

a) Que les épaisseurs-limites indiquées correspondent à un niveau moyen de l'ensemble des autres facteurs de la difficulté constructive;

b) Que, en l'absence d'indication au sujet de l'épaisseur limite, celle-ci est égale au maximum réalisable dans l'état actuel de la technique et compte tenu des autres facteurs;

c) Que, dans le choix du matériau pour un élément donné, l'épaisseur à considérer n'est pas celle de cet élément isolé, mais, en général, celle des divers composants de l'ensemble dont l'élément est partie intégrante.

#### *Métal déposé (métal d'apport)*

Les aciers définis comme soudables ne le sont qu'en liaison avec un métal déposé approprié. Le métal d'apport — sans préjuger des conditions qui seraient exigées de lui au point de vue de la construction — devra permettre la réussite des essais spéciaux de soudabilité imposés au métal de base.

#### **Evolution des formes données aux ponts métalliques <sup>(1)</sup>**

On distingue essentiellement les ponts de grande portée, au delà de 150 mètres dont il n'est pas d'exemple en Belgique, et les ponts de petite et de moyenne portée; ces deux catégories ont, en effet, évolué différemment. Les premiers ont gardé leurs lignes fondamentales parce que celles-ci correspondent aux seules solutions possibles pour le franchissement des grandes distances. Ce sont les arcs dont l'aspect est toujours satisfaisant, qu'ils soient plus ou moins surbaissés suivant la configuration des lieux, et qu'ils supportent le tablier aux niveaux supérieur, inférieur ou intermédiaire, les ponts suspendus aux

<sup>(1)</sup> Les données de ce chapitre sont dues partiellement à l'obligeance de M. F. Hébrant, Ingénieur, Secrétaire technique à la Société Métallurgique d'Enghien-Saint-Eloi.





**Fig. 32.** Vue du pont de Fragnée à Liège, prise le jour de son inauguration par le Ministre des Travaux Publics. L'ouvrage comporte trois traverses en arc à 3 articulations de  $53^m725$ ,  $57^m75$  et  $53^m725$  de portée respectivement.

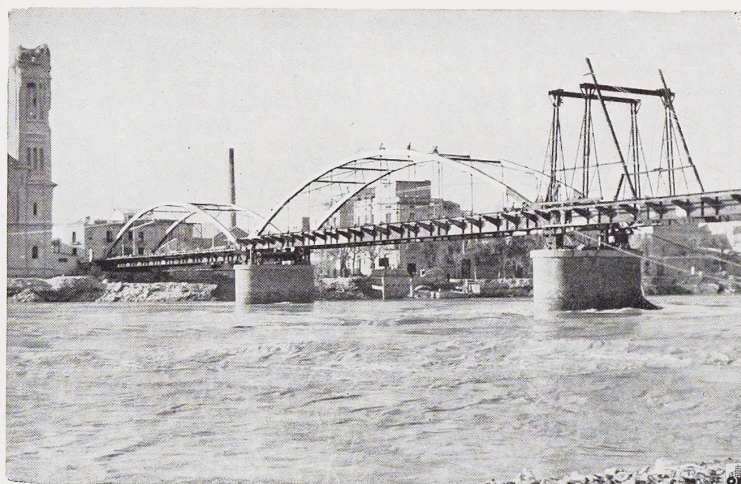
courbes élégantes et les ponts cantilever en treillis, plus massifs. Pour de telles portées, le choix d'un de ces types, conduisant à une forme fonctionnelle et esthétique à la fois, resterait aujourd'hui en principe celui qui a donné naissance, par exemple, au pont cantilever du Firth of Forth, construit en 1899 [1] <sup>(1)</sup>, au pont en arc en treillis à tablier suspendu de Sydney, ayant 504 mètres de portée ou encore au viaduc du Garabit, pont en arc en treillis à tablier supérieur de 165 mètres de portée, construit en 1865 [2]. Seule, l'évolution des détails tend à modifier l'aspect de tels ponts en simplifiant le schéma du treillis, en employant plutôt moins de barres, mais de sections plus fortes (voir le pont en arc avec tablier intermédiaire de la Roche-Bernard, en France — le pont de Middeltown — Portland en deux arcs de 183 mètres de portée à tablier suspendu [3], ou en utilisant des arcs à âme pleine comme dans le pont Henry-Hudson à New-York [4]. De plus, le souci de créer une œuvre architecturale a fait évoluer les formes de certaines parties des ponts comme les pylônes des ponts suspendus (voir le pont de la Porte d'Or à San Francisco [5], les ponts Mount

(1) Les chiffres entre crochets renvoient à la note bibliographique à la fin de cet article.

Hope [6], St-John [7] et Waldo-Hancock [8] aux Etats-Unis.

Les ponts de petite et de moyenne portée ont subi par contre une profonde évolution aussi bien dans leur conception propre que dans le choix du type. Les anciens ponts sont en majeure partie des ponts en treillis, les poutres à âme pleine n'étant utilisées que pour les petites portées et, exceptionnellement, pour les portées moyennes (pont de Langon, établi en 1855 sur la Garonne — trois travées continues dont deux de  $64^m87$  et une de  $77^m40$ ).

On utilisa d'abord les poutres « lattice » à membrures parallèles avec diagonales en plats, puis les poutres à treillis multiples avec diagonales en L (pont du Manoir construit en 1893 sur la Seine — trois travées de  $68^m975$ ,  $66^m75$  et  $71^m20$  de portée respective — pont de Bordeaux construit en 1860 — sept travées continues dont cinq de  $77^m06$  et deux de  $60^m20$  de portée). Le schéma le plus souvent utilisé anciennement était le treillis en N (pont de Heumen en Hollande, construit en 1882 — quatre travées indépendantes de 32 mètres et trois de  $72^m60$  de portée — pont de Rhenen en Hollande, sur le Rhin, construit en 1885 — trois travées de  $93^m50$  et cinq de  $47^m52$  de portée à brides non parallèles).



**Fig. 33.** Pont bow-string de Tortosa (Espagne) en cours de montage. Les trois travées ont des portées de 54<sup>m</sup>60, 55<sup>m</sup>40 et 54<sup>m</sup>60.

Actuellement, on tend vers la simplification du treillis par la suppression des barres surabondantes et parfois des contreventements supérieurs; en outre, on en revient au schéma du treillis en V. Le pont de Joncherolles, soudé [9], dans lequel des simplifications avaient comme but la réduction des tensions résiduelles dues à la soudure, est, à notre avis, l'aboutissement remarquable de cette transformation. Signalons encore la réduction des goussets et même leur suppression dans le type de pont à diagonales décentrées de MM. Robert et Musette.

L'emploi des poutres à âme pleine s'est considérablement développé et s'étend aux portées de plus en plus grandes. Ce type de poutre avec tablier supérieur est tout indiqué dans les agglomérations et s'harmonise très souvent avec les sites légèrement accidentés qu'il encombre au minimum. Ce développement a été facilité par les progrès réalisés dans le laminage des grandes poutrelles, des tôles et larges plats, par l'apparition de la soudure. On en trouve de nombreux exemples avec quelques variantes :

a) Poutre simple sur deux appuis dont la portée est rapidement limitée.

b) Poutre continue sur plusieurs appuis aux lignes parallèles :

Pont provisoire d'Ivoz-Ramet [10];

Pont de Lustin, sur la Meuse [11];

Pont des Trois Roses, à Bâle [12].

c) Poutre continue ou cantilever avec l'intrados légèrement incurvé :

Pont d'Ougrée [13];

Pont Capital sur la Kentucky River [14];

Pont Sainte Rose, à Montréal [15].

d) Poutre avec porte-à-faux, introduisant des moments compensateurs par contrepoids ou tirants. Ce procédé permet de franchir jusqu'à 70 à 80 mètres de portée en réduisant fortement la hauteur à la clé :

Pont du Longdoz, à Liège [16].

e) Poutre à bécilles à une ou plusieurs travées :

Jonction Nord-Midi, à la gare du Midi à Bruxelles;

Pont au-dessus du boulevard Ney, à Paris [17].

Dans les ponts à tablier inférieur, on peut encore citer le type Vierendeel qui est apparu il y a quelque 40 ans et dont on a fait un large usage en Belgique, sur le canal Albert, et le Bowstring avec poutre inférieure rigide. Ces deux types ne comportent pas de diagonales et sont constitués de membrures et montants en profilés à âme pleine; ils marquent une orientation nouvelle vers la construction hautement hyperstatique intérieurement et sont, à ce point de vue, totalement différents de ce qui a été utilisé anciennement.

Les ponts en arcs à tablier supérieur sont toujours employés actuellement. Leur conception tend également vers une grande simplicité par l'adoption des arcs et poteaux en âme pleine :

Pont « West Stewartown Bridge et Dodge Country », aux Etats-Unis [18];

Pont de l'Ouest, à Stockholm [19];

Pont d'Argenteuil [20];





ou en treillis très serré comme le pont de Fragnée, à Liège [21].

f) Pont à poutre unique ou à poutre médiane de l'ingénieur Haupt [22].

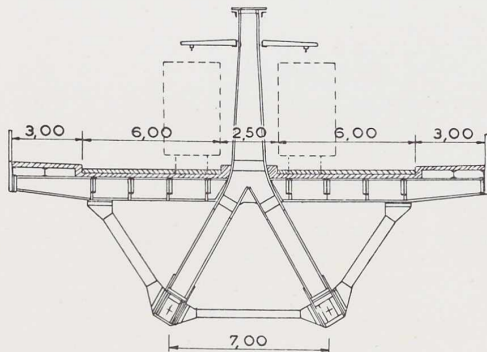


Fig. 34. Projet de pont à poutre médiane de l'ingénieur Haupt.

### Conclusions

La construction soudée permet, au surplus, d'obtenir des surfaces lisses qui confèrent aux ouvrages cette pureté de ligne qui contraste tellement avec les ouvrages anciens aux treillis mouvementés et compliqués (voir le pont en arc de Neuilly, *Publication préliminaire du 3<sup>e</sup> Congrès des Ponts et Charpentes de Liège*, p. 67). Tous les éléments y sont constitués de caissons, avec raidisseurs intérieurs, ne présentant donc aucune aspérité.

Il semble donc que l'on puisse affirmer que pour les ponts de petite et moyenne portée, la tendance très nette est l'abandon progressif du treillis dans les poutres principales des ponts et l'adoption de formes simples et pures, donnant une impression de calme et de stabilité (âme pleine, Vierendeel, Bowstring, arc avec poteaux pleins), tout en conférant à l'ouvrage une valeur esthétique indéniablement supérieure à celle des poutres en treillis.

Pour terminer, nous dirons avec M. Deschepper, que la comparaison du nouveau règlement des ponts métalliques avec les précédents met en évidence les constatations suivantes :

a) Si une grande liberté est laissée aux ingénieurs chargés de l'élaboration de projets en ce qui concerne les méthodes de calcul à employer, par contre les « données » du problème en tant que charges à appliquer sont complètement précisées et ne laissent lieu à aucune équivoque.

Les charges des ponts-rails sont actuellement

tout à fait définies alors que, précédemment, elles n'étaient données qu'aux cahiers des charges spéciaux.

Les cas de simultanéité des charges sont également bien définis : force de lacet avec force verticale et force de vent, force centrifuge, etc.

b) Une innovation qui sera particulièrement appréciée est l'usage d'un coefficient d'impact variable suivant la portée de la pièce à calculer. A ce sujet, la formule d'impact adoptée pour le calcul des ponts-routes, si elle peut paraître compliquée, serre de très près le problème des effets dynamiques sous le passage des charges roulantes.

c) L'article relatif aux déformations des poutres a été précisé et fortement amplifié montrant ainsi l'importance que le calculateur doit apporter à la détermination des flèches maxima dans les poutres.

La flèche maximum a été limitée à  $1/700^e$  de la portée sous l'effet des surcharges. Cette limite jointe à l'emploi d'une formule d'impact pour les ponts-routes où cette déformation intervient également, amènera fatalement le calculateur à choisir des profils de raideur maximum; le problème des vibrations des ponts-rails et des ponts-routes en sera certainement amélioré.

d) Il est à souligner que le nouveau règlement présente une uniformité remarquable avec celui relatif aux calculs des charpentes métalliques (édition 1937), notamment en ce qui concerne la méthode de calcul des pièces soumises au flambage, le calcul des poutres comprimées et fléchies, le calcul des raidisseurs des poutres à âme pleine, poinçons de contact entre rotules, états doubles de tension, calcul des rivets et des boulons. Cette unification sera fortement appréciée par tous les calculateurs de ponts et de charpentes métalliques.

Enfin, le document vient à son heure pour les nombreuses nouvelles constructions en perspective et se prête, nous l'espérons, à une normalisation internationale.

J. L.

### Bibliographie

Articles publiés dans *L'Ossature Métallique*.

- [1] No 9-1939, p. 282. — [2] No 6-1938, p. 268. — [3] No 4-1939, p. 177. — [4] No 9-1938, p. 351. — [5] No 9-1939, p. 380. — [6] No 1/2-1946, p. 2. — [7] No 1/2-1946, p. 3. — [8] No 1/2-1946, p. 4. — [9] No 9-1937, p. 392. — [10] No 10-1948, p. 407. — [11] No 6-1948, p. 271. — [12] No 11-1935, p. 580. — [13] No 9-1939, p. 367. — [14] No 9-1939, p. 390. — [15] No 3-1947, p. 123. — [16] No 12-1939, p. 513. — [17] No 1-1938, p. 21. — [18] No 9-1938, p. 378. — [19] No 4-1936, p. 172. — [20] No 5-1948, p. 223. — [21] No 3-1948, p. 154. — [22] No 7/8-1948, p. 355.

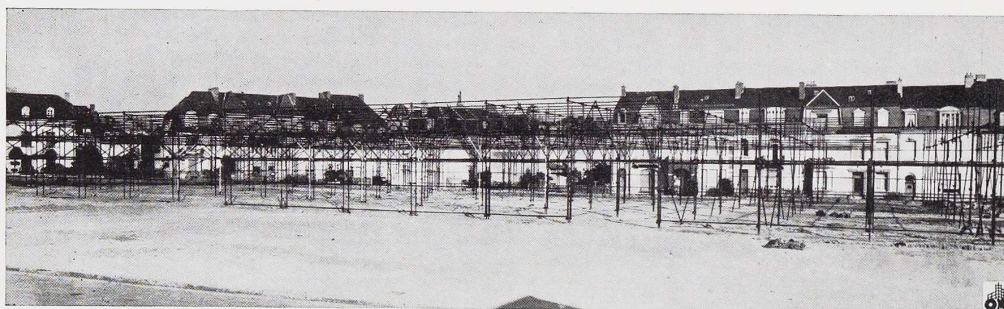


Fig. 35. Hall de 3 000 m<sup>2</sup> érigé à Luxembourg pour la foire-exposition de 1948.

G. Courtois  
et P. Hougardy,  
de la S. A. Travhydro  
et de la S. A. des  
Usines à Tubes de la Meuse

## Tribunes et halls démontables en tubes d'acier

Par les remarquables propriétés mécaniques de l'acier et les caractéristiques avantageuses de sa section circulaire, le tube d'acier s'est rapidement imposé dans le domaine de la construction.

Sa grande souplesse d'adaptation aux réalisations les plus variées a démontré, tant en Belgique qu'à l'étranger, les possibilités qu'il offre, en particulier dans les constructions démontables.

Une connaissance approfondie de l'élément tubulaire a donné naissance à une technique nouvelle qui a dégagé les principes d'utilisation rationnelle du tube et a mis en lumière les avantages de ce profilé.

Il n'est pas étonnant dès lors que la structure tubulaire soit devenue, en l'espace de quelques années, un auxiliaire très utile de l'industrie du bâtiment.

Il est intéressant de noter que l'importance des travaux n'est pas l'élément déterminant de l'emploi de la structure tubulaire. Du simple ravalement de façade à l'entreprise de gros-œuvre, toutes les branches du bâtiment trouvent en elle une solution simple, rapide et sûre des problèmes d'échafaudage, de soutien de coffrage et d'élévation des matériaux que posent quotidiennement les entreprises.

L'expérience acquise dans les structures intéressant les problèmes du bâtiment devait tout

naturellement s'étendre à l'application du tube d'acier à toutes les constructions de caractère plus ou moins provisoire. Parmi ces dernières figurent en bonne place les tribunes publiques et les halls provisoires qui font l'objet du présent article.

### Tribunes tubulaires

Le coût très élevé de l'organisation des festivités et manifestations publiques, ainsi que l'intérêt croissant que suscitent notamment les exhibitions sportives, exigent la concentration d'un public de plus en plus nombreux en un endroit déterminé. Il est donc nécessaire d'édifier des tribunes provisoires de grande capacité, peu encombrantes et offrant aux spectateurs la possibilité de suivre confortablement les péripéties du spectacle. A ces nombreuses exigences, apparemment contradictoires, les tribunes constituées par des tubes en acier apportent une solution intéressante. La facilité d'adaptation de ces tribunes aux conditions locales du terrain, les possibilités qu'elles offrent d'augmenter considérablement le nombre de places et la rapidité de leur montage et démontage sont parmi les principaux avantages de ces constructions.

Les problèmes techniques que soulève la cons-



truction d'une tribune moderne sont assez complexes. Un exposé succinct des plus importants d'entre eux en fera mieux saisir la portée.

#### *Sécurité*

La grande résistance au flambage du tube d'acier et l'encastrement des barres réalisé grâce à la robustesse d'un raccord breveté U. T. M. et sa grande portée sur le tube permettent de donner aux tribunes tubulaires la sécurité voulue tout en réduisant au minimum le poids des matériaux mis en œuvre. Un contreventement judicieux reprend non seulement les efforts tranchants de flambage des tubes-montants mais également les efforts dynamiques de la foule.

#### *Encombrement*

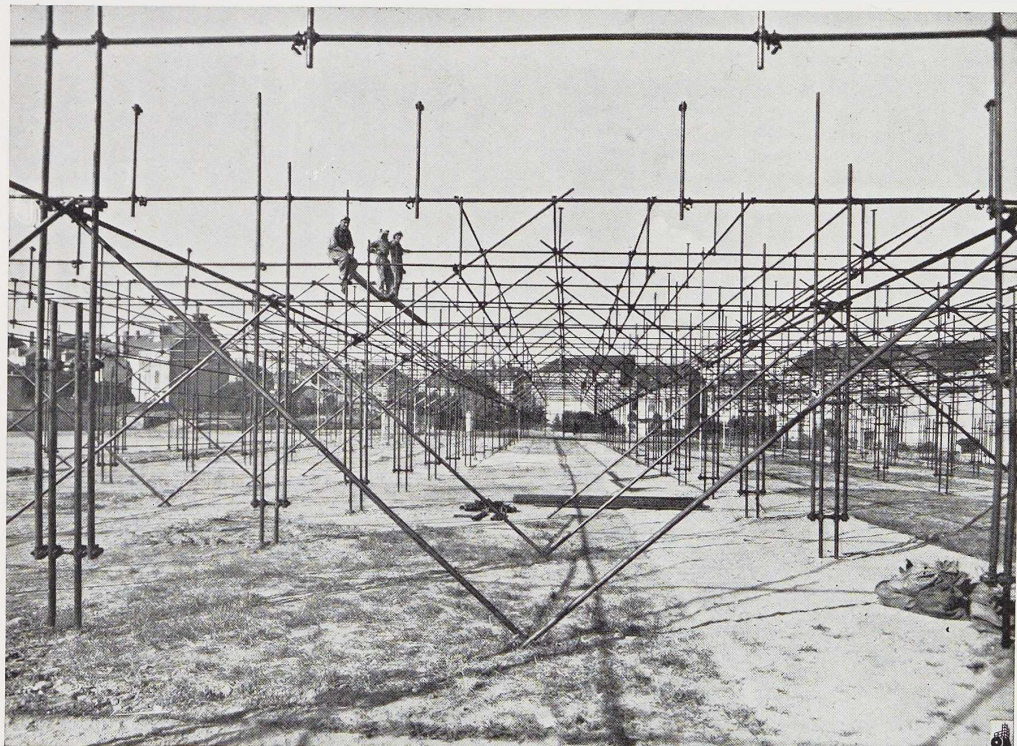
Le très grand nombre de places requises pose un autre problème important : celui de l'en-

combrement. La place dont disposent les organisateurs ne permet pas toujours un grand étalement de gradins; celui-ci nuirait d'ailleurs à la concentration désirée et créerait, parmi les places louées au public, une hiérarchie difficile à déterminer. Les tribunes doivent donc être compactes. En raison de leur grande résistance, les tribunes tubulaires permettent la superposition de gradins, ce qui en diminue notablement la longueur.

A titre indicatif, les caractéristiques d'une tribune en tubes de 1 000 places assises qui correspondent environ à 2 000 places debout, sont les suivantes : longueur totale : 50 mètres; largeur : 8 mètres; hauteur du dernier gradin : 4 mètres. L'occupation du terrain se réduit ainsi à 0,40 m<sup>2</sup> par place assise.

La visibilité est particulièrement soignée : les gradins distants de 0<sup>m</sup>50 donnent une visibilité au sol de 30° par rapport à l'horizontale et un champ latéral voisin de 180°.

**Fig. 36.** Vue prise en cours de montage du hall de la foire-exposition de Luxembourg 1948.



### Nivellement

Il est rare que les tribunes puissent être construites sur un sol parfaitement horizontal. Grâce à la normalisation de tous les éléments constituant la structure tubulaire, les dénivellations ne présentent pas de complications techniques particulières. Pour compenser les différences de niveau inférieures à 0<sup>m</sup>30, il est fait usage de vérins réglables qui permettent d'implanter la structure à un niveau rigoureusement horizontal. Pour les dénivellations plus importantes, le même résultat est obtenu au moyen d'une infrastructure auxiliaire permettant de construire, à partir d'un niveau uniforme. L'utilisation de cette dernière rend possible le montage d'une tribune tubulaire, quels que soient les accidents du terrain sur lequel elle sera édiflée.

### Montage

En dépit de l'importance croissante des tribunes à construire, les organisateurs n'ont pas la faculté d'occuper le terrain pendant un temps relativement plus long. De ce fait, le temps nécessaire au montage et au démontage doit être réduit au strict minimum.

A ce point de vue, la construction en tubes d'acier possède une supériorité sur toutes les autres structures provisoires.

Composées d'éléments (tubes et raccords) entièrement normalisés, les constructions tubulaires sont d'un montage extrêmement rapide : deux journées suffisent en général pour l'édification d'une tribune standard de 1 000 places assises; quant à son démontage, il n'exige pas plus d'un jour et demi.

### Transport

La variété des manifestations auxquelles le pu-

blic est actuellement convié ainsi que la diversité du cadre choisi par les organisateurs exige une très grande mobilité pour le déplacement du matériel. En particulier, la faveur du public pour les sports motorisés, pratiqués en « tous terrains », nécessite la construction de tribunes dans des endroits parfois très éloignés des centres urbains. Le transport du matériel est possible dans certaines circonstances grâce au fractionnement et aux dimensions réduites des éléments constituant les structures.

Le poids du matériel mis en œuvre n'est que 21 kilos par place occupée (plancher compris).

### Tribunes tubulaires partiellement préfabriquées

La pratique des tribunes tubulaires a permis de rationaliser leur construction par l'incorporation d'éléments tubulaires préfabriqués.

Les tribunes couramment édifiées par la S. A. Travhydro sont constituées d'éléments réunis entre eux au moyen de tubes dits « échafaudage » de 48 mm  $\times$  3,5 mm et de raccords ordinaires U. T. M. Les contreventements horizontaux et longitudinaux sont entièrement réalisés à l'aide de ces tubes et raccords. Seuls, les flasques constituant les plans de profil de résistance sont composés d'éléments préfabriqués.

Les avantages de la tribune partiellement préfabriquée résident surtout dans la préfabrication de certains éléments judicieusement choisis et dans leur réunion au moyen de tubes et raccords ordinaires U. T. M. afin de conserver aux opérations de montage et de démontage les qualités de rapidité et de souplesse indispensables. L'introduction de ces éléments préfabriqués répond d'ailleurs à des exigences d'ordres divers : économique, technique, utilitaire et esthétique.

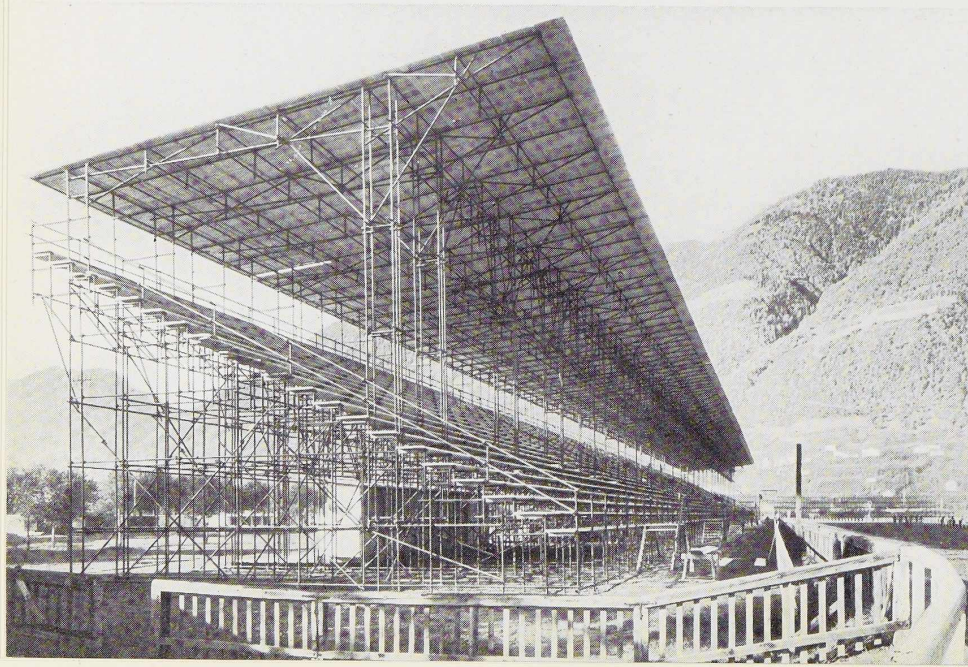
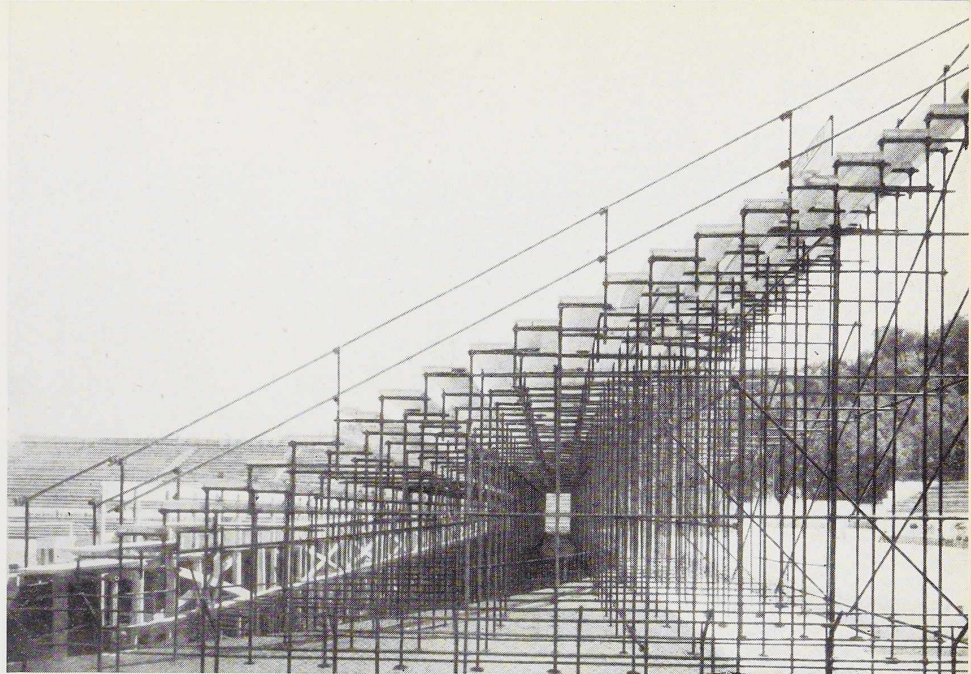


Fig. 37. Vue d'ensemble d'une tribune couverte en éléments standardisés.

**Fig. 38.** Vue de profil d'une tribune en éléments standardisés.



La tribune tubulaire composée d'éléments préfabriqués est sensiblement moins coûteuse que la tribune en éléments standards; les frais d'immobilisation sont, de ce fait, réduits.

Cette économie est réalisée par une réduction des matières premières et de la main-d'œuvre. D'autre part, la tribune partiellement préfabriquée est plus légère, les éléments tubulaires étant exactement proportionnés aux efforts à supporter, tandis que la tribune en éléments « standard » utilise tous tubes de même diamètre pour ne nécessiter qu'un seul type de raccords.

Cette diminution de poids entraîne une économie substantielle d'acier. En outre, l'assemblage préalable par soudure réalisé une fois pour toutes supprime un nombre important de raccords et leur montage et démontage successifs.

Les éléments préfabriqués sont de deux types :

1° Les éléments en gradins sur lesquels se pose le plancher;

2° Les éléments en caisson qui forment l'infrastructure de la tribune.

Ces éléments sont constitués de tubes soudés par rapprochement et sont pourvus de la triangulation nécessaire pour reprendre transversalement les efforts tranchants de flambage et les efforts dus au déplacement des foules. La bonne réalisation de la soudure électrique des tubes suppose une étude complète de ces divers efforts et exige une réalisation technique très soignée, en vue d'éviter les risques de déformation ou de voilement. La juxtaposition et la superposition convenables des deux éléments cités permet-

tent d'obtenir toutes les dimensions modulées pour les tribunes et même les estrades, quelles que soient les dénivellations du terrain. Ils sont conçus de manière à pouvoir recevoir des pieds de hauteur réglable pour les faibles dénivellations ou une infrastructure composée d'éléments standards pour les dénivellations plus importantes.

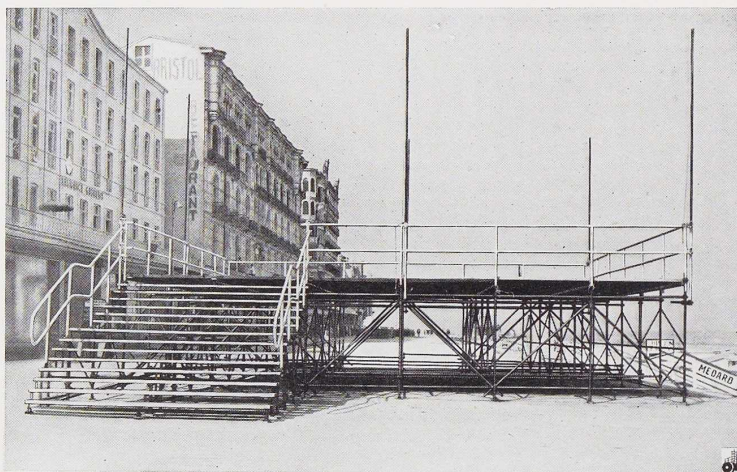
L'introduction des éléments préfabriqués constitue un progrès sensible dans la construction des tribunes en tubes d'acier. De plus, les opérations de montage et de démontage peuvent être confiées à un personnel non spécialisé, ce qui constitue une économie sensible.

Indépendamment du coût de la main-d'œuvre, la rapidité d'exécution, que l'emploi de ces éléments permet d'atteindre, revêt une importance toute spéciale si l'on tient compte de ce qui a été dit plus haut au sujet de l'occupation du terrain.

Grâce à la fabrication en usine de ces éléments définitifs et à leur assemblage par soudure dans un seul plan, il est possible de donner à ces constructions un aspect plus agréable. Ces remarques s'appliquent particulièrement aux garde-corps qui sont les éléments tubulaires les plus visibles dans une tribune.

Le tube est, de tous les profilés, celui qui permet de réaliser par assemblage les formes les plus harmonieuses. Enfin, l'entreposage des tribunes, dont l'utilisation est forcément intermittente, présente souvent de sérieuses difficultés. La réduction du volume du matériel est un avantage supplémentaire de la tribune préfabriquée.

Le matériel nécessaire à la construction en



**Fig. 39.** Estrade composée d'éléments standardisés et préfabriqués érigée à Blankenberghe.

tubes d'une tribune pour 1 000 personnes assises peut être entreposé dans un local de 35 m<sup>3</sup> environ.

#### Halls tubulaires

La renaissance de l'activité économique se manifeste au grand public par la réapparition de foires et expositions qui s'organisent un peu partout en Belgique et à l'étranger. A l'exception des grands centres urbains, peu de villes possèdent les locaux adéquats pour ces manifestations, essentiellement temporaires. Les circonstances présentes ne permettent pas d'envisager l'édification de bâtiments définitifs dont l'utilisation intermittente ne justifie pas l'immobilisation considérable de capitaux qu'elle nécessiterait.

La solution consiste dans l'édification de halls provisoires capables de couvrir de grandes surfaces. Ces halls constituent également un champ d'application intéressant pour le tube d'acier.

De telles constructions ne nécessitent aucune fondation et peuvent se poser directement sur les places publiques pavées ou cimentées ou simplement sur la terre battue. Les dimensions normalisées des matériaux utilisés permettent de négliger les dénivellations du terrain. La grande résistance des éléments tubulaires autorise des portées libres pouvant atteindre économiquement 15 mètres et donnant aux stands de l'intérieur et aux allées réservées au public des dimensions particulièrement intéressantes. La hauteur des colonnes, dont l'encombrement est très réduit, peut varier suivant la nature des marchandises exposées ou le mode de décoration choisi.

Le type même de ces constructions permet de donner aux halls toutes les dimensions exigées par le caractère de l'exposition ou par la disposition et la forme du terrain. La rapidité de montage qui caractérise toutes les constructions en tubes d'acier s'avère ici d'une extrême importance. Les organisateurs de foires ne peuvent en effet disposer des emplacements qui leur sont réservés que pendant un temps très court, en dehors du temps prévu pour les travaux d'édification et de démolition. Il est donc essentiel qu'ils puissent disposer d'un système laissant aux décorateurs et aux exposants le maximum de temps disponible.

Les halls en tubes d'acier se prêtent très bien aux revêtements provisoires : tôles ondulées galvanisées, bâches, verre sans mastic et aux décorations intérieures : toile de jute, vélum qui se fixent aux différents tubes formant l'ossature du hall.

Un détail non négligeable est constitué par le fait que, l'ossature étant entièrement métallique, elle se trouve pratiquement à l'abri des risques d'incendie particulièrement grands dans ce genre de manifestation.

Parmi les nombreux halls en tubes d'acier, mentionnons notamment le hall édifié pour la foire-exposition de Luxembourg-1948 par la S. A. Travhydro dont la surface couverte dépassait 3 000 m<sup>2</sup>. Cette construction n'a exigé la mise en œuvre que de 10 000 mètres de tubes et 4 300 raccords, d'un poids inférieur à 50 tonnes, soit environ 15 kg de matériel par m<sup>2</sup> de surface couverte.

G. C. et P. H.



## Le nouveau bâtiment du laboratoire de recherches physiques des A.C.E.C. à Charleroi

### Description

Le nouveau bâtiment du laboratoire de recherches physiques des A. C. E. C. comporte un rez-de-chaussée et quatre étages; il est constitué d'une ossature métallique, formant cadre, qui

La hauteur totale du niveau du sol à l'axe théorique de l'arcade supérieure de toiture est de 18<sup>m</sup>65, se subdivisant en quatre étages et un rez-de-chaussée.

A chaque portique transversal est prévue une colonne centrale articulée.



Fig. 40. Vue d'ensemble du nouveau bâtiment de laboratoire de recherches des A. C. E. C. à Charleroi.

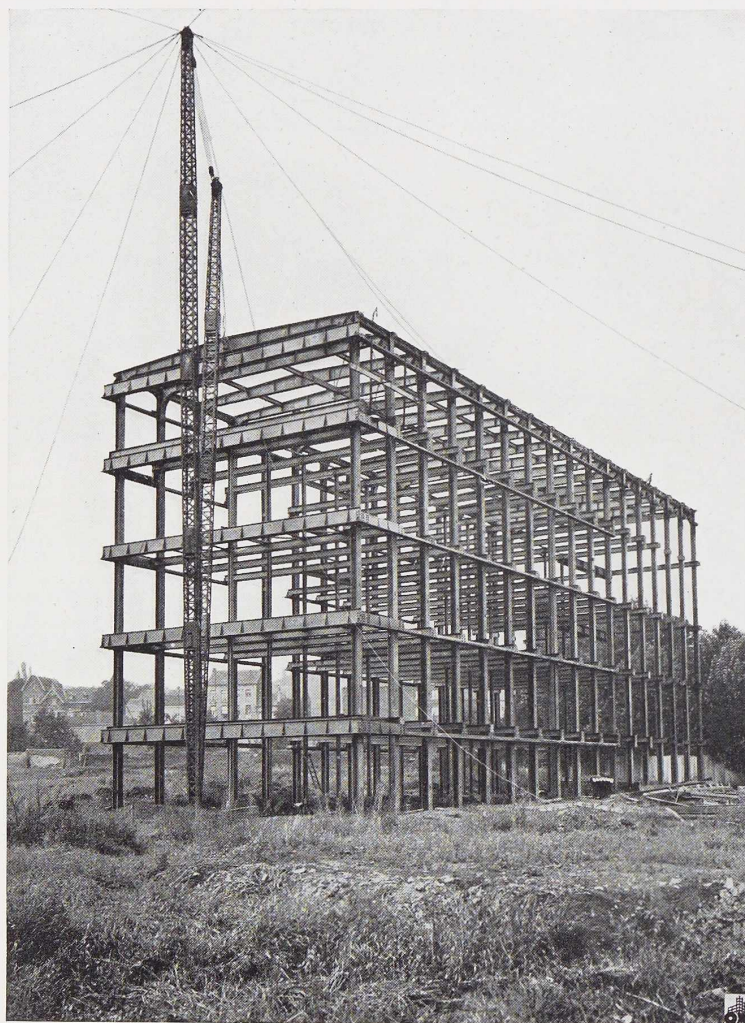
supporte les maçonneries, les hourdis et les vitrages.

La longueur totale d'axe en axe entre colonnes extrêmes des pignons est de 40 mètres, se subdivisant en 16 travées de 2<sup>m</sup>50.

La largeur d'axe en axe des portiques transversaux est de 12 mètres.

Les traverses transversales existant à chaque étage sont distancées de 2<sup>m</sup>50 et prennent appui en trois points, savoir : aux colonnes extrêmes des portiques, au moyen de boulons, et à la colonne centrale par des rotules.

De plus, ces traverses, sur lesquelles sont posés les hourdis, sont prolongées au delà des portiques



**Fig. 41.** Ossature en acier du nouveau bâtiment composé de cadres rigides.

pour supporter les maçonneries et vitrages verticaux; ceux-ci se trouvent ainsi en dehors de l'ossature métallique et ne forment, vus de l'extérieur, qu'un même ensemble architectural.

Les fondations en béton armé reposent sur pieux.

#### **Bases d'établissement des calculs**

*En première hypothèse, on croyait réaliser des*

encastremets aux intersections des traverses sous planchers avec les colonnes y compris celles du milieu; ces dernières auraient continué jusqu'au faite de la toiture; les pieds des trois colonnes transversales à chaque travée auraient été articulés.

Les multiples encastremets, qui constituaient des poutres du système Vierendeel (surtout dans le cas des sollicitations horizontales) ne pouvaient se réaliser qu'au moyen de larges goussets. On a





écarté cette première hypothèse pour les raisons suivantes :

a) La constitution des larges goussets créait une nuisance très sérieuse pour la pose des hourdis et des cloisons intérieures;

b) La construction de ces nœuds était onéreuse;

c) Les méthodes de calculs, vu le degré d'hyperstaticité très élevé, sont d'une complexité inutile;

d) Un profilé réduit à son maximum était souhaitable à la colonne centrale pour des raisons d'encombrement à l'intérieur du bâtiment.

De ce qui précède, il s'est dégagé un système très simplifié comportant un degré d'hyperstaticité très réduit que nous détaillons ci-après :

Le projet définitif fut conçu de la manière suivante.

#### I. — Poitrails sous planchers

Comme nous l'avons énoncé ci-avant, ces poitrails constituent des poutres sur trois appuis avec des porte-à-faux soutenant les linteaux des maçonneries et vitrages extérieurs verticaux.

Les deux liaisons extrêmes aux colonnes extérieures sont réalisées par quelques boulons et l'appui central par une rotule à chacun des étages.

Cette disposition donne les avantages suivants :

a) Les deux porte-à-faux sollicités par le poids des maçonneries et vitrages verticaux créent des moments négatifs soulageant les moments posi-

tifs qui existent entre les colonnes par suite de la charge verticale des planchers;

b) La rotule centrale constitue un appui librement déformable dans les traverses, sans provoquer de flexion dans les colonnes centrales;

c) Les réactions verticales sur les trois colonnes sont réellement appliquées dans leurs axes respectifs puisque les traverses sont continues sur toute la largeur de 12<sup>m</sup>80;

d) Le problème est ainsi rendu une seule fois hyperstatique et se résout par la théorie de Clapeyron et la loi de réciprocité de Maxwell;

e) L'utilisation de deux fers U jumelés permet la réalisation d'assemblages simplifiés et donne des avantages divers pour la pose des cloisons intérieures, l'éclairage, etc.

#### II. — Colonne centrale

La colonne centrale articulée à tous les étages sans aller jusqu'à la toiture, forme béquille; elle est soumise à la sollicitation verticale de réactions milieu des poitrails et sa section se calcule par la formule de flambage; le système est isostatique. Sa fondation, toute classique, est fortement réduite, n'ayant à subir aucun effort de renversement. On a aussi la possibilité d'employer un profilé très réduit au milieu du bâtiment.

Toutes les colonnes centrales sont réunies entre elles longitudinalement. Une poutre horizontale dans le plan des planchers à chaque extrémité et sur la largeur du bâtiment reprend tout l'ef-

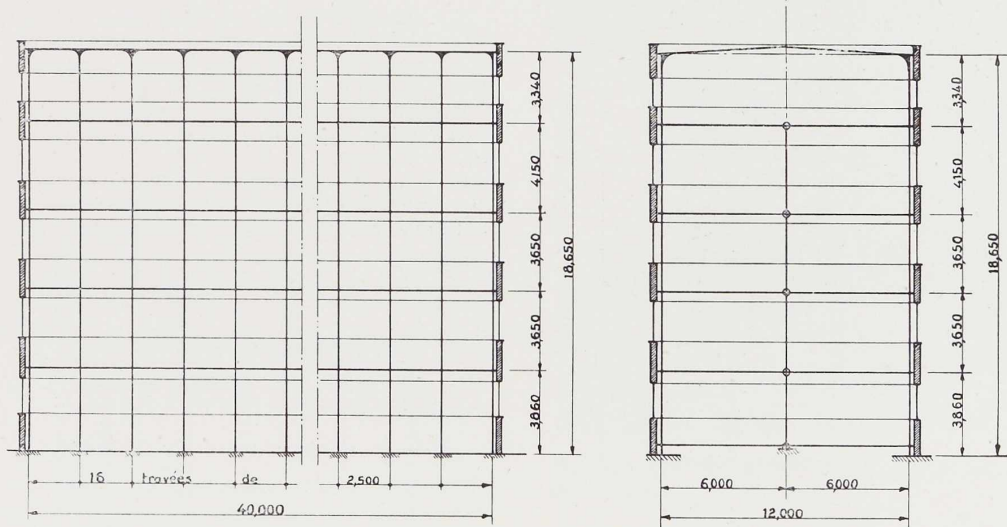


Fig. 42 et 43. Coupes longitudinale (à gauche) et transversale (à droite) du nouveau bâtiment.

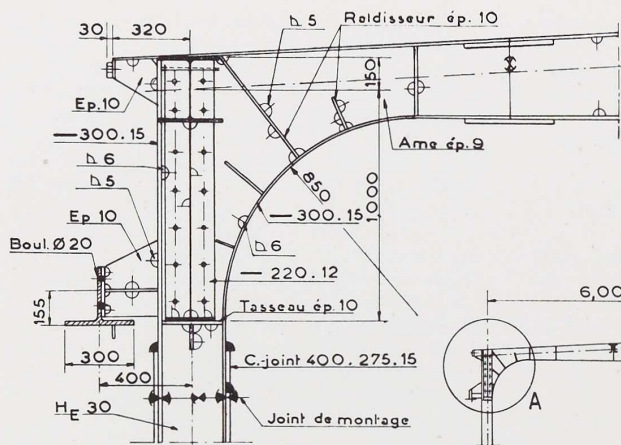


Fig. 44. Partie supérieure d'un portique de l'ossature avec détail du nœud A.

fort de réaction de flambage de ces colonnes.

### III. — Portique extérieur transversal

Ce portique, tel qu'il se dégage de la figure 43, constitue pour les sollicitations verticales un système à sept inconnues hyperstatiques y compris l'arcade supérieure et les traverses transversales et à une inconnue pour les sollicitations horizontales dues au vent.

Ces inconnues sont calculées par les équations de condition de la forme  $\int \frac{Mx}{EI} \frac{\partial Mx}{\partial X} \cdot dx = 0$ .

Dans chaque travée, on a constitué un portique fermé avec encastremets aux quatre coins afin d'éviter les contreventements transversaux qui auraient été trop encombrants.

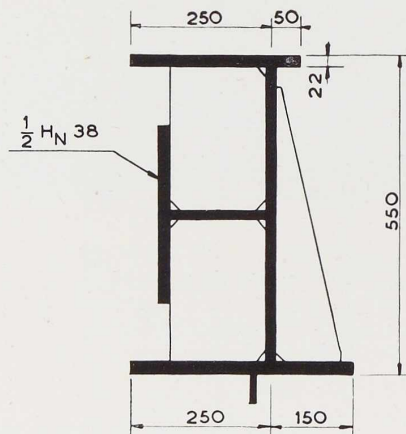
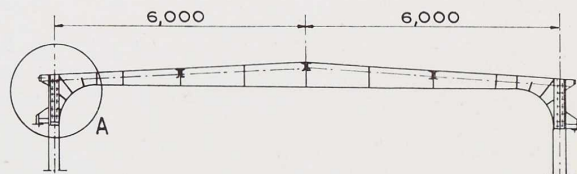


Fig. 45. Section d'un linteau de pignon.



### IV. — Linteaux (fig. 45)

a) Les linteaux longitudinaux, constitués de demi-poutrelles Grey, supportant les maçonneries et vitrages, ont une portée de 2<sup>m</sup>50; ils prennent appui sur l'extrémité des traverses transversales;

b) Les linteaux des pignons sont constitués de poutres composées, de fortes dimensions, de 12<sup>m</sup>80 de portée.

Ces linteaux sont calculés pour les charges verticales qui les sollicitent ainsi que pour la poussée horizontale du vent.

### V. — Façades longitudinales (fig. 42)

Les colonnes, écartées de 2<sup>m</sup>50, encastées au pied, sont reliées entre elles au niveau de la toiture par encastrement à des arcades, l'ensemble formant ainsi une succession de portiques.

Il existe 16 portiques sur chaque façade, qui sont calculés hyperstatiquement pour les sollicitations du vent.

Ce genre de construction résout le problème qui consistait à proscrire, pour des raisons architecturales, l'emploi de tout contreventement longitudinal.

### Construction

Les éléments intéressants au point de vue exécution sont l'arcade du portique transversal, l'arcade longitudinale, les pieds de colonnes et les linteaux de pignons.

#### L'arcade du portique transversal (fig. 44)

Cette arcade est constituée par deux demi-poutrelles Grey, dont la supérieure est à brisure, réunies entre elles par une âme en tôle triangulaire soudée bout-à-bout aux demi-poutrelles.



On obtient ainsi une poutre de hauteur variable, qui est reliée aux nœuds constitués de tôles pour les âmes renforcées de raidisseurs et de plats pour les semelles.

Le pliage des demi-poutrelles supérieures s'est fait à chaud et à la presse. Ensuite, les parties constituantes des arcades ont été placées dans un calibre. Ce calibre a été prévu pour laisser toute liberté au retrait dû à la soudure. Pour arriver après retrait aux dimensions exactes suivant le plan, on a prévu une surlongueur de 10 mm pour les poutrelles, tandis que le point théorique inférieur du nœud était désaxé de 3 mm par rapport au point théorique supérieur.

Après soudure de la première arcade, ces longueurs ont été maintenues mais le calibre a été modifié pour permettre un alésage des trous dans les nœuds. Cet alésage qui d'ailleurs n'était pas important permettait de rattraper de petites différences dans le retrait. Par ce moyen d'ailleurs les trous de fixation des arcades longitudinales étaient toujours bien à leur place.

#### L'arcade longitudinale

Cette arcade est composée d'une poutrelle Grey

de 300 renforcée par des goussets aux extrémités et terminée par des plats de  $220 \times 12$  pour la fixation aux arcades transversales. Pour éviter la déformation des plats de  $220 \times 12$ , qui était à craindre lors de la soudure, on a monté la pièce dans un calibre. Après la première passe des soudures, on a alésé les trous dans les plats de  $220 \times 12$ . Enfin, pour éviter la déformation des plats lors de l'achèvement de la soudure, on a sorti la pièce du calibre et on l'a fixée avec d'autres pièces. Ici aussi les pièces ont été faites 2 mm plus longues pour compenser le retrait.

#### Les pieds de colonnes

Les pieds de colonnes (fig. 46 et 47) sont toujours difficiles à réaliser, du fait que les cordons sont généralement assez importants. Dans ce cas, on a procédé de la façon suivante :

On a d'abord soudé les raidisseurs sur les tôles de 18 mm. Pour éviter des déformations, on a pris deux éléments qu'on a montés dos à dos avec une contreflèche au milieu. Ces éléments préfabriqués ont été montés sur les colonnes avec les plats de 12 formant le cadre du pied.

On a ensuite monté et soudé la tôle d'assise aux

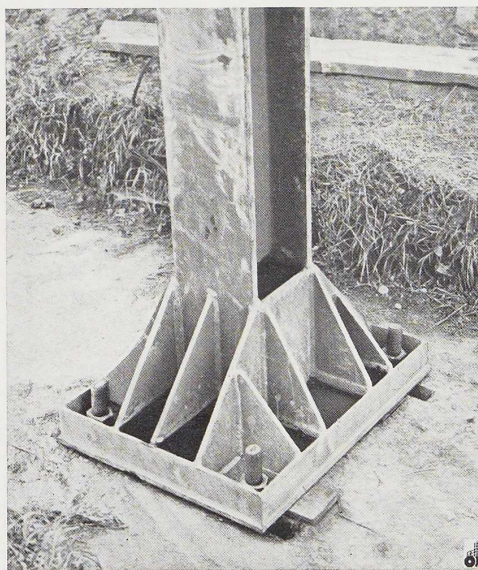
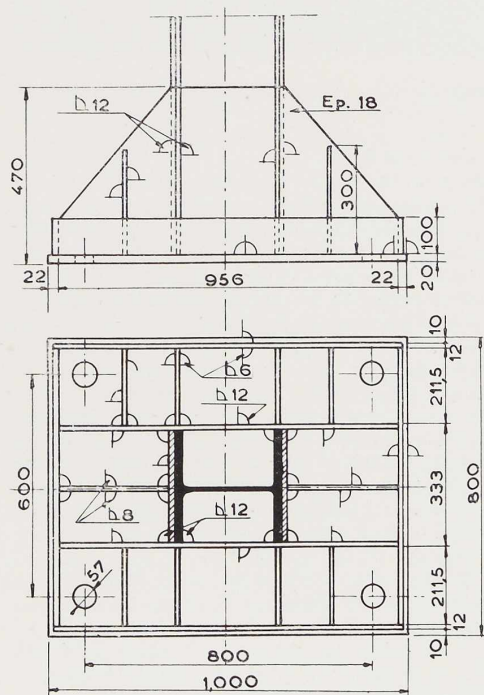


Fig. 46 et 47. Détails de construction d'un pied de colonne.

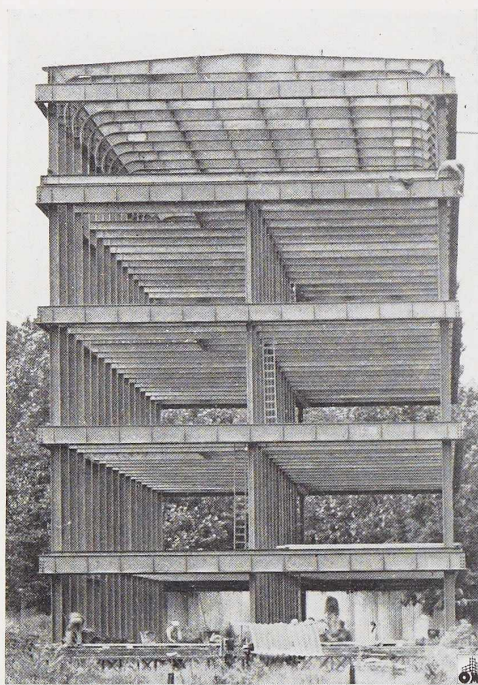


Fig. 48. Vue d'ensemble des portiques transversaux de l'ossature métallique.

colonnes et aux raidisseurs. Pour l'exécution les éléments ont été inclinés de telle façon que la soudure a pu se faire complètement à plat. Pour les soudures fixant les tôles d'assise par exemple, les colonnes ont été inclinées de  $45^\circ$  en les tenant à la tête par un palan électrique. Cela permettait d'employer des électrodes de fort diamètre et d'éviter ainsi les déformations dues aux tensions secondaires.

#### Les linteaux de pignons

Les linteaux (fig. 45) sont des poutres composées de deux semelles et une âme qui est raidie par une demi-poutrelle Grey, et des raidisseurs des deux côtés. La réalisation de ces pièces était difficile à cause du retrait et déformations possibles. On remarque en effet que la pièce n'est pas symétrique et que les cordons de soudure se trouvent tous d'un seul côté. Pour les exécuter on a d'abord soudé la demi-poutrelle Grey à l'âme de la poutre, en assemblant deux de ces éléments dos à dos et en donnant une contreflèche de

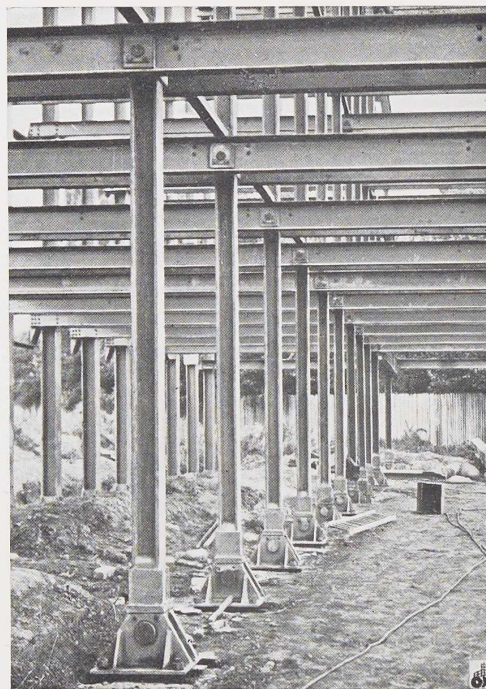


Fig. 49. Vue d'enfilade des piliers métalliques.

80 mm au milieu. Après soudure on a martelé les cordons pour diminuer les tensions de retrait. De cette façon on a obtenu des éléments bien plans sans tension résiduelle notable. Les éléments ainsi obtenus ont été ensuite assemblés aux semelles et les raidisseurs montés. Avant de souder les poutres, on leur a donné une contreflèche de 120 mm. Les calculs montraient que cette flèche n'était pas suffisante pour que les pièces puissent être droites après soudure. Pour éviter cet inconvénient, on a chauffé les bords des semelles côté poutrelle Grey pour donner un retrait opposé à celui des soudures. Ce moyen s'est révélé très efficace et les poutres finies ne présentèrent pratiquement plus de déformations.

\*  
\*\*

L'étude des calculs et des plans de détail a été établie par le Service « Travaux et Entretien » des A. C. E. C.

L'ossature métallique a été exécutée d'après ces plans par les A. E. M. Nobels-Peelman, de Saint-Nicolas.



R. Mossoux,  
Ingénieur en Chef  
Chef de service à la Fabrique  
Nationale d'Armes de Guerre

## Normes belges et étrangères en matière d'aciers de construction

Normaliser ou standardiser est à la mode, ce qui n'est pas une justification suffisante; il faut d'autres raisons pour s'engager dans cette voie.

Comme il en est de beaucoup de questions tombées dans le domaine de l'habitude, on ne peut bien en juger sans faire l'effort de remonter au point de départ et aux principes. De quoi s'agit-il ?

Toute normalisation juxtapose, en fait, deux opérations distinctes, encore qu'inséparables. Opérations distinctes qui sont :

*Choisir*, parmi l'infinité des types et des formats, l'assortiment nécessaire et suffisant aux besoins;

*Définir*, c'est-à-dire assigner des valeurs et des limites de variation, des tolérances à certains paramètres considérés comme caractéristiques des types choisis.

Opérations inséparables et simultanées en fait, car, si on ne peut définir des objets qu'on n'ait pas préalablement choisis, le choix, par contre, implique la définition : on ne peut choisir entre des objets indéterminés.

Les avantages et les inconvénients de toute standardisation seront plus commodément mis en évidence si nous les rapportons à l'un et à l'autre de ces aspects jumelés : *choix* et *définition*. Dans tout problème de standardisation, il faut faire la balance entre avantages et inconvénients liés à ces deux aspects. Il en résulte qu'il ne suffit pas de standardiser dans tous les cas ou n'importe comment pour faire œuvre utile, il s'en faut de beaucoup.

La *définition* amène de la clarté et de la certitude, mais représente en soi certaines obligations, certaines limitations de la liberté, surtout de celle du producteur.

Le *choix* conduit généralement à une production plus économique, pourvu que la quantité fabriquée soit assez importante; elle permet de concentrer les efforts de production sur un petit nombre de types mais elle implique un certain degré d'approximation dans les solutions.

Ce dernier point mérite un commentaire un peu plus long : chaque problème comporte de

nombreuses solutions simplement *possibles*, parmi celles-ci quelques *bonnes* solutions, et au nombre de ces dernières, la solution *optima*, celle qui réalise le meilleur compromis entre tous les points de vue (prix, résistance, « usinabilité », bon comportement au traitement thermique, etc., dans un problème d'acier par exemple). Comme tout phénomène varie peu au voisinage de son maximum, il est possible, pratiquement, d'apporter une solution satisfaisante à tout problème technique par l'utilisation exclusive d'un certain nombre de types, échelonnés de telle façon qu'ils ne s'écartent pas trop les uns des autres. Ainsi, il sera toujours possible, parmi ces types, d'en trouver un qui ne diffère pas trop de la valeur, généralement quelconque, qui se trouverait être, dans un problème particulier, la solution *optima*. Telle est l'approximation à laquelle il faut consentir.

La standardisation remédie à une trop grande variété, considérée comme un désordre, un gaspillage ou une anarchie, mais, parallèlement à la distinction que nous avons faite entre choix et définition, il faut distinguer dans cette variété deux aspects tout aussi différents :

L'aspect *multiplicité* (auquel s'oppose le *choix*) signifiant : un trop grand nombre de solutions distinctes (et pouvant être d'ailleurs parfaitement définies).

L'aspect *indétermination* (auquel s'oppose la *définition*) consistant en une conception trop qualitative et trop large des objets (se borner à stipuler de l'acier *doux*, par exemple).

Le résultat est apparemment le même; mais dans le second cas, il y a, nominalement, peu de types expressément désignés et c'est le manque de définition de ces types qui fait la variété des produits. Dans le premier cas, la variété est, en quelque sorte codifiée.

Pour bien montrer la différence entre les deux aspects, remarquons que le *choix* d'un certain nombre de types, qui s'oppose à la *multiplicité*, restreint surtout la liberté du consommateur, tandis que la *définition* diminue la liberté du producteur.



Ce préambule un peu académique permettra d'exposer plus clairement l'idée fondamentale de la standardisation belge des produits sidérurgiques.

Quelle est la position de la Belgique et de ses partenaires économiques en matière de standardisation d'aciers ?

Les grands pays fortement industrialisés, en raison de leur puissance, peuvent conduire par leurs propres moyens leurs conceptions techniques (et notamment leurs conceptions en matière de standardisation) jusqu'au stade des réalisations sans avoir à se préoccuper de l'étranger. Ils sont en mesure (et ils n'ont pas manqué de le faire) d'établir ces standardisations en toute indépendance. Dans le sillage de chacun d'eux, nous trouvons un certain nombre de pays plus petits, entraînés par des relations politiques ou économiques.

La Belgique n'est, dans le domaine économique, ni une grande puissance, ni un satellite. Elle est *internationalement* dépendante; elle doit exporter une partie très importante de sa production et ne peut guère songer à imposer ses propres vues à ses clients, qu'ils soient grandes nations industrielles ou pays moins évolués accoutumés à suivre, avec confiance, la technique de leur « chef de file », de leur métropole.

Les normalisations nationales et indépendantes des grands pays, si elles ont simplifié les problèmes de ces nations, n'ont pas facilité les choses pour la Belgique. En effet, à un certain degré d'*indétermination*, à une certaine latitude qui nous était plutôt favorable (en notre qualité de fournisseur), elle ont substitué la *multiplicité* des définitions à la fois précises et non concordantes; précision qui, à l'usage, apparaît dans certains cas justifiée par les besoins techniques, et dans d'autres cas semble question de convenance plutôt que nécessité réelle: dans ces derniers cas, elle résulte uniquement de l'ambiance créée par l'introduction des normes dans la vie industrielle.

Dans ces conditions, ajouter à ces divers standards, dont nos fabricants doivent s'accommoder, une norme purement belge, une norme supplémentaire, ne serait-ce pas compliquer encore et bien inutilement le tableau ? Cette crainte a été exprimée; elle serait pleinement justifiée s'il s'agissait d'établir la norme belge « en vase clos » et de façon indépendante de ce qui se passe aux frontières de la Belgique.

La Belgique pouvait, sans doute, envisager de s'aligner sur un grand pays. Mais lequel choisir ? Et faudra-t-il changer de norme chaque fois que les circonstances obligeront la Belgique à se tour-

ner vers d'autres débouchés, vers un nouveau marché, vers un autre de ses voisins ? Au demeurant, elle traite *simultanément* avec des pays relevant de diverses conceptions en matière de normes et d'aciers.

La conclusion s'impose : une standardisation belge qui réponde à son but doit être envisagée comme une standardisation « au second degré », une standardisation des normes étrangères considérées à leur tour comme *multiplicité* de cas particuliers, comme variantes à unifier, à faire rentrer « sous un même dénominateur » au prix d'une approximation techniquement défendable. Chacune des nuances belges doit « coiffer » aussi bien que possible, doit résumer le plus grand nombre possible de types étrangers. Chacune des nuances belges, pratiquement, c'est-à-dire au point de vue usage, doit fournir une solution d'équivalence, une solution suffisamment approchée pour un certain nombre de nuances étrangères, le plus grand nombre possible.

Si c'est là, *a priori*, l'idéal, il n'est pas aussi certain, d'avance, que ce soit *possible*. Les approximations à consentir pourraient être inadmissibles, ou bien simplement indéfendables auprès des clients. Heureusement, à côté d'une part d'arbitraire, la nature même a établi, entre les normes des grands pays, une certaine unité. Il y a des relations naturelles entre les divers paramètres qui peuvent servir à définir un métal. Deux aciers au carbone, par exemple, s'ils sont pratiquement identiques au point de vue charge de rupture, le seront aussi au point de vue des allongements. Autre exemple, l'échelonnement convenant aux besoins de la pratique est sensiblement le même pour tous les techniciens et il n'est guère probable qu'un pays éprouve le besoin d'établir une gamme d'aciers s'échelonnant de 2 en 2 kg/mm<sup>2</sup> de résistance, alors qu'un autre se contente de 5 ou 10 kg/mm<sup>2</sup> comme intervalle. Au surplus, étant donné les possibilités pratiques, une gamme aussi resserrée comporterait plus d'illusions que de réalités.

C'est dans cet esprit qu'ont été étudiées, par des commissions mixtes réunissant producteurs et usagers, la série des aciers A pour constructions métalliques d'usage général, la série des aciers B pour constructions mécaniques, la série des aciers C définis par leur composition chimique, en vue du traitement thermique, et la gamme des aciers alliés usuels, définis également par leur analyse (1).

La standardisation établie à partir de cette idée

(1) Ces standardisations n'ont eu jusqu'ici qu'un caractère officieux, mais elles sont ou seront bientôt soumises à l'enquête publique par l'Institut Belge de Normalisation (I. B. N.).



fondamentale de l'équivalence avec les types étrangers, se présente, finalement, sous forme de tableaux qui ne révèlent pas, à première vue, cette particularité importante; comme tout tableau de normalisation, ils ne donnent que le résultat de l'opération d'unification et non les principes de cette unification; ils ne se distinguent en rien, pris en eux-mêmes, de tableaux qui auraient été établis sur des bases entièrement différentes. Comme cette *équivalence* constitue l'utilité principale et fait, peut-on dire, tout l'intérêt de ce travail belge de standardisation, il a paru nécessaire de mettre en relief cette caractéristique fondamentale, non seulement en la faisant connaître, mais surtout en fournissant aux futurs usagers de ces normes, la *clef* de ces équivalences. Tel est le but de cette note.

Ajoutons ici, sans y insister, que la normalisation belge a pris en considération, en outre, diverses normes non nationales belges et étrangères, ayant acquis droit de cité en matière de chemin de fer, d'armement, de construction navale, etc.

Avant tout, la question de *symboles* doit être éclaircie, car les diverses standardisations différentes peut-être plus encore par la *forme* que par le *fond*. Au demeurant, le problème, vu sous un angle strictement pragmatique, d'un point de vue purement matériel, le problème qui se pose à l'occasion d'une adjudication, de l'étude d'un plan, de l'établissement d'un devis consiste à *inscrire à côté de l'indice étranger l'indice belge adéquat*. Cette traduction ne peut s'obtenir qu'en considérant la réalité cachée sous ces symboles, en passant par elle. Nous croyons que le technicien aura déjà franchi un grand pas, s'il s'est familiarisé avec ce langage conventionnel et que le seul fait d'en bien posséder la clef l'engagera d'emblée sur le pont qui conduit d'une normalisation à l'autre. Le technicien doit s'habituer à voir *concrètement* l'acier, à travers le symbole, au delà du symbole.

Certains pays utilisent comme indices une numérotation quelconque, absolument arbitraire. Ainsi en est-il des normes anglaises établies au cours de cette guerre. D'autres standards ont des indices « parlants », en rapport direct avec les paramètres servant à la définition des nuances, qu'il s'agisse de la résistance (aciers St 37, St 42, etc., des DIN, par exemple) ou de l'analyse (aciers SAE, notamment, désignés par des nombres indiquant selon certaines conventions, la teneur en carbone, la nature et la teneur des éléments d'addition).

La normalisation belge utilise des indices « parlants » conformes aux directives de l'Association

Internationale de Standardisation (ISA). Les règles adoptées sont reprises et clairement expliquées dans le document N. B. N. 147 de l'Institut Belge de Normalisation.

Pour les aciers au carbone définis par leur résistance à la rupture, l'indice rappelle la valeur minima imposée.

Dans le cas où l'analyse est prescrite (car les normes belges utilisent les deux systèmes), l'indice reproduit la teneur moyenne en carbone.

Pour les aciers alliés, l'indice réunit les symboles chimiques des principaux éléments d'addition, ainsi que leur teneur et la proportion de carbone selon une convention simple. En outre, diverses notations, sur lesquelles nous ne pouvons nous étendre ici, précisent davantage la définition (pureté, grosseur du grain, etc.).

Passant au fond même du problème et abordant d'abord le domaine des aciers au carbone, nous remarquerons avant tout que le peu de place qu'occupent ces aciers dans la plupart des standardisations (relativement aux aciers alliés) n'est guère en rapport avec leur grande importance, leur prépondérance économique. C'est que la gamme de ces aciers non alliés s'établit pratiquement sur la base d'une seule variable indépendante (la teneur en carbone, de laquelle découlent les diverses caractéristiques mécaniques) d'où relative simplicité, tandis que, dans le cas des aciers alliés, il faut envisager, en principe, les combinaisons possibles de 2 ou 3 variables plus ou moins indépendantes ou même davantage (par exemple, teneur en carbone et teneur en nickel ou bien teneur en carbone, teneur en chrome et teneur en nickel, etc.).

En ce qui concerne la recherche des équivalences entre standards, la simplicité relative des aciers au carbone signifie *a priori* une moindre probabilité de divergences, la complexité des aciers alliés signifie une plus haute probabilité que les solutions adoptées soient discordantes. En fait, c'est surtout la considération de ces derniers aciers avec toutes leurs variantes qui fait paraître difficile *a priori* ce travail d'unification. Il n'est donc pas inutile de faire observer que c'est pour les aciers économiquement les plus importants que la recherche de cette équivalence est relativement facile et a le plus de chance de succès.

Un mot d'un sujet difficile qui a provoqué quelques controverses : celui du mode d'élaboration.

Les faits d'abord :

1. Les normalisations étrangères n'en font généralement pas mention et se bornent à énumérer des nuances et des propriétés.

2. Selon les pays, les méthodes d'élaboration

différent, étant fonction des ressources locales en minerais et en énergie, etc.

3. A nuance identique (à teneur en carbone égale), les aciers, suivant le mode d'élaboration peuvent offrir des caractéristiques, des qualités différentes, notamment en vue de la soudure et du traitement thermique.

Obligée d'envisager le problème dans son universalité, la normalisation belge a rejeté les deux solutions extrêmes ci-après :

a) Prescrire formellement la méthode d'élaboration;

b) Mettre les aciers sur le même pied quel que soit le mode d'élaboration et ne les distinguer en rien.

La première solution n'a pas été admise parce qu'elle est de nature à figer la technique et à empêcher tout progrès en matière d'élaboration; de plus, elle constitue une intrusion dans le domaine propre du producteur et n'assure pas une garantie suffisante.

La seconde solution n'a pas été admise davantage, car il n'est pas possible de faire abstraction, ni des méthodes de production différentes lorsque nous ne nous cantonnons pas dans les limites des pays voués à une technique déterminée, ni des différences considérables existant entre aciers, au point de vue usage, selon le mode d'élaboration, c'est-à-dire du fait qu'il existe des aciers identiques en nuance et différents en qualité.

La solution adoptée consacre ces différences, mais les exprime par des critères caractérisant les usages possibles (voir notamment les essais de soudabilité) indépendamment du mode d'élaboration laissé à la discrétion du producteur, en principe sinon en pratique.

Cette décision est conforme au principe de base : recherche des équivalences au point de vue usages, ce qui seul importe.

Les aciers au carbone sont définis, à l'étranger, soit par leur teneur en carbone, soit par leur charge de rupture (les aciers SAE sont définis exclusivement par l'analyse, et c'est ce que les symboles traduisent; par contre, les aciers de construction dans les DIN sont définis — et désignés — en fonction de leur résistance à la rupture).

En principe, la résistance importe pour les aciers utilisés tels quels, l'analyse, au contraire, pour les aciers destinés à subir un traitement thermique chez l'utilisateur. Sur cette base, la normalisation belge comporte une double gamme : aciers de construction (métallique ou mécanique) d'usage courant définis par leur charge de rup-

ture minima, aciers de traitement, définis par l'analyse.

La coexistence des deux modes de définition (dans l'ensemble des standardisations à mettre en comparaison et même à l'intérieur de la normalisation belge) n'est pas une difficulté « insurmontable », car il existe entre teneur en carbone et résistance, une relation valable dans un domaine assez étendu de dimensions et pour tous les états de livraison s'apparentant à l'état normalisé. Bien entendu, il s'agit d'une corrélation et non d'une relation stricte, c'est-à-dire qu'à une valeur donnée de la teneur en carbone correspond une valeur moyenne ou valeur la plus probable de la charge de rupture autour de laquelle une certaine variation est inévitable (voir tableau I).

$C + \frac{Mn}{5}$	R	$C + \frac{Mn}{5}$	R	$C + \frac{Mn}{5}$	R
%	kg/mm <sup>2</sup>	%	kg/mm <sup>2</sup>	%	kg/mm <sup>2</sup>
0,10	36,5	0,34	46,5	0,58	67,5
0,12	37	0,36	47,5	0,60	69,5
0,14	37,5	0,38	48,5	0,62	71,5
0,16	38,5	0,40	50	0,64	74
0,18	39	0,42	51,5	0,66	76
0,20	39,5	0,44	53	0,68	79
0,22	40,5	0,46	55	0,70	81
0,24	41,5	0,48	57	0,72	83
0,26	42,5	0,50	59	0,74	85,5
0,28	43,5	0,52	61	0,76	87,5
0,30	44,5	0,54	63	0,78	90
0,32	45,5	0,56	65	0,80	92

TABLEAU I.  
Relation moyenne entre analyse et charge de rupture des aciers au carbone (état normalisé ou équivalent)

Mais, pour les besoins de la pratique, cette corrélation suffit largement à « traduire » une nuance définie par l'analyse dans telle norme, par une nuance définie par la résistance dans telle autre.

En ce qui concerne les normes belges, l'existence de cette corrélation a permis de faire mieux que permettre de passer de la gamme « mécanique » à la gamme « chimique », à supposer que ces gammes aient été établies arbitrairement.

En fait, les deux gammes se correspondent termes à termes, si on prend les valeurs moyennes de chaque nuance standardisée. Ou, pour mieux dire, il n'y a qu'une seule gamme, dont les termes sont « exprimés », dans un cas, en langage chi-





mique, dans l'autre en langage « résistance » (tableau II) <sup>(1)</sup>.

Charge de rupture (état normalisé)	Analyse moyenne			
		C	Mn	Si
	kg/mm <sup>2</sup>	%	%	%
I	34 à 40	0,05 à 0,12	0,40 à 0,60	0,15 à 0,35
II	38 à 45	0,10 à 0,18	0,40 à 0,70	0,15 à 0,35
III	42 à 50	0,18 à 0,26	0,40 à 0,70	0,15 à 0,35
IV	46 à 55	0,25 à 0,33	0,40 à 0,70	0,15 à 0,35
V	50 à 60	0,31 à 0,39	0,40 à 0,70	0,15 à 0,35
VI	55 à 65	0,36 à 0,44	0,40 à 0,70	0,15 à 0,35
VII	60 à 70	0,40 à 0,48	0,50 à 0,80	0,15 à 0,35
VIII	70 à 85	0,51 à 0,63	0,50 à 0,80	0,15 à 0,35

TABLEAU II.  
Gamme de base des aciers au carbone

Ceci ne signifie pas, hâtons-nous de le dire, que le respect des tolérances chimiques assure automatiquement le respect des tolérances mécaniques adoptées pour la nuance équivalente, auquel cas il n'y aurait aucun inconvénient à définir simultanément chaque nuance par les deux critères. En fait, la correspondance n'existe qu'entre les moyennes, de sorte que la prescription de tolérances simultanées sur analyse et charge de rupture représenterait un énorme accroissement de sévérité et n'est pas possible. Par contre, en ce qui concerne la limitation des produits fabriqués à un petit nombre de types, l'existence d'une corrélation à haute probabilité à son plein effet et, à cet égard, les normes belges ramènent bien les aciers au carbone à une seule gamme.

Un mot encore des allongements à la rupture, fixés comme tels ou intervenant dans un coefficient de qualité.

On sait que, pour un même acier, ils dépendent de l'élanement de l'éprouvette, c'est-à-dire du rapport entre la longueur et la section de celle-ci. Plus l'éprouvette est courte, plus ils sont importants, en raison d'une intervention plus grande de l'allongement de striction dans l'allongement total. Or, là encore, la langue parlée, les conventions ne sont pas les mêmes selon les pays : l'élanement ou rapport de la longueur au diamètre varie de 4 (pour les pays anglo-saxons) à 7,23 (en France et en Belgique) et même 10 (Allemagne).

Les normes belges indiquent les allongements pour deux types (cahiers des charges unifiés français avec  $l=7,23 d$ , et ISA, avec  $l=5 d$ ), le premier parce que c'est celui dont nous avons

<sup>(1)</sup> Nous attirons l'attention sur le fait que ce tableau est reproduit ici pour illustrer un principe. Il a servi de base pour établir la standardisation mais n'est pas la standardisation. Celle-ci s'en écarte en quelques points pour des raisons pratiques.

surtout l'expérience en Belgique, et le second parce qu'il est en quelque sorte devenu officiel.

Il existe des formules de transposition de ces allongements, formules qui, encore une fois, ne sont que des corrélations assez lâches, assez peu rigoureuses, mais suffisant aux besoins de la pratique. Nous ne pouvons les discuter ici. Que l'on veuille bien retenir seulement ceci : lorsque nous nous trouvons en présence de valeurs des allongements différentes, nous avons à nous demander d'abord, avant de conclure à une différence de qualité, si ce n'est pas là simplement le résultat de l'emploi d'éprouvettes de types différents.

Un mot à présent de l'attirance du « nombre rond ». Peu de rédacteurs de normes ont résisté à la tentation de choisir de préférence des nombres finissant par 0 ou 5, par exemple pour la charge de rupture ou la teneur en carbone.

Il n'y a aucune raison de penser que ces nombres aient plus de chances que d'autres de représenter une grandeur naturelle ou la valeur optima dans un problème. La préférence qui leur est accordée est purement gratuite.

Le mal n'est peut-être pas grand lorsqu'il s'agit d'un échelonnement arbitrairement choisi, encore qu'échelons aussi bien que limites de tolérances (écarts) doivent, *a priori*, obéir à des règles logiques n'ayant rien à voir avec le culte du système décimal.

Mais, et c'est plus grave, dans des normes où figurent, pour un même acier, deux paramètres reliés en fait par une loi naturelle (teneur en carbone et résistance), les rédacteurs ont parfois cédé à l'attirance du « nombre rond » pour les deux paramètres. Or, le premier paramètre ayant pu, admettons-le, être choisi arbitrairement parmi les nombres ronds, il est extrêmement peu probable que la valeur correspondante du second soit précisément aussi un nombre rond, sinon au prix d'une erreur, et c'est ce que l'on peut constater en fait.

Au demeurant, comme, dans les diverses nuances, l'erreur a été commise — la valeur a été forcée — tantôt par excès, tantôt par défaut, le tableau ainsi obtenu révèle par lui-même et sans autre vérification un certain degré de contradiction et d'incohérence.

La standardisation belge s'est soigneusement gardée de sacrifier sa logique et ses principes à l'attirance des « nombres ronds ». Il y a cependant un léger inconvénient : c'est que, étant basée presque entièrement sur des nombres quelconques, elle est moins mnémotechnique, moins aisée à fixer dans les mémoires. Il a bien fallu choisir entre considérations plus ou moins primordiales.



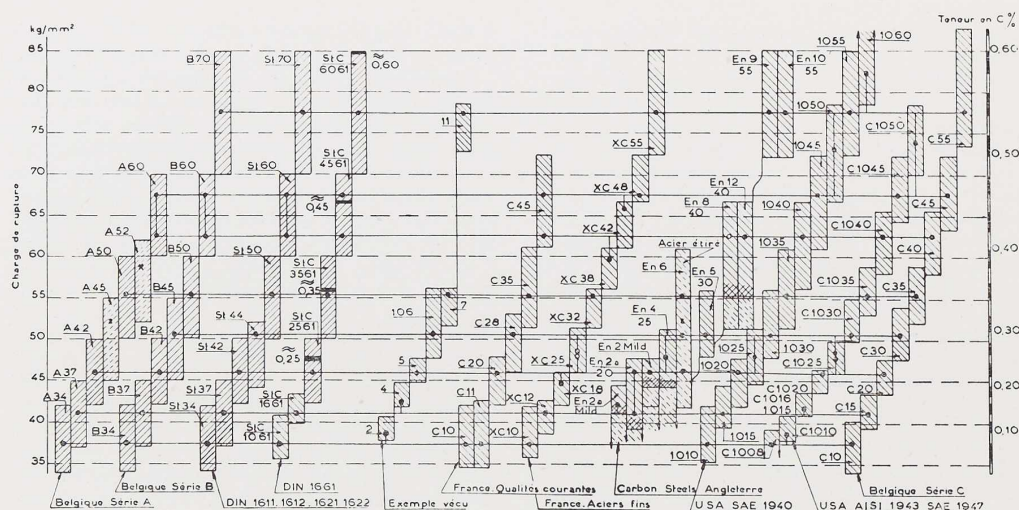


Fig. 50. Graphique d'équivalence des aciers au carbone.

Pour bien mettre en lumière les relations entre les aciers au carbone définis par les diverses normalisations, il est commode d'utiliser un graphique dont l'ordonnée verticale représente suivant des échelles appropriées soit la charge de rupture, soit la teneur en carbone (fig. 50). La corrélation existant entre ces deux grandeurs permet de rassembler dans un même graphique les deux modes de définition. Par rapport à cette échelle doublement graduée, nous avons tracé les échelons correspondant aux nuances des principales normes susceptibles d'intéresser l'industrie belge. Toutefois, nous avons cherché à grouper au voisinage de l'échelle des résistances (à gauche) les standards basés sur cette résistance (hachures à gauche) et au voisinage de l'échelle de droite les normes utilisant l'analyse chimique comme paramètre (hachures à droite) puisque, à l'intérieur de chacun de ces deux groupes, la correspondance est plus directe, et qu'elle est plus approximative entre les nuances n'appartenant pas au même groupe. C'est pourquoi les séries belges A (construction métallique) et B (aciers d'usage courant pour construction mécanique) figurent à l'extrême gauche, la série C (aciers de traitement thermique définis chimiquement) à l'extrême droite. Le graphique montre comment les séries A et B, d'une part, la série C, d'autre part, se correspondent terme à terme, à la réserve d'une seule anomalie : la nuance A 60 (ou B 60) a été dédoublée en C 40 et C 45, le souci de ramener à une seule gamme les séries « méca-

niques » et « chimiques » ayant dans ce cas, cédé le pas à des considérations plus importantes.

Ce graphique suggère trois remarques :

1° Ces séries ne comportent aucun hiatus; ainsi, il ne peut arriver qu'un acier élaboré hors nuance ne puisse trouver d'emploi;

2° Les écarts tolérés pour la série C ont été réduits, par rapport à ceux des séries A et B, en vue de permettre un traitement thermique « omnibus » dans les fabrications en série, et cela dans toute la mesure où le permettent les conditions d'élaboration des aciers;

3° Les aciers à haute limite élastique A 45 et A 52 qui ne sont pas, à strictement parler des aciers au carbone, ont été représentés de façon distincte.

\*  
\*\*

Les séries américaines SAE et AISI (1) sont à définition purement chimique. Tous leurs termes peuvent être traduits d'emblée et sans autre forme de procès selon la série C, sauf deux d'entre eux : le 1 025 et le 1 050 qui n'ont pas leur correspondant exact et pour lesquels il sera nécessaire de faire preuve d'un certain discernement en passant, soit à une nuance belge plus carburée, soit à une nuance moins carburée, selon les circonstances, et notamment la dimension des pièces

(1) SAE et AISI sont les abréviations de la « Society of Automotive Engineers » et de l'« American Iron and Steel Institute ».



à exécuter et à traiter thermiquement. Moyennant quoi, les résistances demandées pourront toujours être obtenues.

Nous attirons l'attention sur la très grande parenté de conception entre la série AISI et la série C belge, caractérisées l'une et l'autre par des échelons d'importance croissante à mesure qu'on s'élève dans la gamme.

A cet égard, l'ancienne série SAE, avec ses tolérances uniformes de 10 centièmes, était moins adaptée aux besoins du traitement thermique « standardisé », du traitement thermique en série : sous le régime de cette norme, il était nécessaire de resserrer davantage les tolérances par des prescriptions complémentaires s'ajoutant à la standardisation, alors que la série nouvelle SAE-AISI et la série belge C assurent par elles-mêmes, dans la majorité des cas, une uniformité suffisante des conditions de traitement thermique.

Les normes allemandes DIN continuent à être utilisées, en Belgique notamment. Les normes suisses leur sont identiques à peu de chose près.

Les profilés, aciers pour construction mécanique, tôles, etc., y sont définis en fonction de la résistance mécanique dans des normes que nous avons résumées par un seul « escalier » pratiquement identique aux séries belges A et B, ce qui découle de la parenté des techniques sidérurgiques.

Les aciers pour traitement thermique ne sont définis par l'analyse chimique (hachures à droite) que pour les deux nuances les plus douces, destinées à la cémentation, soit St C 1061 et St C 1661 assimilables aux types belges C10 et C15.

Les autres nuances sont définies par les charges de rupture, minima et maxima, la teneur moyenne en carbone n'étant fournie qu'à titre d'*indication approximative* (bien que les indices soient basés sur ces teneurs).

Les normes britanniques BSS 970 : 1942 ont été établies sous la pression impérieuse de circonstances tragiques; de ce fait, elles offrent une physionomie assez différente de celle des autres normes.

Les aciers dits « au carbone » sont définis à la fois par l'analyse chimique et les limites de résistance. En ce qui concerne l'analyse, elle est souvent extrêmement large et admet des éléments additionnels tels que le Mn et le Ni en proportion telle qu'il ne s'agit plus véritablement d'aciers au carbone.

Au point de vue qui nous occupe, c'est-à-dire au point de vue des équivalences avec les aciers au carbone des autres normes, il y a lieu de

considérer que la limite supérieure est effectivement représentée par la teneur maxima en carbone stipulée, mais que, dans plusieurs cas, la limite inférieure résulte en réalité, pour les aciers à l'état normalisé, du minimum de résistance exigé, ce qui est montré en « recoupant » la zone de variation du carbone (hachures à droite) par un trait (accompagné de quelques hachures à gauche) au niveau de la charge de rupture minima. Cette règle n'est pas appliquée à l'acier En6 parce qu'il ne s'agit pas d'un acier à l'état normalisé.

A côté des indices, figurent les teneurs en carbone « 20 », « 25 », etc., de la désignation officielle anglaise, ce qui fait ressortir les parentés de ces nuances avec les types SAE, AISI, et de la série C belge. Par exemple, En8, soit le « 40 » *Carbon Steel*, avec 1040, C1040 et C40. D'autre part, pour les aciers En9 et En5, la clause de résistance n'augmente pas la sévérité de la définition par la teneur en carbone.

Il existe, entre les aciers En8 et En12 à 0,40 % de carbone et les aciers En9 et En10 à 0,55 % de carbone, un hiatus important correspondant à la nuance belge C45.

Il était évidemment impossible d'introduire dans un graphique toutes les précisions supplémentaires apportées par les diverses normes en ce qui concerne le coefficient de qualité, la pureté, la soudabilité, etc.

Ces détails risqueraient de masquer l'essentiel. Certaines normes étrangères ne constituent d'ailleurs qu'un plan de classement et ne sont pas en même temps, comme c'est le cas pour les normes belges, une spécification assurant un minimum de qualité. Le choix des nuances équivalentes ne peut évidemment faire abstraction des conditions autres que la nuance, soit qu'elles soient formellement prescrites, soit qu'elles puissent être déduites de l'utilisation envisagée.

Dans le but d'illustrer plus clairement encore, si possible, par un exemple vécu, le mécanisme de ces transpositions, mécanisme en réalité très simple, le graphique présente encore la normalisation à base purement chimique qu'une importante usine de construction mécanique belge a utilisé pendant de nombreuses années pour ses propres besoins, et qui avait reçu, en outre, une certaine diffusion en dehors de ses murs à cause du manque de standards officiels. Cette usine a adopté, sans plus, les nuances de la série C les plus voisines des sciences, nuances qui, en fait, couvrent tous ses besoins en aciers au carbone, sur la base de l'équivalence que traduit le graphique.

Le tableau III est la traduction du graphique;



BELGIQUE			DIN (ALLEMAGNE)		U. S. A.		GR.-BR.	FRANCE	
Sér. A	Sér. B	Sér. C	Constr.	Tr. ther.	SAE	AISI		Qual. cour.	Aciers fins
A 34	B 34	C 10	St 34	St C 1061	1010	C 1008 (C 1010)	—	C 10 C 11	XC 10
A 37	B 37	C 15	St 37	St C 1661	1015	C 1015	En 2 a (En 3)	—	XC 12
A 42	B 42	C 20	St 42	St C 2561	1020	C 1020 (1025)	En 2 En 3 (En 4) (En 6)	C 20	XC 18 XC 25
—	B 45	C 30	St 44	—	1025 1030	C 1025 (C 1030)	(En 4) En 5 (En 6)	C 28	XC 25
A 50	B 50	C 35	St 50	St C 3561	1035	C 1035	(En 6)	C 35	XC 32
A 60	B 60	C 40	St 60	St C 4561	1040	C 1040	En 8 En 12	C 45	XC 38
		(C 45)	—	—	(1045)	(C 1045)	—	C 45	XC 42 XC 48
—	B 70	C 55	St 70	St C 6061	1050 1055 (1060)	C 1050	En 9 En 10	—	X 55
A 45	—	—	—	—	1015	C 1019	—	—	—
A 52	—	—	St 52	—	—	—	—	Ac 54	—

TABLEAU III. Equivalence des aciers au carbone

BELGIQUE	SAE	DIN	FRANCE
Aciers au Si et au Mn (au Mn-Mo)	Manganese Steels Silicon Manganese Steels	Federstähle	Aciers au Silicium Aciers au Manganèse
Aciers au Ni	Nickel Steels	Nickelstahl	Aciers au Nickel
Aciers au Ni-Cr (évent. avec Mo)	Nickel Chromium Steels (Molybdenum Steels)	Chrom-Nickelstahl	Aciers au Nickel- Chrome
Aciers au Cr-Mo	Molybdenum Steels	Chrom-Molybdenstahl	Aciers au Chrome-Mo- lybdène
—	(Chromium Steels)	(Chromstahl) (Chrom-Manganstahl) (Federstähle)	Aciers au Chrome
Aciers au Cr-Va	Chromium-Vanadium Steels	Federstähle Chromstahl	—

TABLEAU IV. Répartition des aciers spéciaux en familles.



BELGIQUE	SAE 1940	AISI SAE 1947	GR.-BR.	DIN	FRANCE
Si 518	—	—	En 46	48 S 7	45 S 8
Si 618	9255 (9260)	NE 9255 (NE 9260)	En 45	55 S 7 (65 S 7)	55 S 6
Mn 315	(T 1330)	(C 1024) (A 1330)	(En 14) (En 15)	VM 125	35 M 5
Mn-Mo 415	(T 1335)	(A 1335) (A 4037)	En 16 (En 15)	(VM 175)	—
Mn 12 130	—	—	—	—	Z 120 M 12
Ni 220	(2115) (2315)	(A 2317)	(En 33)	En 15	(10 N 8) (22 N 8)
Ni-Cr 135	(3312) (3415)	(E 3310) (E 3316)	En 36	(ECN 25) ECN 35	(10 NC 11) 12 NC 11
Ni-Cr 241	—	—	En 39 En 28 <sup>(1)</sup>	ECN 45	16 NCD 13
Ni-Cr 322	(3230) (3435) 3430	—	En 23	VCN 25	(30 NC 11) (35 NC 11)
Ni-Cr 342	—	—	En 30	(VCN 35) VCN 45	(40 NC 17)
Ni-Cr-Mo 415	(X 4340)	(A 4340) (E 4342)	En 24	—	(35 NCD 4)
Ni-Cr-Mo 335	—	—	En 27	—	30 NCD 11
Cr-Mo 211	—	(A 4120)	—	ECMo 80	(12 CD 4) (18 CD 4)
Cr-Mo 312	X 4130	A 4130	(En 19)	VCMo 135	35 CD 4
Cr-Va 312	6130	—	—	—	—
Cr-Va 512	6150	E 6150 A 6152	En 47	VGV 150 50 CV 4	50 CV 4

<sup>(1)</sup> Lorsque l'acier Ni-Cr 241 est employé comme acier d'amélioration.

TABEAU V. *Equivalence des aciers alliés*

les correspondances exigeant un certain degré d'approximation sont marquées par des parenthèses.

Ce tableau exprime les équivalences de façon plus schématique que le graphique et laisse donc dans l'ombre davantage de détails pouvant avoir leur importance; il n'indique pas, notamment, dans quelle mesure, avec quelle approximation l'équivalence est assurée.

Les aciers de construction à haute résistance,

qui ne sont pas à proprement parler des aciers au carbone, figurent aussi à ce tableau, mais à part.

Avant de quitter le domaine des aciers au carbone, il faut encore signaler que les normes étrangères comportent de six à onze nuances; avec sept à huit termes, les séries belges représentent donc une honnête moyenne.

Les aciers alliés (improprement dénommés aciers spéciaux) ont été groupés en familles en



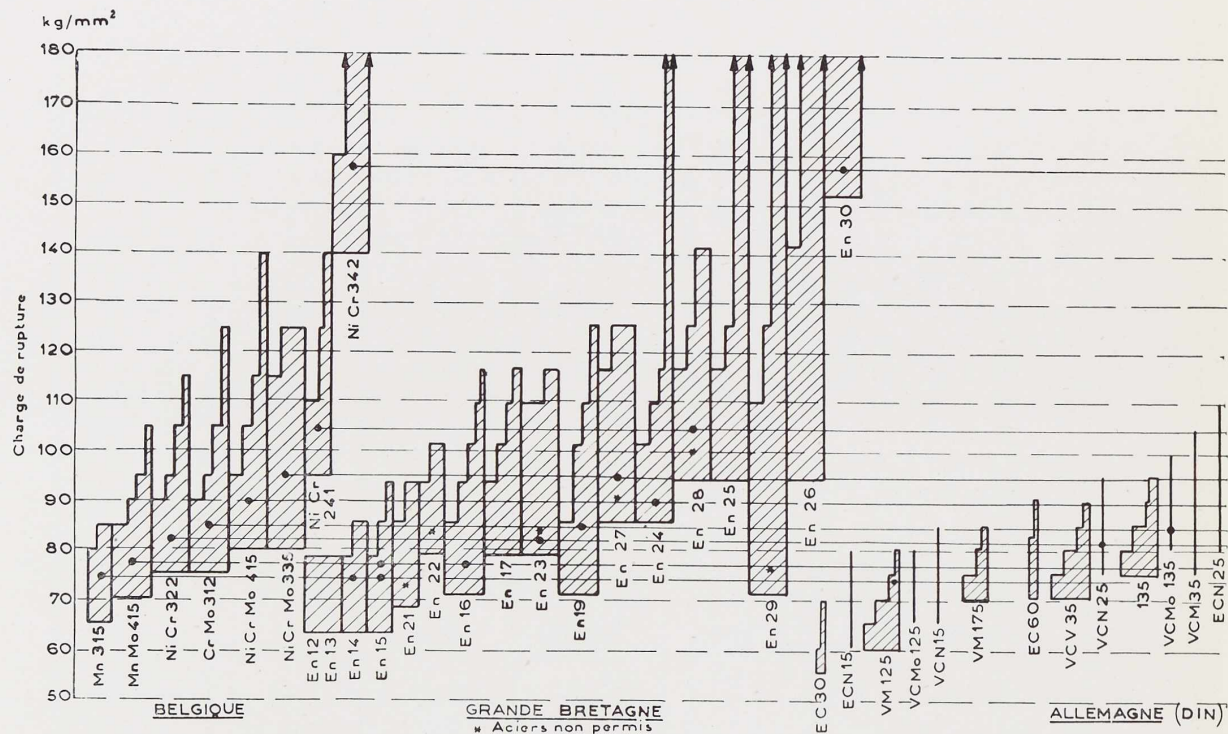


Fig. 51. Graphique d'équivalence des aciers alliés élaborés

fonction des éléments d'addition contribuant le plus à donner à chacun de ces aciers sa physiologie propre. Ce mode de groupement est utilisé par plusieurs standards étrangers; il est assez commode.

Le tableau IV montre, comparée avec les plans d'autres normes, la répartition en familles des différentes nuances.

#### Remarques

1. La norme belge, comme on peut le voir, exclut les aciers simplement au Cr, les aciers

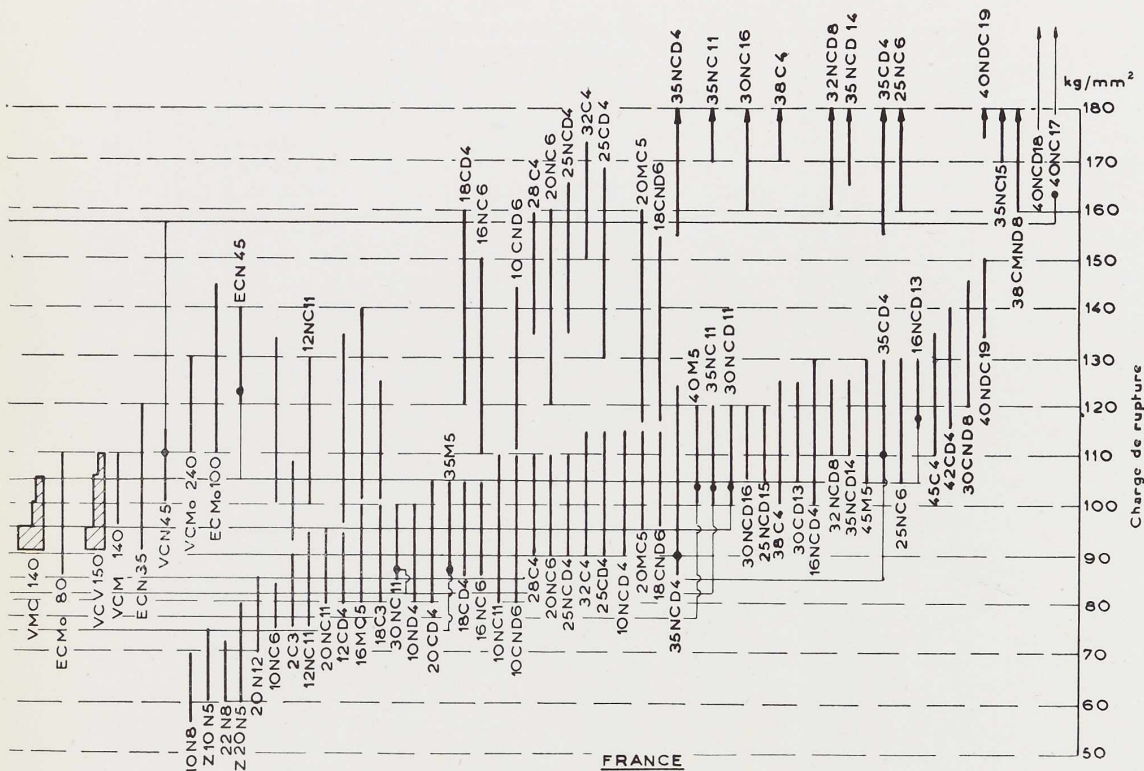
au Cr-Mo (ou au Cr-Va) devant leur être préférés selon les cas.

2. En constituant une famille basée sur l'usage (*Federstähle*) à côté des familles définies par la composition, les DIN manquent d'unité.

A la réserve de ces remarques, il y a très sensible analogie entre ces trois arrangements des aciers en familles.

Pour ces aciers complexes, nous envisagerons d'abord l'équivalence à la fois en nature et en usage, c'est-à-dire que nous ferons correspondre à un acier Cr-Ni, par exemple, tout acier qui sera à la fois :





FRANCE

en Belgique, Grande-Bretagne, Allemagne et France.

1° Aussi un acier au Cr-Ni;

2° De composition centésimale suffisamment voisine pour recevoir les mêmes usages et offrir le même comportement au traitement thermique, à l'usinage et en service (tableau V).

Avec 18 aciers seulement, la normalisation belge paraît bien pauvrement dotée au regard de la liste SAE qui ne comporte pas moins de 64 nuances (dans les mêmes familles), et parmi ces 64 types, 22 aciers au Cr-Ni alors qu'en Belgique il n'existe que six types.

En fait, accepter une gamme aussi variée aurait été, pour la Belgique, l'équivalent de ne rien

normaliser du tout. Au demeurant, beaucoup d'aciers au Cr-Ni font double emploi avec des aciers moins riches en éléments rares, qui leur ont été préférés : pour réaliser après traitement thermique toute la gamme des résistances, pour les diverses dimensions de pièces à envisager, l'assortiment belge est suffisant. Dans cet ordre d'idées, la norme belge a réservé l'alliage Ni-Cr pour les cas où il paraît vraiment indispensable.

Le but essentiel et presque exclusif de l'addition d'éléments spéciaux est d'assurer plus de pénétration de trempe, de permettre la trempe à cœur de pièces de plus forte dimension.



PAYS	INDICE	CARBONE	SILICIUM	MANGANÈSE	MOLYBDÈNE	NICKEL	CHROME	VANADIUM
Belgique	Si 518	0,45 à 0,55	1,60 à 2,00	0,50 à 0,80	—	—	—	—
Grande-Bretagne	En 46	0,33 à 0,50	1,60 à 2,00	0,60 à 1,00	—	—	—	—
France	45 S 8	0,40 à 0,50	1,60 à 2,10	0,40 à 0,80	—	—	—	—
Allemagne*	48 S 7	0,40 à 0,55	1,50 à 1,80	0,50 à 0,75	—	—	—	—
Belgique	Si 618	0,50 à 0,60	1,70 à 2,00	0,50 à 0,80	—	—	—	—
U. S. A.	9255	0,50 à 0,60	1,80 à 2,20	0,70 à 0,95	—	—	—	—
Grande-Bretagne	9260	0,55 à 0,65	1,80 à 2,20	0,70 à 1,00	—	—	—	—
France	En 45	0,50 à 0,60	1,50 à 2,00	0,70 à 1,00	—	—	—	—
Allemagne*	55 S 6	0,52 à 0,58	1,50 à 1,90	0,50 à 0,90	—	—	—	—
Belgique	55 S 7	0,50 à 0,60	1,40 à 1,90	0,50 à 0,90	—	—	—	—
U. S. A.	65 S 7	0,60 à 0,70	1,40 à 1,90	0,50 à 0,90	—	—	—	—
Belgique	Mn 315	0,25 à 0,32	< 0,35	1,30 à 1,60	—	—	—	—
U. S. A.	1024	0,20 à 0,26	0,15 à 0,30	1,35 à 1,65	—	—	—	—
Grande-Bretagne	1330	0,28 à 0,33	0,20 à 0,35	1,60 à 1,90	—	—	—	—
France	En 14	0,20 à 0,30	0,10 à 0,35	1,30 à 1,80	—	—	—	—
Allemagne*	En 15	0,30 à 0,40	0,10 à 0,35	1,30 à 1,70	—	—	—	—
Belgique	35 M 5	0,35 à 0,38	< 0,40	1,00 à 1,35	—	—	—	—
U. S. A.	VM 125	0,28 à 0,35	< 0,40	1,20 à 1,50	—	—	—	—
Belgique	Mn-Mo 415	0,32 à 0,40	< 0,35	1,30 à 1,60	0,20 à 0,35	—	—	—
U. S. A.	En 15	0,30 à 0,40	0,10 à 0,35	1,30 à 1,70	—	—	—	—
Grande-Bretagne	En 16	0,25 à 0,40	0,10 à 0,35	1,30 à 1,80	0,20 à 0,35	—	—	—
France	1355	0,33 à 0,38	0,20 à 0,35	1,60 à 1,80	—	—	—	—
Allemagne*	4037	0,35 à 0,40	0,20 à 0,35	0,75 à 1,00	0,20 à 0,30	—	—	—
Belgique	VM 175	0,33 à 0,40	< 0,40	1,60 à 1,90	—	—	—	—
Belgique	Mn 12.130	1,15 à 1,30	< 0,35	12,00 à 14,00	—	—	—	—
France	Z 120 M 12	≈ 1,20	≈ 0,50	≈ 12,00	—	—	—	—
Belgique	Ni 220	0,12 à 0,20	< 0,35	< 0,50	—	1,75 à 2,25	< 0,30	—
Grande-Bretagne	En 33	< 0,16	0,10 à 0,35	0,20 à 0,60	—	2,75 à 3,50	< 0,30	—
U. S. A.	2115	0,10 à 0,20	0,15 à 0,30	0,30 à 0,60	—	1,25 à 1,75	—	—
France	2317	0,15 à 0,20	0,20 à 0,35	0,40 à 0,60	—	3,25 à 3,75	—	—
Belgique	10 N 8	≈ 0,10	< 0,35	< 0,50	—	≈ 2,00	—	—
France	22 N 8	≈ 0,22	< 0,40	< 0,50	—	≈ 2,00	—	—
Allemagne*	En 15	0,10 à 0,17	< 0,35	< 0,50	—	1,25 à 1,75	< 0,20	—
Belgique	Ni-Cr 135	0,12 à 0,18	< 0,35	< 0,50	0,15 à 0,35	3,25 à 3,75	0,60 à 0,90	—
Grande-Bretagne	En 36	< 0,18	0,10 à 0,35	0,30 à 0,60	—	3,00 à 3,75	0,60 à 1,10	—
U. S. A.	3310	0,08 à 0,13	0,20 à 0,35	0,45 à 0,60	—	3,25 à 3,75	1,40 à 1,75	—
France	3316	0,14 à 0,19	0,20 à 0,35	0,45 à 0,60	—	3,25 à 3,75	1,40 à 1,75	—
Belgique	3415	0,10 à 0,20	0,10 à 0,30	0,30 à 0,60	—	2,75 à 3,25	0,60 à 0,95	—
Grande-Bretagne	10 NC 11	0,08 à 0,13	< 0,35	0,35 à 0,65	—	2,50 à 3,00	0,60 à 0,90	—
France	12 NC 11	0,10 à 0,16	< 0,35	0,35 à 0,65	—	2,50 à 3,00	0,60 à 0,90	—
Allemagne*	ECN 25	0,10 à 0,17	< 0,35	< 0,50	—	2,25 à 2,75	0,55 à 0,95	—
Belgique	ECN 35	0,10 à 0,17	< 0,35	< 0,50	—	3,25 à 3,75	0,55 à 0,95	—
Belgique	Ni-Cr 241	0,12 à 0,18	< 0,35	0,50 à 0,70	0,15 à 0,35	3,75 à 4,50	1,00 à 1,40	—
Grande-Bretagne	En 39	0,12 à 0,18	0,10 à 0,35	< 0,50	—	3,80 à 4,50	1,00 à 1,40	—
France	18 NCD 13	0,13 à 0,19	< 0,35	< 0,50	0,15 à 0,30	3,00 à 3,50	0,85 à 1,15	—
Allemagne*	ECN 45	0,10 à 0,17	< 0,35	< 0,50	—	4,25 à 4,75	0,90 à 1,10	—
Belgique	Ni-Cr 322	0,28 à 0,35	< 0,35	< 0,60	0,15 à 0,35	2,00 à 2,50	0,50 à 0,80	—
Grande-Bretagne	En 23	0,25 à 0,35	0,10 à 0,35	0,45 à 0,70	< 0,65	2,75 à 3,50	0,50 à 1,00	—
U. S. A.	3230	0,25 à 0,35	0,15 à 0,30	0,30 à 0,60	—	1,50 à 2,00	0,90 à 1,25	—
France	3435	0,30 à 0,40	0,15 à 0,30	0,30 à 0,60	—	2,75 à 3,25	0,60 à 0,95	—
Belgique	3430	0,25 à 0,35	0,15 à 0,30	0,30 à 0,60	—	2,75 à 3,25	0,60 à 0,95	—
Grande-Bretagne	30 NC 11	0,25 à 0,35	< 0,40	0,35 à 0,65	—	2,50 à 3,00	0,60 à 0,90	—
France	35 NC 11	0,30 à 0,39	< 0,40	0,35 à 0,65	—	2,50 à 3,00	0,60 à 0,90	—
Allemagne*	VCN 25	0,25 à 0,40	< 0,35	0,40 à 0,80	—	2,25 à 2,75	0,55 à 0,95	—
Belgique	Ni-Cr 342	0,28 à 0,35	< 0,35	< 0,60	0,15 à 0,35	4,00 à 4,50	1,00 à 1,50	—
Grande-Bretagne	En 30	0,25 à 0,35	0,10 à 0,35	0,35 à 0,60	< 0,65	3,75 à 4,50	1,00 à 1,50	—
France	40 NC 17	0,37 à 0,45	< 0,40	0,15 à 0,55	—	4,00 à 4,50	1,50 à 2,00	—
Allemagne*	VCN 35	0,20 à 0,35	< 0,35	0,40 à 0,80	—	3,25 à 3,75	0,55 à 0,95	—
Belgique	VCN 45	0,30 à 0,40	< 0,35	0,40 à 0,80	—	4,25 à 4,75	1,10 à 1,50	—
Belgique	Ni-Cr-Mo 415	0,37 à 0,45	< 0,35	0,40 à 0,70	0,20 à 0,35	1,25 à 1,75	1,00 à 1,30	—
Grande-Bretagne	En 24	0,35 à 0,45	0,10 à 0,35	0,45 à 0,70	0,20 à 0,35	1,30 à 1,80	0,90 à 1,40	—
U. S. A.	4340	0,38 à 0,43	0,20 à 0,35	0,60 à 0,80	0,20 à 0,30	1,65 à 2,00	0,70 à 0,90	—
France	4342	0,40 à 0,45	0,20 à 0,35	0,60 à 0,80	0,23 à 0,30	1,65 à 2,00	0,70 à 0,90	—
Allemagne*	35 NC D4	0,32 à 0,38	< 0,40	0,50 à 0,90	0,10 à 0,20	1,00 à 1,30	0,40 à 0,70	—
Belgique	Ni-Cr-Mo 335	0,28 à 0,35	< 0,35	0,40 à 0,70	0,20 à 0,35	3,25 à 3,75	0,80 à 1,20	—
Grande-Bretagne	En 27	0,25 à 0,35	0,10 à 0,35	0,40 à 0,70	0,20 à 0,35	3,00 à 3,75	0,50 à 1,30	—
France	30 NCD 11	0,25 à 0,35	< 0,40	0,15 à 0,55	0,25 à 0,45	2,70 à 3,30	0,70 à 1,10	—
Belgique	Cr-Mo 211	0,14 à 0,20	< 0,35	0,70 à 1,00	0,20 à 0,30	—	0,90 à 1,20	—
U. S. A.	4130	0,17 à 0,22	0,20 à 0,35	0,70 à 0,90	0,20 à 0,30	—	0,60 à 0,90	—
Grande-Bretagne	12 CD4	0,08 à 0,16	< 0,35	0,60 à 0,90	0,15 à 0,35	—	0,80 à 1,20	—
France	18 CD4	0,14 à 0,23	< 0,35	0,60 à 0,90	0,15 à 0,35	—	0,80 à 1,20	—
Allemagne*	EC Mo 80	0,13 à 0,17	< 0,35	0,80 à 1,00	0,20 à 0,30	—	1,00 à 1,30	—
Belgique	Cr-Mo 312	0,28 à 0,35	< 0,35	0,50 à 0,80	0,15 à 0,30	—	1,00 à 1,30	—
U. S. A.	4130	0,28 à 0,33	0,20 à 0,35	0,40 à 0,60	0,20 à 0,30	—	0,80 à 1,10	—
Grande-Bretagne	En 19	0,35 à 0,45	0,10 à 0,35	0,50 à 0,80	0,20 à 0,40	—	0,80 à 1,50	—
France	35 CD 4	0,30 à 0,39	< 0,40	0,60 à 0,80	0,15 à 0,35	< 0,40	0,80 à 1,20	—
Allemagne*	VC Mo 135	0,30 à 0,37	< 0,35	0,50 à 0,80	0,15 à 0,25	—	0,90 à 1,20	—
Belgique	Cr-Va 312	0,28 à 0,35	< 0,35	0,50 à 0,80	—	—	1,00 à 1,30	0,15 à 0,35
U. S. A.	6130	0,25 à 0,35	0,15 à 0,30	0,60 à 0,90	—	—	0,80 à 1,10	> 0,15
Belgique	Cr-Va 512	0,45 à 0,55	< 0,35	0,50 à 0,80	—	—	1,00 à 1,30	0,15 à 0,35
U. S. A.	6150	0,45 à 0,55	0,15 à 0,30	0,60 à 0,90	—	—	0,80 à 1,10	>>> 0,15
Grande-Bretagne	6152	0,48 à 0,55	0,20 à 0,35	0,70 à 0,90	—	—	0,80 à 1,10	>>> 0,15
France	En 47	0,45 à 0,55	0,10 à 0,50	0,50 à 0,80	—	—	0,80 à 1,20	>>> 0,15
Allemagne*	50 CV 4	0,45 à 0,55	< 0,40	0,60 à 0,90	—	—	0,90 à 1,20	>>> 0,10
Belgique	VCV 150	0,45 à 0,55	< 0,40	0,60 à 0,90	—	—	0,90 à 1,20	>>> 0,10 à 0,30

\* Ces données correspondent aux normes allemandes DIN.

TABLEAU VI. Analyses comparées des aciers alliés





En principe, il faut donc forcer le dosage en éléments d'addition d'autant plus que la résistance à obtenir est plus élevée et que le diamètre équivalent de la pièce est plus fort.

Le but ultime est de réaliser une *résistance donnée*. L'acier doit être choisi en fonction de cette résistance et de la possibilité de l'atteindre par traitement thermique.

Ainsi, tout compte fait, les aciers peuvent être ramenés à une commune mesure, à un étalon général de comparaison qui est la résistance réalisable après trempe et revenu.

Sur cette base nous donnons, en nous limitant, en principe, aux aciers d'amélioration (à l'exclusion des aciers de cémentation), un graphique général de comparaison de tous les aciers alliés, où nous marquons en unités de résistance leurs limites d'emploi (fig. 51) : la *limite supérieure* qu'il n'est pas possible de dépasser parce que l'acier ne trempe pas assez pour cela, et la *limite inférieure*, en-dessous de laquelle on trouve des valeurs qui peuvent être atteintes *a fortiori* par l'acier envisagé, puisqu'il permet davantage, mais qu'il est plus économique de réaliser au moyen d'aciers moins riches.

Ceci détermine la hauteur des échelons; leur largeur, d'autre part a été prise proportionnelle au diamètre équivalent qui permet de réaliser la résistance correspondante, à raison de 3,5 mm pour 100 mm.

Les échelons se rétrécissent évidemment vers le haut, puisque pour un acier donné, il faut se limiter d'autant plus en diamètre que la résistance que l'on a en vue est plus élevée.

En ce qui concerne les DIN allemandes, il n'a pas été possible de faire apparaître l'influence de la dimension, que pour les nuances de guerre. En effet, c'est seulement alors qu'est apparue la nécessité de pousser à fond ce problème de l'utilisation économique des aciers. Pour les nuances classiques d'avant la guerre, à défaut de données, nous nous sommes bornés à indiquer par un trait le domaine de résistance prévu pour chaque acier après traitement thermique. Dans le même ordre d'idées, il faut signaler l'utilisation peu économique de l'acier autotrempant VCN 45 = Ni-Cr 342 pour des résistances de 100 à 115 kg/mm<sup>2</sup>. De même, la charge de rupture prévue pour le ECN 45 correspond plutôt à un diamètre réduit.

Les valeurs indiquées pour les aciers français ne sont valables que pour des échantillons de très petite dimension; elles correspondent, en fait, au cas où le traitement thermique est appliqué à des éprouvettes de 10 à 15 mm de diamètre. Ceci explique le décalage vers le haut de ces valeurs, décalage auquel il ne faut attribuer

d'autre signification que la suivante : les chiffres indiqués pour les aciers français ne sont pas réellement représentatifs des domaines d'utilisation normalement assignés aux diverses nuances. Ils ne donnent, somme toute, que l'extrême pointe des échelons.

Les ingénieurs belges pourront tirer du graphique des équivalences supplémentaires, basées sur l'identité des résistances, compte tenu des dimensions, mais en faisant abstraction de l'analyse chimique.

Un dernier tableau VI rassemble les compositions des aciers que nous avons présentés dans le tableau précédent comme se correspondant très approximativement à tous égards, y compris l'analyse.

La Belgique sera peut-être amenée, dans la suite, à s'écarter un peu de la gamme limitée choisie pour les aciers spéciaux. La règle suivie est : se borner à ce qui est « nécessaire et suffisant ». Ce principe paraît indiscutablement la clef de la réussite de la standardisation belge. Accepter autant d'aciers qu'il en existe dans les normes françaises ou américaines par exemple, aurait enlevé toute signification à des phrases telles que « concentrer les efforts de production sur un petit nombre de types, etc. ». Mais, bien entendu, l'expérience pourra nous apprendre que la solution optimale, tout en respectant ce principe fondamental, devrait comporter quelques unités de plus — pas beaucoup en tout cas.

Car, il ne faut se faire aucune illusion : parmi les nombreux aciers des standards étrangers dont nous avons parlé, quelques-uns seulement sont réellement employés sur une grande échelle. Tous n'ont pas la même importance pratique. Tous ne sont pas largement utilisés, de loin s'en faut.

Et c'est ce *fait* que la norme belge entend *entériner* : qu'on ne croie donc pas qu'il ait été résolu de faire violence, par cette gamme limitée de nuances d'aciers spéciaux belges, à l'ordre normal des choses; bien au contraire.

## Conclusion

La Belgique doit demander à ses clients étrangers d'accepter, par rapport à leurs prescriptions, les dérogations de pure forme et sans aucune importance concrète qui lui permettront de mettre de l'ordre dans sa maison en observant ses propres normes.

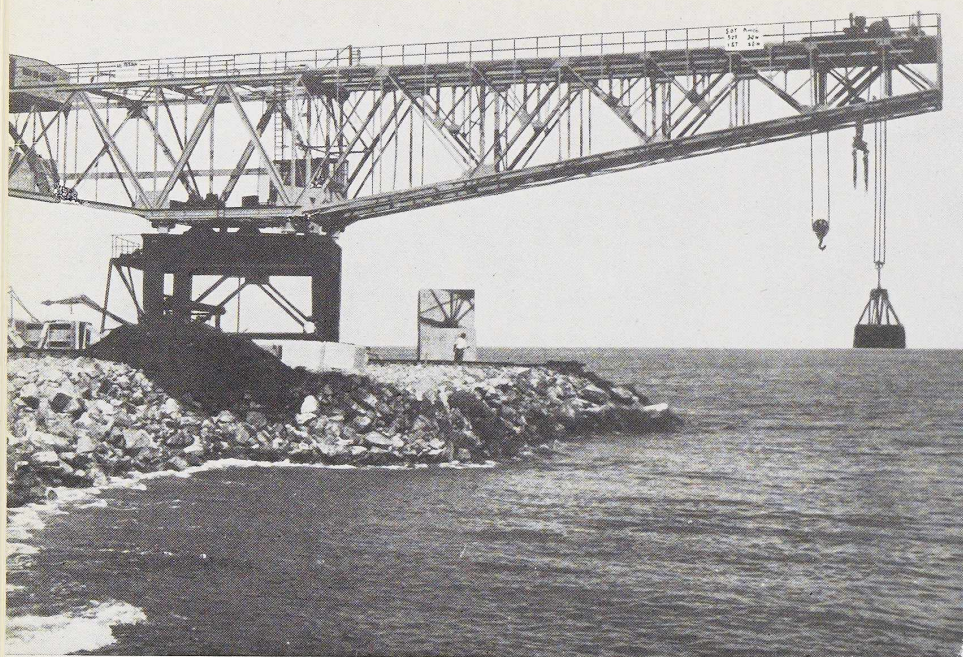
Ils seront ainsi beaucoup mieux servis que si la Belgique accepte passivement et à la lettre toutes leurs spécifications, introduisant chez elle un imbroglio dont il faudra se dépêtrer tant bien que mal. Ce qui risque fort de signifier plutôt mal que bien.

R. M.



# L'Acier

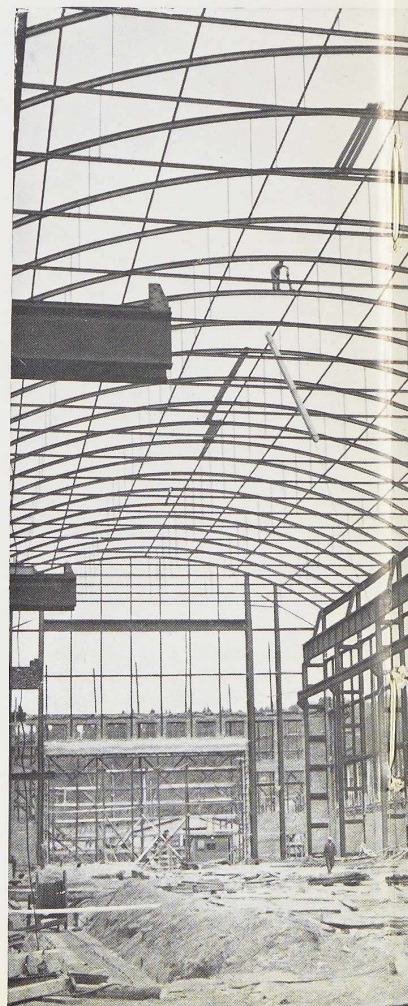
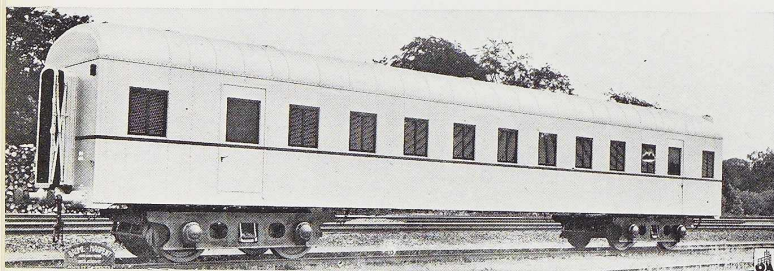
et



**Fig. 52.** Grue porte-blocs de 50 tonnes fournie par le Titan Anversois pour les travaux entrepris à Santa Cruz de Ténériffe (Iles Canaries).

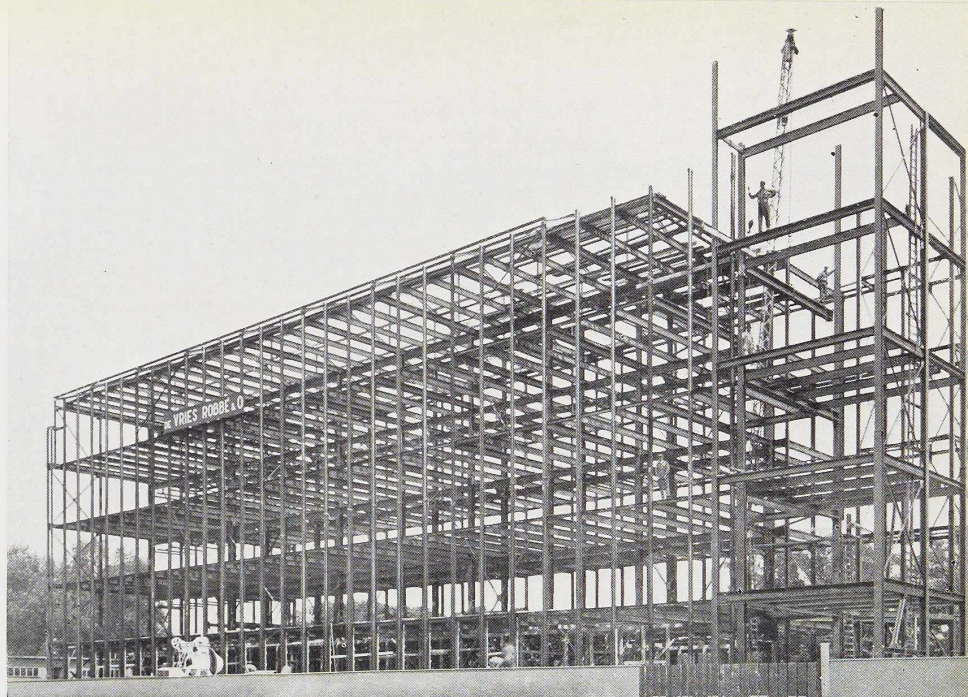
**Fig. 54** (au centre). Chantier naval de Thorden-Varvet à Uddevalla (Suède). L'ossature en acier a été réalisée en poutrelles Grey de Differdange.

**Fig. 53.** Voiture de première classe à bogies construite par la S. A. Baume & Merpent pour les Chemins de Fer égyptiens. Cette voiture métallique, du type à longs pans porteurs, a une longueur totale de 21<sup>m</sup>062. D'un poids de 12,2 tonnes, elle comporte 36 places assises et deux compartiments « Bagages ».



et ses

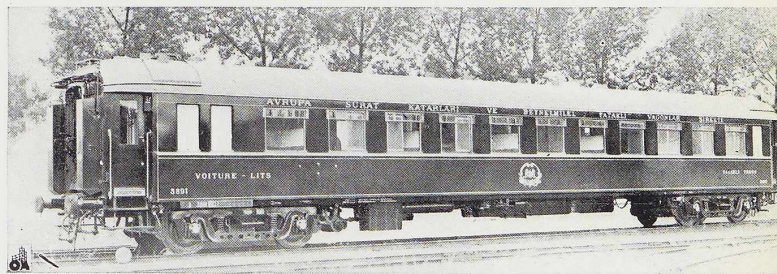
## Applications



**Fig. 55.** Charpente métallique du nouveau bâtiment de la Compagnie de Navigation aérienne K. L. M. (Koninklijke Lucht-Maatschappij) réalisé principalement en poutrelles Grey de Differdange.

Photo Brumas.

**Fig. 56.** Une des voitures-lits fournies par les Ateliers Métallurgiques de Nivelles à la Compagnie Internationale des Wagons-lits et destinées à la Turquie.



# CHRONIQUE

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

		Production acier lingot en tonnes		
		Belgique	Luxembourg	Total
<b>Novembre</b>	<b>1948</b>	<b>345 542</b>	<b>224 205</b>	<b>569 747</b>
Octobre	1948	364 571	223 712	588 283
<b>Janv. nov.</b>	<b>1948</b>	<b>3 473 917</b>	<b>2 209 834</b>	<b>5 683 751</b>
Janv. nov.	1947	2 512 944	1 546 466	4 059 410

Le léger recul de la production belge s'explique par le nombre réduit de journées de travail, en novembre. Au Luxembourg, la production

s'est maintenue et a même légèrement progressé par rapport aux mois précédents. Il paraît dès à présent certain que l'Union Economique dépassera, pour l'année 1948, la production de 6 millions de tonnes, alors que le chiffre de 1947 était de 4.517.415 tonnes.

Il y a actuellement 73 hauts fourneaux à feu, dont 48 en Belgique et 25 au Grand-Duché.

En mitrailles, la situation n'a pas changé. Les arrivages de l'étranger sont insuffisants, l'une des raisons en étant la pénurie de wagons.

### Marché intérieur

Les livraisons s'effectuent avec facilité, sauf pour les tôles fortes pour lesquelles les délais sont encore assez longs.

En construction métallique, les expéditions du mois d'octobre ont atteint un total de 159.684 tonnes, comprenant notamment :

Produits de la tôle . . . . .	23 566 tonnes
Accessoires du bâtiment . . . . .	10 644 tonnes
Matériel de chemin de fer et de tramways . . . . .	28 479 tonnes
Ponts et charpentes . . . . .	7 352 tonnes

On constate que depuis le début de l'année, les tonnages expédiés mensuellement sont en progression, alors que les statistiques sur les commandes enregistrées pendant la même période, font ressortir une régression constante. Aussi, une certaine inquiétude règne parmi les constructeurs, au sujet de l'avenir, et cela même dans les secteurs qui travaillent encore à plein rendement, à l'heure actuelle.

On sait que dans plusieurs branches le chômage est apparu. C'est notamment le cas pour les articles de ménage et tout récemment pour les fûts métalliques.

### Marché extérieur

Les tonnages prévus dans les diverses conventions des marchés organisés seront, en règle

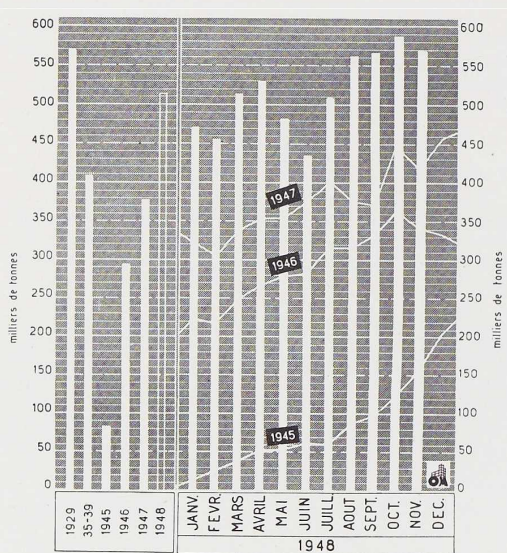


Fig. 57. Production mensuelle des aciéries belges et luxembourgeoises.



générale, fournis pour la fin de l'année. Quelques exceptions sont à relever. Elles sont dues uniquement aux difficultés de paiement. C'est ainsi qu'à fin novembre l'octroi de licences pour les livraisons vers la France et ses Colonies a été complètement suspendu.

Les négociations pour le renouvellement des contrats n'avancent que lentement. On prévoit cependant que les accords à intervenir comporteront des tonnages voisins de ceux des précédents.

On se préoccupe dans les milieux sidérurgiques des différents plans d'extension de la production envisagés dans le cadre du plan Marshall, par de nombreux pays européens. Si ces plans se réalisent, grâce à l'appui des crédits américains, les pays atteindront pour l'acier une autarcie de plus en plus complète. Il en résultera un déplacement des courants commerciaux normaux des autres pays producteurs. Cette situation n'est pas d'ailleurs propre à la sidérurgie, mais également à de nombreux autres secteurs économiques.

En constructions métalliques, les fournitures de wagons pour la bizonne occupent les ateliers spécialisés. La zone française a également commandé 1 120 wagons. En construction navale, on note une forte activité.

## Centre électronique Philips

La S. A. Philips vient de créer un Centre électronique qui montre diverses applications de l'électronique, science des courants infiniment petits, dont les applications peuvent s'étendre très loin; faut-il rappeler une de ses dernières applications : la scission de l'atome conduisant à l'énergie nucléaire et la bombe atomique ?

Parmi les principaux instruments employés, citons : l'oscillographe cathodique (qui permet l'analyse des phénomènes périodiques), la lampe à trois électrodes (pour la production de courants de fréquence variable et l'amplification de courants très faibles).

Parmi les applications pratiques de l'électronique, relevons notamment :

a) Equilibrage de masses tournantes; un oscillographe cathodique indique les vibrations d'une masse tournante grâce à un séismographe fixé sur le bâti; ce dispositif très simple permet de mesurer des décentrement du centre d'inertie de l'ordre de quelques microns. Un montage dérivé, par remplacement de l'oscillographe par

un relais, permet d'arrêter le moteur en cas de balourd trop important.

b) Mesure des déformations superficielles statiques ou dynamiques par extensomètre ohmique (*Strain Gages*), permettant de relever des déformations allant au millième. Cette précision est obtenue par comparaison de deux résistances ohmiques collées sur la pièce à examiner, donc à même température, l'une à l'endroit à ausculter, l'autre à un autre emplacement non soumis à déformation.

c) Observation stroboscopique de tout phénomène mécanique périodique d'une fréquence de 0,5 à 250 périodes par seconde par un flux lumineux de 2 000 000 decalimens d'une durée de  $10^{-5}$  seconde.

d) Radiographie par appareil à rayons X (150 kV ou 300 kV) permettant de repérer les défauts internes les plus importants tels que : manque de pénétration, liaison incomplète, collages, interposition de laitier, caniveaux ou morsures, soufflures, piqûres, fissures, etc.

e) Spectromètre à tube compteur de Geiger permettant le relevé précis du spectre de diffraction. Alors que la méthode photographique exigeait une durée d'au moins 48 heures, ce spectromètre permet l'enregistrement de la courbe complète en 1 1/2 heure (dosage qualitatif et quantitatif à 1 % près).

f) Traitement thermique par courant à haute fréquence : un générateur à haute fréquence (20 kW-450 000 pér./sec.) permet le chauffage superficiel de toute éprouvette introduite dans le solénoïde (1 seule spire) en un laps de temps tellement court que l'éprouvette peut être tenue en mains à quelques centimètres de l'endroit porté au rouge.

## La reconstruction des ponts en Norvège

La guerre a détruit en Norvège 680 ponts, dont 275 en 1940 et 405 en 1944. A l'heure actuelle, 300 ponts sont reconstruits de façon permanente. Il faudra encore 8-10 ans pour achever l'œuvre de reconstruction de façon à rétablir surtout le trafic automobile, dans ce pays qui ne dispose que de très peu de chemins de fer.

La reconstruction est entravée notamment par le manque de matériaux et notamment d'acier, pour l'achat duquel le pays manque de devises.



Parmi les ponts les plus remarquables actuellement en construction, citons le pont de Hukstrøm, de 94 mètres de longueur en poutres à âme pleine, le pont en treillis de Troms, le pont suspendu sur la rivière Tana, d'une longueur de 220 mètres. D'autres ponts importants sont à l'étude : celui de Salhus, de 600 mètres de longueur totale et de 45 mètres de hauteur libre, le pont de Røssesund de 250 mètres, etc.

### Soudage sous flux

A l'occasion du Congrès de l'Association Internationale des Ponts et Charpentes, le Centre d'Etudes et de Recherches du Génie Civil avait organisé, dans les locaux du Val-Benoît de l'Université de Liège, une exposition groupant du matériel récent, employé dans la réalisation des travaux rentrant dans le thème du Congrès.

Parmi les appareils présentés on a pu remarquer une installation complète de soudage automatique sous flux, permettant de souder en employant des intensités de 1 000 ampères, présentée par la S. A. L'Air Liquide (fig. 58).

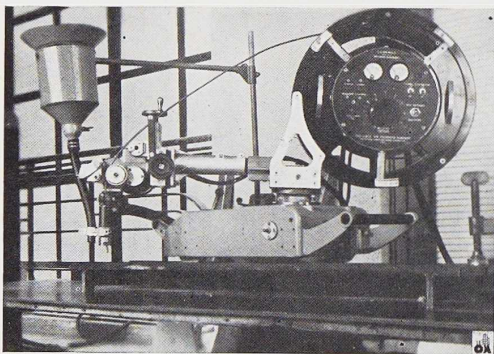


Fig. 58. Vue d'une machine automatique de soudage sous flux.

Cette installation qui a fonctionné devant les congressistes leur a révélé ses qualités de souplesse, de rapidité et d'économie du procédé.

### Il y a dix ans

Il y a dix ans, *L'Ossature Métallique* publiait,

dans son numéro 1-1939, une étude sur les automotrices fournies par les Ateliers Métallurgiques de Nivelles aux Chemins de Fer du Venezuela.

Ces automotrices étaient construites pour un écartement de voie de 1<sup>m</sup>067; la caisse avait une longueur de 10<sup>m</sup>700 et une largeur de 2<sup>m</sup>200. Ces automotrices avaient été étudiées pour permettre, en alignement droit en palier, les vitesses commerciales de 65 km à l'heure et en montée sur des rampes de 35 %, 22,5 km à l'heure.

La caisse de ces automotrices comportait à la base un châssis composé de deux longerons en forme de U reliés par deux traverses de pivot en tôles soudées et des traverses intermédiaires en forme de U. Les assemblages étaient réalisés par soudure électrique.

Le calcul de résistance de la caisse étudiée suivant le principe de la poutre tubulaire, a permis, en utilisant l'acier comme matière principale de la construction, la fabrication de caisses très légères. Les tôles minces avec emboutis et raidisseurs rivés ou soudés ont également collaboré à la résistance de ces poutres.

Les automotrices de Ferrocarril Central Venezuela ont été essayées en Belgique sur les lignes des Chemins de fer vicinaux et les résultats des essais contrôlés par les bureaux de la Société Véritas ont été très bons.

Une vue d'un boggy d'une automotrice du Ferrocarril Central Venezuela est donnée à la figure 59.

### Le travail de la Commission de Corrosion britannique

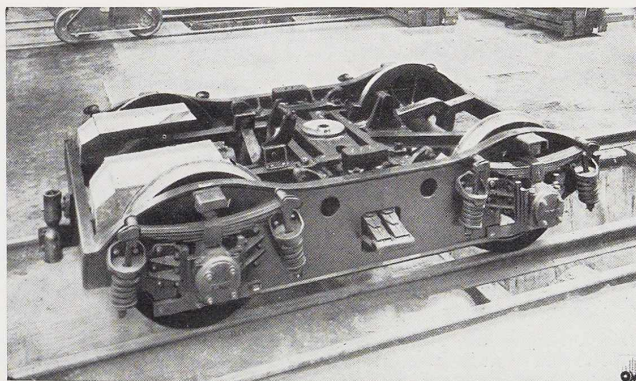
Dans le n° 11-1948 de *L'Ossature Métallique*, nous avons publié une importante étude du D<sup>r</sup> J. C. Hudson, Directeur du Laboratoire de Corrosion de la British Iron and Steel Research Association sur le travail de la Commission de Corrosion Métallique.

Dans cette étude, l'auteur a mentionné notamment les essais qui ont porté notamment sur 127 peintures anticorrosives dans la composition desquelles on a fait varier tant le pigment que le milieu de suspensions. L'auteur a donné à ce sujet des diagrammes représentant la composition des alliages ternaires. Des lecteurs nous ayant demandé des précisions au sujet de ces diagrammes, nous donnons ci-dessous l'explication de ceux-ci :

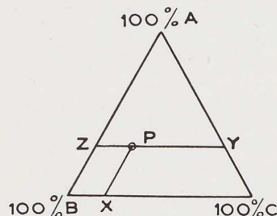
La méthode est basée sur le fait (fig. 60) que



**Fig. 59.** Vue d'un bogie monobloc, entièrement soudé, fabriqué en tôle d'acier Siemens-Martin.



si P est un point quelconque situé à l'intérieur d'un triangle équilatéral, la somme des distances PX, PY, PZ (où YZ et PX sont // à BC et AB respectivement) est égale au côté du triangle. Les sommets du triangle A, B, C, représentent des mélanges composés uniquement de constituants A, B, C respectivement.



**Fig. 60.** Triangle représentant la composition des composés ternaires de peinture.

Si l'on suppose que le côté du triangle est égal à 10 cm, PX aura une valeur de 3 cm, PY 5 cm et PZ 2 cm; dès lors, le point P représente un mélange contenant 30 % de A, 50 % de B et 20 % de C. C'est ainsi que la peinture n° 237, par exemple (voir fig. 734, p. 492 du n° 11-1948 de *L'Ossature Métallique*), contient 16 2/3 % de noir animal, 33 1/3 % de graphite et 50 % de tétrahydroxychromate de zinc.

### Concours de la Lincoln Electric Company

La James F. Lincoln Arc Welding Foundation à Cleveland (U. S. A.) vient d'instituer un concours de projets de ponts soudés ouvert à tous les ingénieurs : le concours est doté de plusieurs prix

et mentions honorables. Le premier prix s'élève à 3 000 \$ (130 000 francs belges environ). Le pont à projeter est un pont-route à double voie de 36<sup>m</sup>50 de portée. L'acier à utiliser et les charges à prévoir sont seuls déterminés — le type et les sections restent au libre choix des concurrents. Il est permis d'utiliser, en le justifiant, un type ou une méthode d'un genre nouveau et d'employer des procédés originaux. Le concours sera clôturé le 30 juin 1949.

### L'action du vent sur les constructions

M. L. Blanjean, Ingénieur A. I. Br., chargé des études générales à l'Institut Belge de Normalisation, a fait mercredi 22 décembre 1948, à l'Association Belge pour l'Etude, l'Essai et l'Emploi des Matériaux, une communication sur le sujet suivant : *L'action du vent sur les constructions. Synthèse des nouvelles prescriptions réglementaires belges*. Une importante étude de M. Blanjean, consacrée à ce sujet, paraîtra dans le n° 2-1949 de *L'Ossature Métallique*.

### Le nouveau bâtiment de l'O. N. U.

L'ossature métallique du nouveau bâtiment des Nations Unies à New-York vient d'être adjudgée à l'American Bridge Company. Ce bâtiment de 40 étages mesurant 22<sup>m</sup>00 × 87<sup>m</sup>50 abritera le secrétariat de l'O. N. U. Le tonnage de l'acier mis en œuvre sera de l'ordre de 12 000 tonnes. Le montage de l'ossature commencera au printemps prochain.

# Bibliothèque

Nouvelles entrées (1)

## Résistance des matériaux (1<sup>re</sup> partie : Théorie élémentaire et problèmes)

par S. TIMOSHENKO

Un volume relié de 351 pages, format 16 × 24 cm, illustré de 301 figures. Edité par la Librairie Polytechnique Ch. Béranger, Paris et Liège 1948. Prix : 400 francs belges.

Les ouvrages du Professeur Timoshenko font autorité aux Etats-Unis. Le but du présent ouvrage, traduit sur la deuxième édition américaine par l'Ingénieur Ch. Laffitte, est de proposer des problèmes de nature à concentrer l'attention de l'ingénieur sur les applications pratiques de la résistance des matériaux, qui l'aideront à réaliser des constructions solides durables et économiques. Le premier chapitre traite de la traction et compression au delà de la limite élastique. Dans les chapitres suivants, l'auteur étudie la déformation, l'effort tranchant et le moment de flexion ainsi que les contraintes dans les poutres fléchies.

Les problèmes statiques indéterminés en flexion sont étudiés dans un chapitre spécial. Il en est de même des sujets suivants : flexion et traction ou compression combinées, théorie des colonnes, torsion, flexion et torsion combinées.

L'ouvrage se termine par un chapitre sur l'énergie de déformation ainsi que par un appendice traitant des moments d'inertie des figures planes.

Le livre du Professeur Timoshenko, solidement charpenté et écrit avec méthode et clarté, rendra d'incontestables services aux ingénieurs d'études.

## Highway Bridge Design (Projets de ponts-routes)

par D. Y. HILL

Un volume relié de 264 pages, format 16 × 23 cm, illustré de 21 figures et de 17 planches hors texte. Edité par Ch. Griffin & Co. Ltd., Londres 1948. Prix : £ 2.2.0.

Parmi les nombreux ouvrages consacrés à l'art de construire des ponts, le livre de l'ingénieur Hill se signale par le fait qu'il embrasse cet important problème constructif dans son ensemble. En effet, cet ouvrage permet l'étude et le calcul de presque tous les types de ponts, tant en acier qu'en béton armé. A signaler notamment

(1) Tous les ouvrages analysés sous cette rubrique peuvent être consultés en notre salle de lecture, 154, avenue Louise, à Bruxelles, ouverte de 9 à 17 heures tous les jours ouvrables (les samedis de 9 heures à midi).

un important chapitre consacré aux ponts en poutrelles enrobées dans lequel l'auteur donne un exemple de calcul complet d'un pont de 21<sup>m</sup>50 de portée. D'autres chapitres sont consacrés aux ponts, dont le système portant est constitué par des portiques rigides (simples et continus), aux ponts en arc, aux ponts-dalles, etc. L'auteur donne de nombreux détails pratiques concernant les culées, les appareils d'appuis, les joints de dilatation, etc. Au total, un excellent livre qui ne manquera pas de rendre service aux ingénieurs chargés de calculer les ouvrages d'art.

## Grundlagen der Eisengewinnung (Bases de la sidérurgie)

par R. DURRER

Un volume relié de 210 pages, format 16 × 23 cm, illustré de 85 figures. Edité par A. Francke, Berne 1947. Prix : 20 francs suisses.

Cet ouvrage est destiné à servir de poutreau indicateur dans le vaste domaine de la sidérurgie et a été spécialement écrit dans le but de donner aux ingénieurs des notions précises (théoriques et pratiques) sur le matériau le plus couramment utilisé : l'acier.

Il comprend trois grandes divisions :

La première traite des conditions métallurgiques en exposant les réactions chimiques énergétiques de l'acier, de ses composantes et des impuretés, ainsi que les diagrammes de transformation. Après un exposé de l'énergie transformatrice, c'est-à-dire du charbon, de la houille et de l'énergie électrique, elle traite du minerai proprement dit dans ses divers aspects ainsi que des matières d'apport.

Le deuxième chapitre expose les procédés directs de production de fer (fer spongieux, fer friable, etc.) et la liquéfaction du fer.

La dernière partie donne la description des divers procédés de transformation.

Cet ouvrage, que nous croyons pouvoir recommander à nos lecteurs, se termine par un tableau donnant les caractéristiques des éléments et combinaisons chimiques utilisés en sidérurgie.

## Bulletin du Centre d'études, de recherches et d'essais scientifiques du Génie civil et d'hydraulique fluviale (C. E. R. E. S.) (Tome III)

Un volume de 506 pages, format 16 × 24 cm, illustré de nombreuses figures. Publié par le C. E. R. E. S., Liège 1948. Prix : 500 francs.

Cet intéressant ouvrage, publié sous la direc-





tion du Professeur F. Campus, contient d'abord un résumé de l'activité du C. E. R. E. S. et des Laboratoires de l'Université de Liège. Il est suivi d'un hommage à la mémoire de l'Ingénieur français R. Féret (F. Campus).

Viennent ensuite plusieurs monographies relatives à d'importants ouvrages exécutés en Belgique et à l'étranger. Citons notamment : Le problème des fuites sous l'évacuation de crues au barrage du Béni-Bahdel (M. Gautier) — La reconstruction du pont des Arches sur la Meuse, à Liège (A. Hormidas) — Les vibrations du sol, leur mesure et leurs effets (R. Dantinne) — Etude des allègements réalisables dans les sections de barres laminées — Proposition de séries de standard allégés (E. Foulon) — Essai sur modèles réduits pour les barrages-déversoirs (J. Lamoën), etc.

L'étude de l'Ingénieur E. Foulon présente un intérêt particulier pour les lecteurs de *L'Ossature Métallique*. L'auteur y passe en revue les divers aspects de la résistance à la flexion des profilés sous un angle pratique. Le but de son travail est de servir de mise au point d'une ou plusieurs séries de poutrelles et de fers U allégés. Se rendant toutefois compte qu'une telle standardisation entraînerait de grosses dépenses pour l'industrie sidérurgique, l'auteur cherche la solution du problème dans l'établissement d'un programme à réaliser progressivement en laminant d'abord un nombre restreint puis de plus en plus grand de profils de séries adoptées, en rapport avec l'importance des demandes <sup>(1)</sup>.

#### The Design of Welded Steel Structures (Projets de constructions soudées en acier)

Par A. RAMSAY MOON.

Un ouvrage relié de 34 pages, format 14 × 22 cm, illustré de 113 figures. Edité par Sir Isaac Pitman & Sons Ltd, Londres 1948. Prix : 18 shillings.

En publiant son livre, l'auteur a pensé que, dans l'abondante littérature sur la soudure et ses applications, il y avait place pour un manuel pratique permettant à l'ingénieur d'utiliser la soudure dans les constructions où ce procédé était particulièrement indiqué.

Nous pensons que l'auteur a atteint le but qu'il s'est assigné et que les ingénieurs et techniciens prendront connaissance avec fruit des différents chapitres de ce livre : Métal de base et métal d'apport — Préparation des soudures — Tensions dans les joints soudés — Calcul des joints soudés — Calcul des éléments constructifs — Constructions à cadres multiples — Fermes de toitures — Montage, etc., ainsi que de l'annexe contenant le

<sup>(1)</sup> Signalons que le *Catalogue des Profilés*, édité par le Centre Belgo-Luxembourgeois d'Information de l'Acier, donne notamment les caractéristiques complètes des poutrelles, fers U et cornières allégés, produits dès maintenant.

règlement sur les constructions soudées de London County Council (L. C. C.).

#### Byggnadssätt och Byggnadskostnader i Stockholm 1883-1939 (Méthodes constructives et coût des constructions à Stockholm)

par H. J. DANIELSON et M. JACOBSSON.

Un ouvrage de 100 pages, format 17 × 24 cm, illustré de 26 figures. Edité par la Commission Nationale Suédoise de la Recherche sur le Bâtiment, Stockholm, 1948. Prix : 5 couronnes.

La population de Stockholm a triplé en 60 ans, passant de 170 000 en 1883 à 580 000 habitants, peu de temps avant la seconde guerre mondiale. On peut donc dire que la capitale suédoise d'aujourd'hui a été construite en grande partie pendant cette période.

Eu égard à ces faits, la Commission Nationale Suédoise de la Recherche sur le Bâtiment a publié cet ouvrage dans lequel sont consignées les données suivantes :

- 1) Développement technique dans le domaine du bâtiment;
- 2) Variation dans le coût des immeubles durant différentes périodes;
- 3) Echelle de production des maisons d'habitation à Stockholm.

L'ouvrage, rédigé en langue suédoise, est accompagné d'un résumé en anglais.

#### Techniques de l'Ingénieur

Nous avons publié, dans le numéro 10-1948 de *L'Ossature Métallique*, page 453, un compte rendu de l'ouvrage *Techniques de l'Ingénieur*, publié en France sous la direction de M. C. Monteil, Directeur de l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures de Paris.

Ce compte rendu se rapportait aux deux premiers volumes de cette publication : *Généralités*.

Nous venons de recevoir une première mise au courant qui comporte notamment quatre articles consacrés à la rubrique « Chaleurs » (Chaleurs spécifiques, gaz humides, etc.).

Cette mise au courant contient par ailleurs des pages complémentaires pour les différents sujets traités dans les volumes *Généralités*.

Le troisième volume des *Techniques de l'ingénieur*, consacré à la Mécanique, paraîtra d'ici trois ou quatre mois.

#### Publication préliminaire du 3<sup>e</sup> Congrès de l'Association internationale des Ponts et Charpentes (Liège, septembre 1948)

Le prix de cet ouvrage, analysé dans le numéro 9-1948 de *L'Ossature Métallique*, vient d'être porté à 400 francs belges.



**Commentaires des règles d'utilisation de l'acier applicables aux travaux dépendant du Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme et aux travaux privés**

Un ouvrage de 80 pages, format 14 × 22 cm, illustré de 14 figures. Edité par l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux publics, Paris 1948. Prix : 300 francs français.

En 1947, la Commission technique chargée par le Ministère français de la Reconstruction et de l'Urbanisme d'étudier et de rédiger les règles d'utilisation de l'acier publiait ces règles qui constituent pour les ingénieurs un instrument de travail, leur fournissant des procédés de calcul nouveaux particulièrement pour les états de contrainte, le calcul au flambage et celui des éléments continus.

Dans le but de donner aux utilisateurs toutes les justifications concernant les formules nouvelles, leur origine et leur démonstration, la Commission a chargé quelques-uns de ses membres de rédiger, avec le concours de la Commission technique de la Chambre syndicale des Entrepreneurs de construction métallique des Commentaires des Règles publiées par la Commission.

Les Commentaires font ressortir les avantages apportés par rapport aux règlements anciens et à certains règlements étrangers. La question des états de contrainte est traitée en détail. Après quelques applications sur les articles relatifs aux calculs, les Commentaires entreprennent la discussion complète de la méthode Dutheil applicable au flambage et donnent les formules relatives au flambage, établies en partant de l'hypothèse initiale de M. Dutheil.

**Pile Foundations and Pile Structures (Fondations sur pieux et constructions sur pieux)**

Un ouvrage de 72 pages, format 15 × 23 cm, illustré de 3 figures. Edité par l'American Society of Civil Engineers, New-York 1946. Prix : \$ 1,10.

Le but de ce manuel est d'aider l'ingénieur à déterminer si l'emploi de pieux est nécessaire, souhaitable ou non : à projeter des fondations sur pieux possédant un haut degré de sécurité et d'économie, à évaluer la capacité portante des fondations sur pieux existantes.

L'ouvrage examine tour à tour les caractéristiques de différents systèmes de pieux (y compris les pieux en poutrelles H et les palplanches), la nature des charges auxquelles sont soumis les pieux, le battage des pieux, la durabilité des pieux (notamment l'action corrosive des terres sur les pieux métalliques), les formules de battage, l'établissement des fondations sur pieux, etc. Rédigé par une Commission de spécialistes, cet ouvrage sera lu avec intérêt par les techniciens

ayant à traiter les problèmes de fondations sur pieux.

**Floor finishes - A guide to their selection (Revêtements de planchers - Un guide pour leur choix)**

par P. WHITING

Un ouvrage relié de 78 pages, format 14 × 22 cm, illustré de 16 planches. Edité par E. & F. N. Spon, Londres 1948. Prix : 7 s. 6 d.

L'ouvrage de P. Whiting a pour but d'aider le lecteur à choisir, parmi les revêtements de planchers disponibles, le matériau approprié pour un cas particulier.

Dans les différents chapitres de son livre, l'auteur donne des indications sur l'aspect, la propreté, la résistance à l'usure, la conductibilité thermique, l'isolation acoustique, le coût, etc., de différents types de revêtements. L'ouvrage est accompagné d'excellentes illustrations montrant quelques applications de revêtements de sols tant en Grande-Bretagne qu'à l'étranger.

**La Technique de l'organisation scientifique du travail**

par Christo CASACOF

Un ouvrage de 236 pages, format 15,5 × 24 cm, illustré de 12 figures. Edité par la Librairie des Sciences Girardot & Co, Paris 1948. Prix : 680 francs français.

Dans cet ouvrage, l'auteur expose les principes généraux de l'organisation scientifique du travail et étudie l'établissement rationnel du prix de revient dans l'industrie. Spécialisé dans la technique de l'organisation scientifique du travail, l'auteur expose avec clarté les différents sujets qui sont dans le cadre de son livre : l'histoire de l'organisation scientifique; le système Taylor; les principes d'efficiences d'Emerson; la Doctrine administrative de Fayol; la répartition des frais généraux; la rémunération du travail dans l'organisation scientifique; le système Bedaux; le contrôle budgétaire dans les entreprises industrielles. Les industriels et les ingénieurs ne manqueront pas d'être intéressés par ce livre étayé par la longue expérience de l'auteur.

**Dessins techniques (Ed. Fabrimétal)**

Le prix de ce recueil est de 45 francs et non 35 francs comme indiqué dans notre compte rendu paru dans le n° 12-1948 de *L'Ossature Métallique*.



# Bibliographie

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

### 15.35. - Influence de l'épaisseur des tôles et plats sur les essais de flexion de soudures bout à bout

N. LUDWIG, *Engineers' Digest*, Décembre 1948, pp. 417-418, 2 fig.

Il a été procédé récemment en Europe Centrale à des essais en vue de déterminer l'influence de l'épaisseur des tôles et des plats sur l'essai de pliage des soudures bout-à-bout.

A cet effet, on a utilisé des éprouvettes en acier à haute résistance ayant une charge de rupture de 58 kg/mm<sup>2</sup> et des épaisseurs comprises entre 6 et 50 mm. Se basant sur les résultats des essais, l'auteur propose que l'angle de pliage maximum dans les spécifications soit prescrit en fonction de l'épaisseur des tôles ou des plats. C'est ainsi que l'angle de pliage minimum devrait être fixé à 90° pour les épaisseurs inférieures à 12 mm, à 40° pour les épaisseurs comprises entre 12 et 25 mm, à 20° pour les épaisseurs supérieures à 25 mm.

Par ailleurs l'auteur propose que les essais de même nature soient effectués sur des éprouvettes en acier doux soudées bout-à-bout par des joints en V et des joints en X.

### 20.12a. - Le nouveau pont des Chemins de Fer de l'Etat irakien, à Bagdad, sur le Tigre

*Railway Gazette*, 10 déc. 1948, pp. 464-468, 4 fig.

On procède en ce moment à la construction à Bagdad d'un nouveau pont-rails sur le Tigre.

Cet ouvrage, dont le coût dépassera 1 100 000 £ (près de 200 millions de francs belges) est destiné à remplacer les ferry-boats existants. Grâce à cet ouvrage d'art, tout le trafic ferroviaire, aussi bien passagers que marchandises, sera concentré à Bagdad-Ouest qui deviendra ainsi la principale gare de la capitale irakienne.

La partie principale du pont est constituée par un pont du type cantilever. L'ouvrage aura une longueur totale de 2 165 mètres, y compris les travées d'approche. Les travées métalliques en treillis du type cantilever ont une portée comprise entre 59<sup>m</sup>50 et 81<sup>m</sup>45. La hauteur maximum des maîtresses-poutres est de 10<sup>m</sup>65. Dans l'ouvrage métallique proprement dit, tous les élé-

ments importants seront réalisés en acier à haute résistance conformément aux spécifications britanniques BSS 548.

Le pont, dont le montage a déjà commencé, exigera la mise en œuvre d'environ 8 000 tonnes d'acier.

### 20.12a. - La reconstruction du pont sur le Pô près de Piacenza (Italie)

*Ingegneria Ferroviaria*, septembre 1948, p. 528, 1 fig.

Le Ministre des Travaux Publics d'Italie a inauguré récemment le grand pont métallique sur le fleuve Pô, près de Piacenza.

Cet ouvrage, situé sur la ligne Milan-Bologne, remplace un ouvrage en fer d'une longueur de 764 mètres détruit en grande partie pendant la guerre par suite des bombardements aériens et de l'action des mines.

L'ancien ouvrage était constitué de tabliers indépendants pour chaque voie et se composait de onze travées en treillis dont six de 74<sup>m</sup>50 de portée et cinq de 61 mètres de portée.

En 1945, le trafic était rétabli au moyen d'un pont provisoire à une voie.

La reconstruction de l'ouvrage comportait le remplacement des six travées de 74<sup>m</sup>50 et la réparation des cinq autres ainsi que la remise en état des piles et des culées détruites ou endommagées. Les travées nouvelles, du même système que celles de l'ancien pont, ont été construites en acier mildur, grâce à quoi on a pu réaliser une économie de 400 tonnes d'acier.

Les travées de restauration de l'ouvrage ont exigé la mise en œuvre de 1 860 tonnes d'acier. La remise en état des piles a présenté de nombreuses difficultés.

Le coût total des travaux de reconstruction s'est élevé à 700 millions de lires (environ 63 millions de francs belges).

### 40.25. - Construction de fourgons à marchandises

J. RENGLLET, *Arcos*, octobre 1948, pp. 2709-2715, 13 fig.

Dans le cadre de la fourniture des constructeurs belges d'un lot de 10 000 wagons pour la Société Nationale des Chemins de Fer Belges, la S. A. des Usines de Braine-le-Comte vient de terminer la construction à la chaîne de 125 fourgons à marchandises d'un type nouveau.

Les principales caractéristiques de ce véhicule sont les suivantes : empattement : 4<sup>m</sup>500; lon-

(1) La liste des périodiques reçus par notre Association a été publiée dans le n° 10-1948 de *L'Ossature Métallique*. Ces périodiques peuvent être consultés en la salle de lecture du Centre belgo-luxembourgeois d'Information de l'Acier, 134, avenue Louise à Bruxelles, ouverte de 9 à 17 heures tous les jours ouvrables (les samedis de 9 à 12 heures).

Les numéros d'indexation indiqués correspondent au système de classification dont le tableau a été publié dans le même numéro de *L'Ossature Métallique*, p. 442.



gueur de la caisse : 6<sup>m</sup>500; tare : 12 000 kg; charge : 5 000 kg.

Le véhicule se compose essentiellement de trois compartiments : compartiment à bagages : 3 mètres de longueur; compartiment du chef-garde : 2<sup>m</sup>75 de longueur; compartiment tampon : 0<sup>m</sup>60 de longueur.

Le châssis, composé de profils laminés et d'emboutis en acier A 37 SC, est entièrement soudé à l'exception des plaques de garde et des mains de suspension. La partie centrale se compose de deux flèches en profils U de 250 reliés par des entretoises embouties d'une épaisseur de 8 mm.

Les traverses de tête en profils U de 250 ont été renforcées par des larges emboutis de 10 mm d'épaisseur soudés bout à bout sur les ailes.

Les longerons en profils U de 260 ont été reportés aux droits des long-pans ce qui a permis la suppression des consoles des montants des caisses. Les ossatures des long-pans et pignons sont composées de montants en profils laminés reliés par des entretoises embouties en U; les ossatures sont entièrement soudées. Les tôles des long-pans de 2,5 mm d'épaisseur en acier au Cu de la qualité tôle fine sont soudées entre elles et fixées par rivets aux montants de l'ossature et par points de soudure aux entretoises.

Ces ossatures, rivées aux châssis, sont assemblées entre elles au moyen de montants emboutis, de coins, assurant ainsi la rigidité d'ensemble de la caisse. La toiture métallique est formée d'une ossature en cornières de 50 × 50 × 3,5 mm assemblée par soudure. Le revêtement en tôle de 1,5 mm d'épaisseur est rivé sur ces cornières.

L'étanchéité aux droits des joints de tôle est assurée au moyen de tôles Denso et de couvre-joints.

Un soin tout particulier fut apporté dans tous les travaux de soudure et un contrôle radiographique fut exercé tout le long de la commande.

#### 54.33. — La protection des conduites souterraines contre la corrosion

A. VEILER, *Technique de l'eau*, n° 12/1948, pp. 5-12, 5 fig.

Après avoir rappelé la nature électrolytique des corrosions souterraines, l'auteur les divise en deux classes : les corrosions dues aux couples naissant entre conducteurs de natures diverses et les corrosions dues aux courants vagabonds.

Les couples électrolytiques naissent de la différence de potentiel qui s'établit entre deux conducteurs plongés dans un électrolyte, le deuxième conducteur pouvant être une pièce de la conduite en un métal différent ou un élément du terrain. La mesure de ces faibles différences de potentiel se fait par rapport à une électrode au sulfate de cuivre posée à la surface du sol.

L'acier prend normalement par rapport à une telle électrode un potentiel de -0,75 volts; on en conclut que pour le mettre à l'abri de la corrosion, il faut arriver à abaisser le potentiel afin d'empêcher le courant de corrosion de prendre naissance.

D'un autre côté, les courants vagabonds proviennent du circuit de retour d'un réseau dont un pôle est mis à la terre en plusieurs points. Ceux qu'on rencontre le plus communément sont ceux provenant du retour par le rail du courant d'un réseau de tramways.

En effet, si le rail est d'une section trop petite ou si l'éclissage électrique laisse à désirer, la résistance du circuit de retour est trop élevée et le courant transporté cherche une voie moins résistante pour arriver à la barre négative de l'usine génératrice.

L'auteur établit une comparaison hydraulique pour faire comprendre comment se transportent les courants vagabonds. Si ces courants vagabonds rencontrent une conduite métallique qui leur offre un circuit de moindre résistance, pour tout ou partie de leur trajet, il est bien évident qu'ils suivront la paroi métallique de cette conduite.

Comme dans tout phénomène électrolytique, c'est l'anode qui est rongée, par conséquent, la conduite sera corrodée au point où elle sert d'anode, c'est-à-dire au point de sortie du courant.

Il s'agit donc d'empêcher le courant capté par la conduite d'en sortir ou de l'obliger à en sortir en un point spécialement préparé à cet effet (protection par drainage). Pour cela il faut que le potentiel du sol soit en tous points supérieur à celui de la conduite. On abaisse à cet effet le potentiel de la conduite en la reliant électriquement au pôle négatif d'un redresseur de courant dont le positif est mis à la terre. L'alimentation se fait par un transformateur-abaisseur branché sur le réseau.

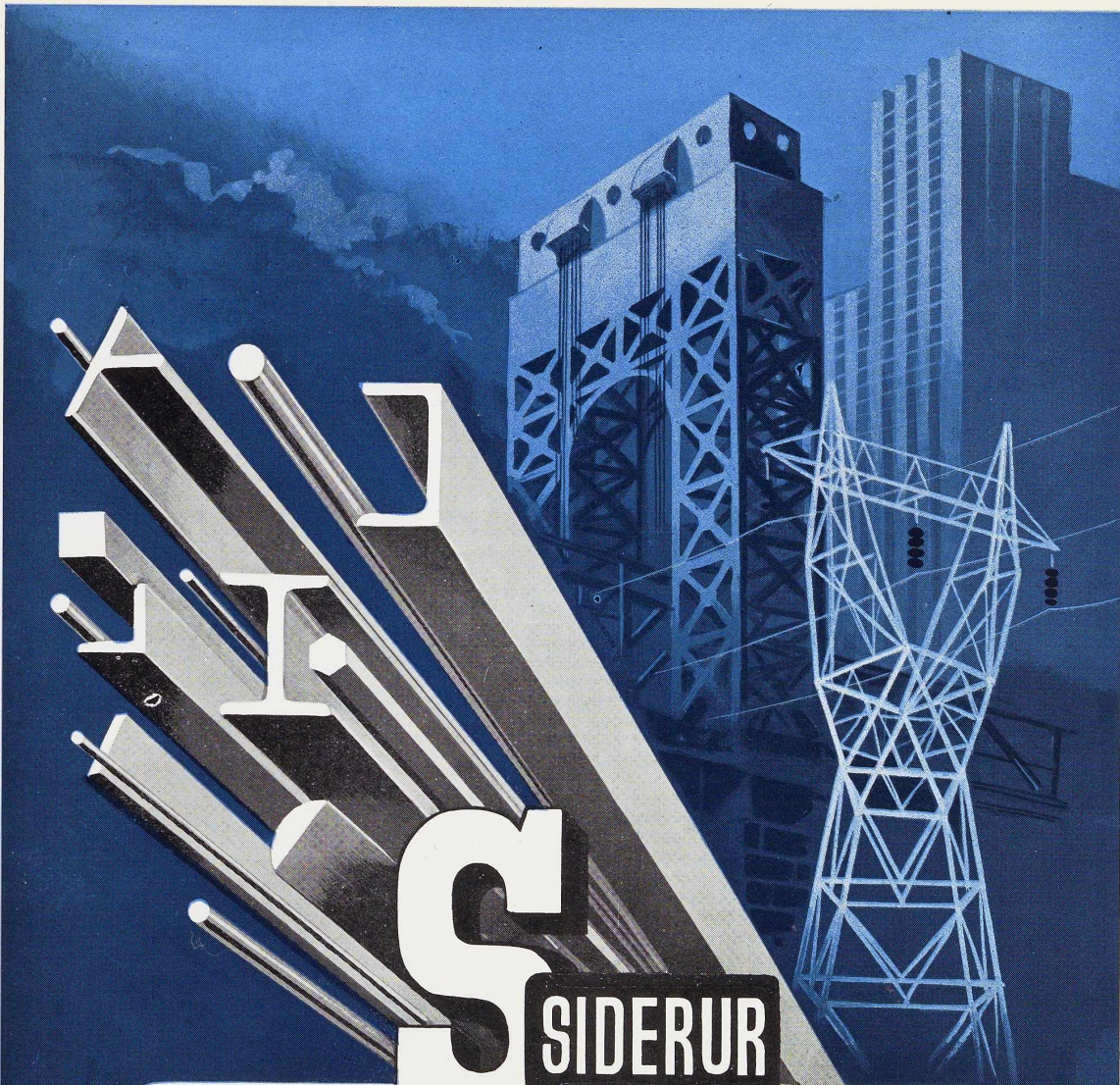
On peut aussi créer une résistance entre la conduite et le sol, jouant ici le rôle d'électrolyte : enveloppe de jute asphaltée, par exemple. Mais les expériences que l'auteur a pu faire à la Société Distrigaz ont montré que la résistivité de cette enveloppe ne se maintenait pas.

Enfin, il reste la protection par anodes réactives qui consiste à créer de place en place un couple dans lequel la conduite joue le rôle de cathode. Pour cela, il suffit d'enterrer dans le voisinage immédiat de la conduite à protéger un morceau de zinc ou d'alliage de magnésium, métaux moins nobles que le fer.

Ces différents modes de protection ont été mis en service avec succès sur un réseau dépassant un total de 1 000 km et la dépense de courant en anodes réactives s'est montrée très faible.

L'installation des dispositifs de protection a coûté environ 1/10 000<sup>e</sup> du prix de la conduite.





**S** **SIDERUR**

**SOCIÉTÉ COMMERCIALE  
DE SIDÉRURGIE S. A.**

1a, RUE DU BASTION (ELITE HOUSE) BRUXELLES  
TÉLÉPHONES : 12.31.70 (4 lignes) 12.00.53 (3 lignes) C.C.P. 33.79  
TÉLÉGR. : SIDÉRUR-BRUXELLES - REG. COMM. : BRUX. 207.794

**ORGANISME DE VENTE DE**

SOCIÉTÉ ANONYME D'OUGRÉE-MARIHAYE, à Ougrée  
S. A. MINÈRE ET MÉTALLURGIQUE DE RODANGE, à Rodange (G.-D. LUXEMBOURG)  
S. A. ACIÉRIES ET MINIÈRES DE LA SAMBRE, à Monceau-sur-Sambre  
SOCIÉTÉ ANONYME LAMINOIRS D'ANVERS, à Schoten-lez-Anvers

**TOUTE LA GAMME DES PRODUITS SIDÉRURGIQUES**



Office Technique de Publicité

L'UNION TECHNIQUE  
DES CONSTRUCTEURS SPÉCIALISTES DE  
MENUISERIE MÉTALLIQUE  
DE BELGIQUE • SOCIÉTÉ COOPÉRATIVE



*réunit l'élite des constructeurs de châssis, portes,  
cloisons et chambranles métalliques.*



Le but de l'Union Technique est de favoriser le développement de la menuiserie métallique par l'étude en commun de l'amélioration de sa qualité et de la standardisation en vue de la réduction de son prix de revient.



**Châssis en acier profilé, en fonte, en bronze, etc.**

**Portes métalliques de tous types.**

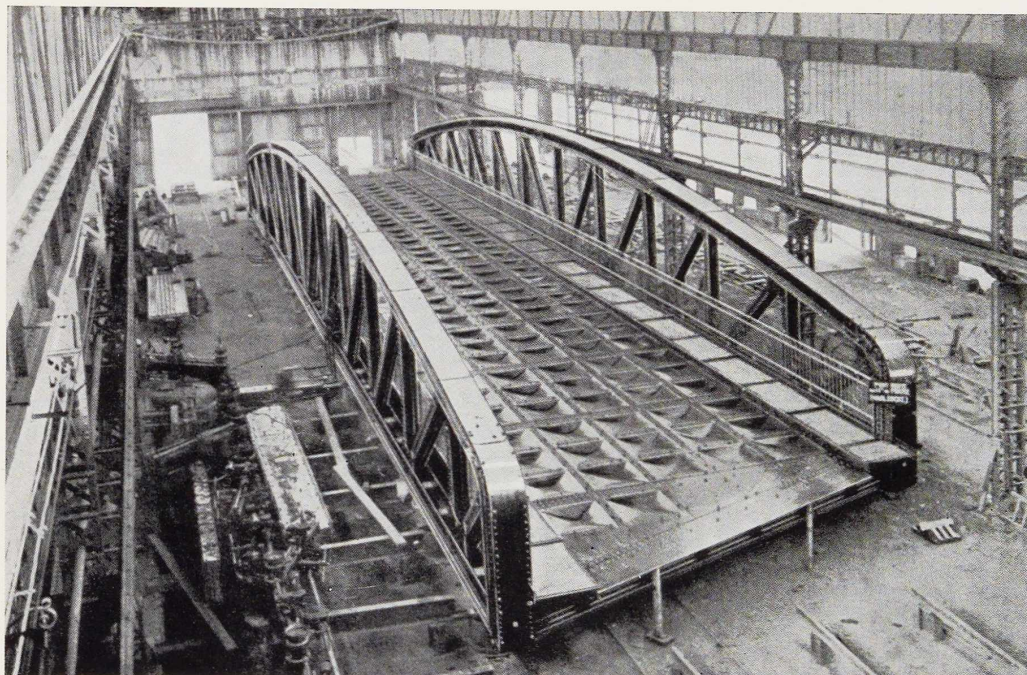
**Cloisons de tous modèles.**

**Chambranles.**

**Métallisation. Parkérisation.**



**Secrétariat :** 31, RUE MONTAGNE-AUX-HERBES-POTAGÈRES  
Téléphone : 17.54.42 BRUXELLES



Pont-route avec platelage en tôles embouties

- PONTS ET CHARPENTES
- RESERVOIRS
- TANKS

- WAGONS
- VOITURES
- FOURGONS

- PIECES EMBOUTIES
- BOUTEILLES A GAZ
- TRAINS DE ROUES
- RESSORTS

S.A. DES **ATELIERS** DE LA

LOUVAIN

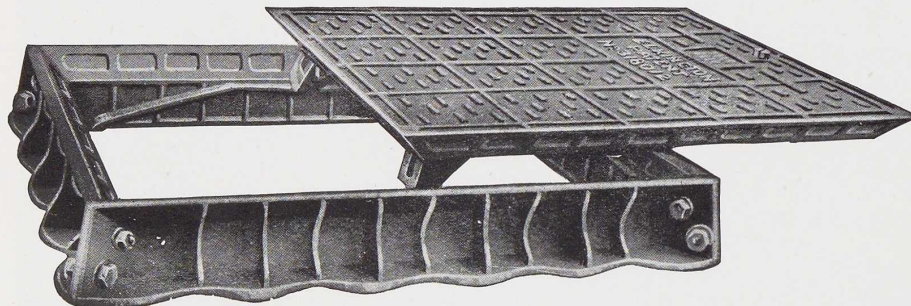
TELEPHONES: 86-2044-3012

TELEGR. ATELDYLE, LOUVAIN

**DYLE**

# ELKINGTON

Couvercles et Châssis de Visite  
POUR TOUS USAGES

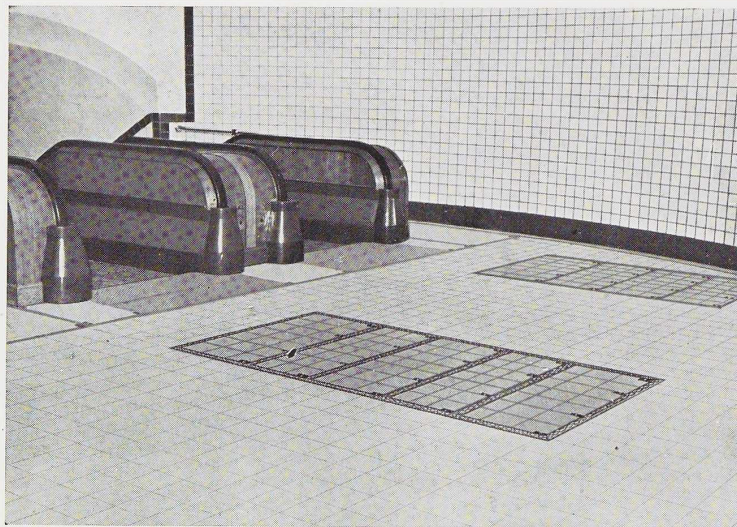


TOUTES DIMENSIONS ET RÉSISTANCES  
ÉTANCHES AU GAZ ET À L'EAU — SANS JOINT CAOUTCHOUC

NE BALLOTTENT  
PAS DANS LEURS  
CADRES

SURFACES  
D'ASSISE  
PARFAITES

JOINT CONTINU  
MÉTAL SUR  
MÉTAL



LE TRAPILLON  
IDÉAL POUR:  
BATIMENTS  
TROTTOIRS  
ROUTES  
AÉRODROMES  
GARAGES  
SOUS - STATIONS  
ÉLECTRIQUES,  
ETC.

Couvercles « ELKINGTON »  
abritant les machines actionnant les escaliers roulants  
TUNNEL SOUS L'ESCAUT A ANVERS

**J. & G. DAVIS, 80-84, RUE TERRE-NEUVE, BRUXELLES**

S. P. R. L.

REG. COM. BRUX. 1182 — BREVET BELGE 356634 — TÉL. 12.43.86 - 12.90.86





VUE DE L'OSSATURE MÉTALLIQUE DE LA CENTRALE DE LANGERBRUGGE EN COURS DE MONTAGE

**CONSTRUCTIONS PRINCIPALES :**

Wagons — Voitures  
Locomotives  
Ponts et Charpentes  
Emboutis lourds  
et moyens



**FABRICATIONS COMPLÉMENTAIRES :**

Ressorts à lames, à volutes, à boudins  
Pièces de forge  
Aciers moulés Bessemer  
Brides de tuyauteries à haute pression  
Tôles galvanisées

# LES ATELIERS METALLURGIQUES, S.A.

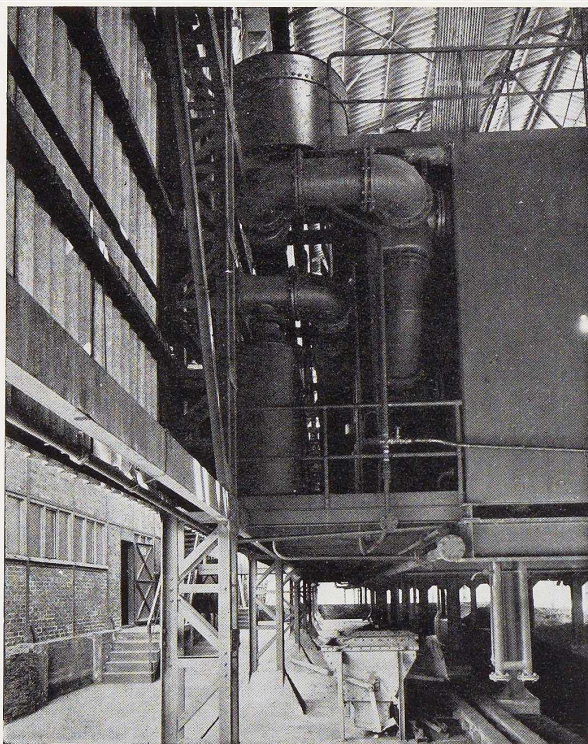
NIVELLES - BELGIQUE

TÉLÉPHONE : 22 NIVELLES

ADRESSE TÉLÉGRAPHIQUE : MÉTAL NIVELLES

U S I N E S :

NIVELLES - TUBIZE - LA SAMBRE - MANAGÉ



# LES FOURS LECOQC

SOCIÉTÉ ANONYME

215, Chaussée d'Alseberg,  
UCCLE I (BRUXELLES)

## **COKERIES**

MÉTALLURGIQUES ET GAZIÈRES

## **USINES A SEMI-COKE**

## **USINES A GAZ**

FOURS VERTICAUX ET CORNUES

## **USINES DE RÉCUPÉRATION**

GOUDRON, BENZOL, AMMONIAQUE

## **ÉPURATION DU GAZ**

VOIE SÈCHE OU HUMIDE

## **USINES A SULFATE, DE COKERIE OU DE SYNTHÈSE**

## **USINES A ENGRAIS COMPOSÉS**

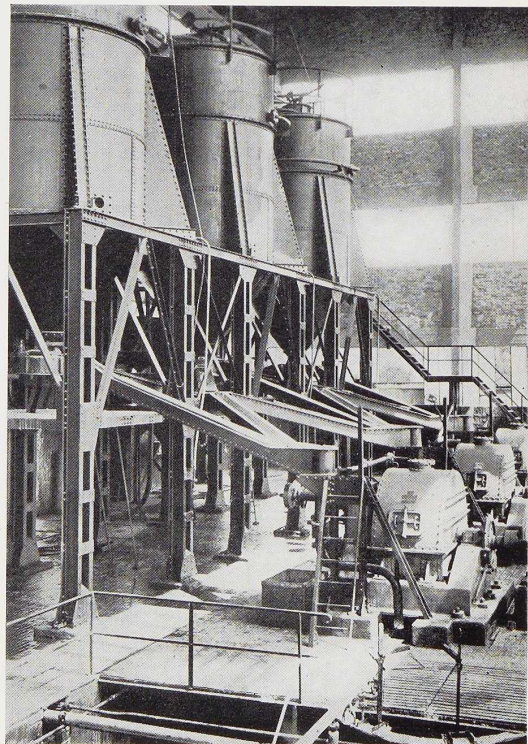
## **FOURS INDUSTRIELS**

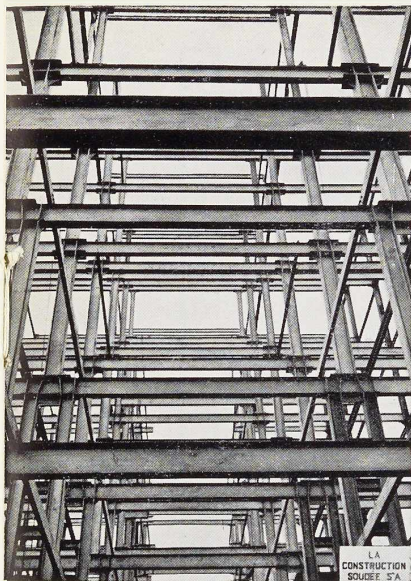
MÉTALLURGIQUES, FORGES, MÉCANIQUES,  
CÉRAMIQUES, ÉMAILLAGE, ETC.

## **GAZOGÈNES**

GAZ PAUVRE, GAZ A L'EAU, CONVERSION

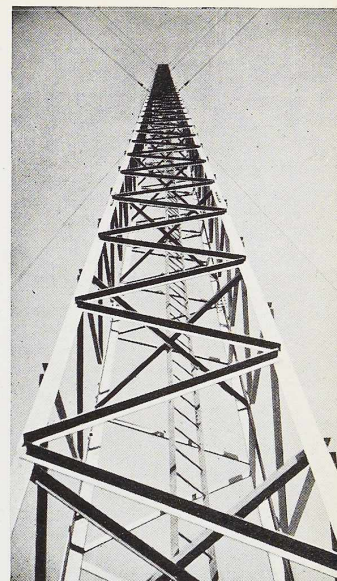
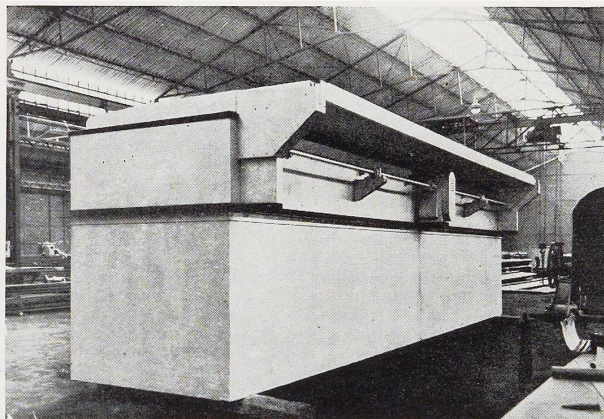
## **GAZOMÈTRES**





Moulins de Trois-Fontaines  
Ossature soudée de 600 t.

Carcasse pour four électrique



Station de Ruyslede - 4 pylones  
haubannés de 125 m de haut

## **PYLONES**

POUR TRANSPORT DE FORCE ET T. S. F.

## **CHARPENTES**

## **OSSATURES**

## **APPAREILS DE LEVAGE**

PONTS ROULANTS - PORTIQUES - DERRICKS

## **CHAUDRONNERIE**

RÉSERVOIRS - SILOS - TRÉMIES, ETC.

SPÉCIALITÉ DE TOUTES LES

APPLICATIONS DE SOUDAGE A L'ARC

# **LA CONSTRUCTION SOUDÉE**

ANCIENS ETABLISSEMENTS ANDRE BECKERS, S. A.

**AVENUE RITWEGER, HAREN-BRUXELLES**

TELEPHONE 15.19.62



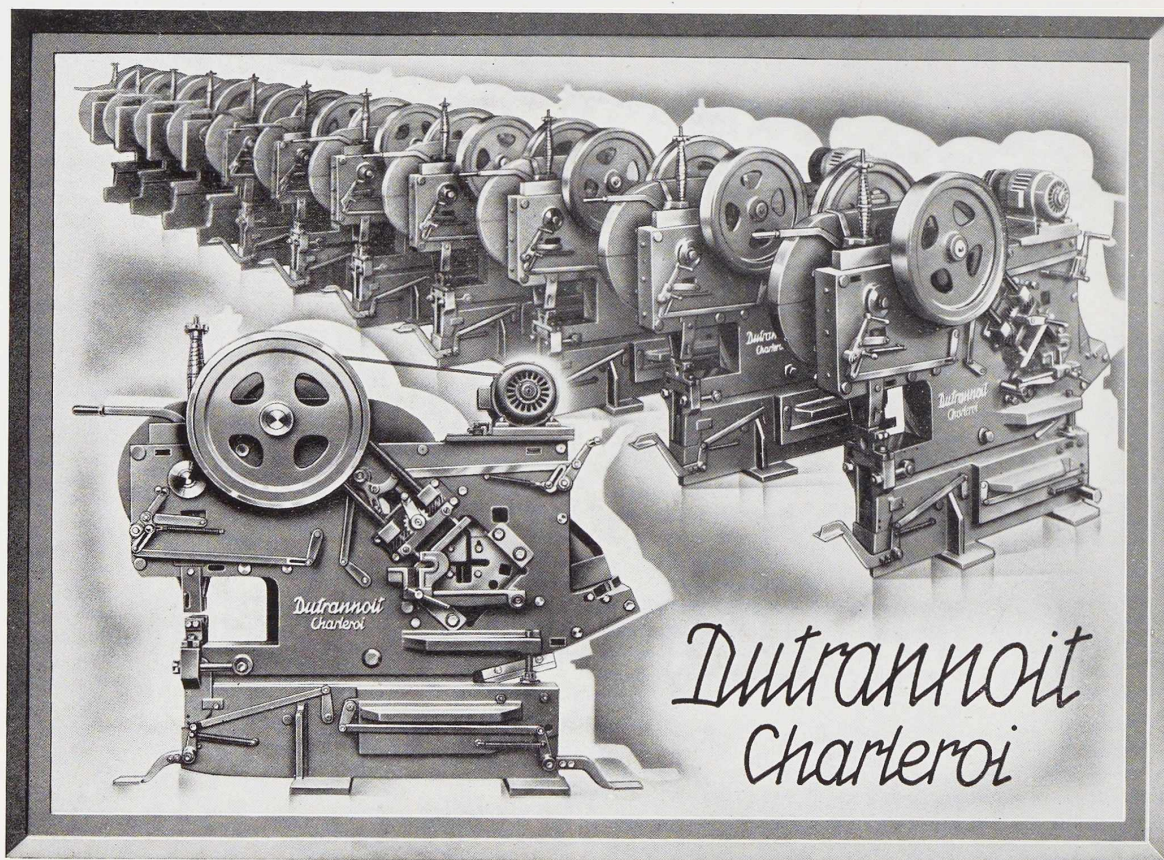
TÉLÉGRAPHIEZ OUTRE-MER

# "VIA BELRADIO"

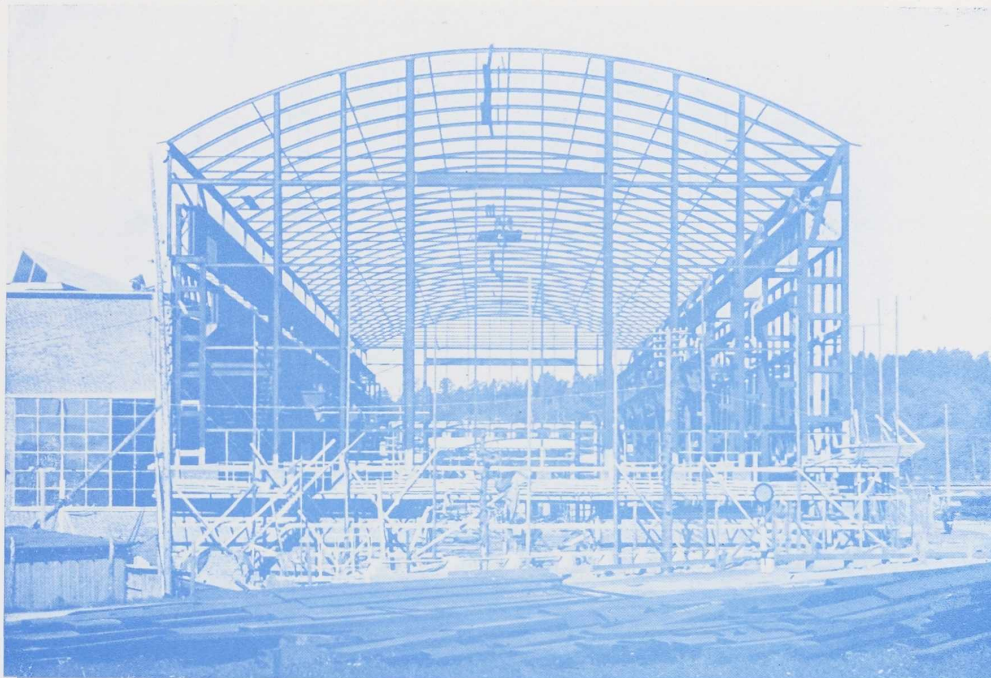
LA VOIE NATIONALE BELGE RAPIDE  
ET SURE VERS TOUS LES CONTINENTS

RENSEIGNEMENTS ET DÉPÔT DES MESSAGES  
DANS TOUT BUREAU TÉLÉGRAPHIQUE  
BELGE

TÉLÉPHONES	}	ANVERS	399.50
		BRUXELLES	12.30.00
		LIÈGE	609.10



Chantier naval de THORDEN-VARVET,  
UDDEVALLA, Suède.



**DE DIFFERDANGE**

AGENCE DE VENTE POUR LA BELGIQUE ET LE CONGO BELGE :

**DAVUM S. A.**

22, RUE DES TANNEURS, ANVERS  
Téléphone 299.17 (5 lignes) — Télégr. DAVUMPORT

TOUS PRODUITS MÉTALLURGIQUES  
ACIERS SPECIAUX ET INOXYDABLES — MACHINES-OUTILS

EN HAUT DE L'ECHELLE !

PRODUITS « ACME QUALITY »  
pour la protection  
de charpentes et constructions métalliques



**Kromik Metal Primer**  
Peinture à base de chrome.  
Pouvoir couvrant supérieur  
aux miniums ordinaires.

**Metal Protective Paint.**  
Peinture à base de graphite  
pour la couche de finition.

**Jetcote « A »**  
Peinture anti-acide et hydro-  
fuge, supérieure aux goudrons  
ordinaires.

**Siltex**  
Peinture à l'aluminium.

**ACME QUALITY**

Etablissements de Crane et Marsily

s. p. r. l.  
2, avenue Reine-Elisabeth, ANVERS

Les machines  
pour le travail de la tôle  
et des profilés  
de construction belge

SPÉCIALITÉ EXCLUSIVE DEPUIS 35 ANS

**TILKIN**

RUE DES HOUBLONNIÈRES, 29  
LIÈGE - TÉL. 642.36

CONSTRUCTEURS :

**Et<sup>s</sup> T. KETIN & R. THIRIART**  
S. P. R. L.

rue Paul-Janson, n° 1

SCLESSIN - LEZ - LIÈGE (BELGIOUE)

*Vertil*

# SOBEMI

S.A.

**UN EMBALLAGE  
POUR CHAQUE PRODUIT**

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

*Une nouvelle conquête de l'Electronique*

LE CONTRÔLE DE L'HOMOGENÉITÉ DES  
MATÉRIAUX PAR LES APPAREILS...



*Une fabrication de la*  
*Division Electronique*  
des ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ELECTRIQUES DE CHARLEROI

SOCIÉTÉ ANONYME





**OUI! mais..WARDS pourrait l'avoir**

Machines-outils neuves et reconstruites : Rails et voies de service, usines génératrices et équipements industriels, locomotives, excavateurs et grues, aciers de construction, fer, acier et métaux non-ferreux, petits outils de mécanicien, équipement électrique, fournitures et équipement de tonneries, ciment, briques, granit et pierre de taille et, avant tout, du service.

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

8, LONGUE RUE DES CLAIRES  
ANVERS - BELGIQUE

TELEPHONES

228 47 - 228 51 ANVERS

IMPORTATIONS



ADRESSE TELEGRAPHIQUE

WARDSMAN ANVERS

et les EXPORTATIONS

**INDUSTRIELS**

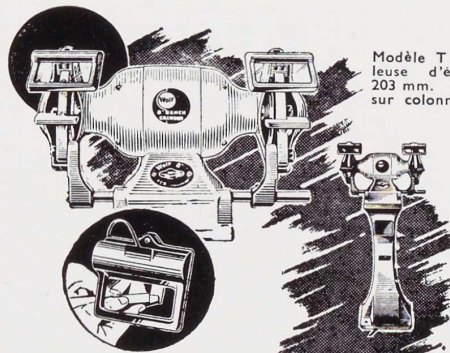
La concurrence s'annonce âpre.  
Abaissez vos prix de revient!



Spécialisé en  
ÉLECTRICITÉ  
MÉCANIQUE  
THERMO-DYNAMIQUE  
GÉNIE CIVIL

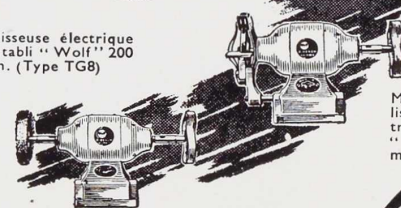
Se charge d'étudier  
l'ORGANISATION  
l'AMÉLIORATION  
la TRANSFORMATION  
l'AGRANDISSEMENT  
de vos usines

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



Modèle TGB Meuleuse d'établi de 203 mm. Montable sur colonne au sol.

Polisseuse électrique d'établi "Wolf" 200 mm. (Type TGB)



Meuleuse et polisseuse électrique d'établi "Wolf" 200 mm. (Type TGB)

*Arrivez plus*  
**VITE AU BUT..**

En employant des machines plus rapides pour l'affûtage, de votre outillage, ainsi que pour vos opérations de meulage, de dérouillage, de polissage, etc.

Les meuleuses Wolf d'établi et sur colonne, sont conçues d'une façon telle, qu'elles accélèrent l'exécution de tous les travaux et assurent un fini parfait. Leur forme profilée moderne donne une plus grande liberté de mouvement; un puissant moteur à régime continu, maintient la vitesse voulue pour l'exécution du travail; des supports d'outils réglables spécialement conçus et des protecteurs éclairés améliorent le maintien de l'outil, la qualité du travail, et assurent aux yeux une protection complète. Les colonnes au sol sont étudiées pour un minimum d'encombrement, et pour permettre de meuler à la hauteur convenant le mieux à l'exécution du travail. Ce ne sont là que quelques-unes des particularités des meuleuses Wolf, qui font de ces outils les meilleurs qui soient sur le marché. De nombreux accessoires permettent d'économiser temps et argent dans l'exécution d'un grand nombre de travaux que l'on fait actuellement avec des outils de modèle périmé.

Écrivez aujourd'hui même et demandez renseignements détaillés sur l'assortiment des outils électriques Wolf.

**Wolf**  
OUTILLAGE  
ÉLECTRIQUE

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

**J. & R. LENAERS**

5 Avenue Ernest Renan, Bruxelles, 3.

En vente dans les principaux magasins d'outillage

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



DÉCAPAGE A LA FLAMME  
D'UN PONT MÉTALLIQUE  
(S.A. BAUME & MARPENT)



INSTALLATIONS

*pour le*

**DECAPAGE**

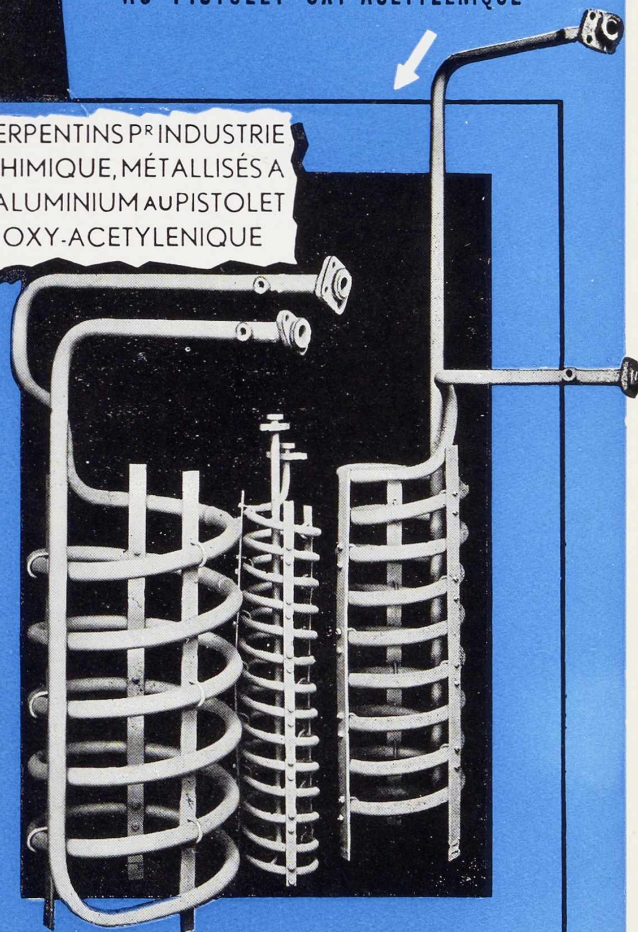
A LA FLAMME OXY-ACETYLENIQUE

*et pour la*

**METALLISATION**

AU PISTOLET OXY-ACETYLENIQUE

SERPENTINS P<sup>r</sup> INDUSTRIE  
CHIMIQUE, MÉTALLISÉS A  
L'ALUMINIUM AU PISTOLET  
OXY-ACETYLENIQUE



**L'OXHYDRIQUE  
INTERNATIONALE**

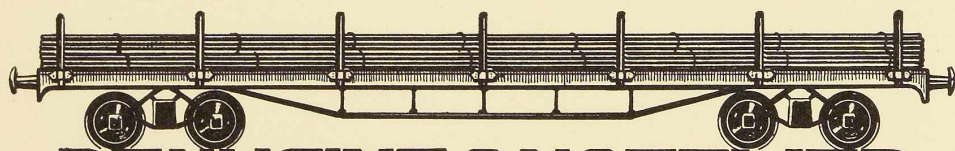
SOCIÉTÉ ANONYME

31, RUE P. VAN HUMBEEK, BRUXELLES

STUDIO SIMAR-STEVENS

# INDEX DES ANNONCEURS

	Pages		Pages
<b>A</b>			
A. C. E. C. . . . .	59	Jouret . . . . .	21
Acma, S. A. . . . .	24	<b>K</b>	
A. C. M. T. . . . .	37	Etabl. T. Ketin & R. Thiriart, S. P. R. L. . . . .	58
L'Air Liquide. . . . .	47	<b>L</b>	
Arcos, « La Soudure Electrique Auto-gène » . . . . .	31	L. Leemans & Fils, S. A. . . . .	7
Ateliers Métallurgiques Nivelles. . . . .	53	Laminoirs de Longtain . . . . .	25
Awans-François, S. A. . . . .	28	<b>M</b>	
<b>B</b>			
Baume et Marpent . . . . .	13	La Manutention Automatique . . . . .	22
B. E. I. . . . .	60	G. Moens & C <sup>o</sup> . . . . .	45
Belradio . . . . .	56	<b>N</b>	
Usines Gustave Boël. . . . .	42	Nobels-Pelman . . . . .	48
Ateliers de Bouchout et Thirion Réunis . . . . .	46	<b>O</b>	
La Brugeoise et Nicaise & Delcuve couv. . . . .	II	Ougrée-Marihaye, S. A. . . . .	23
<b>C</b>			
P. & M. Cassart . . . . .	2	L'Oxydrique Internationale . . . . .	61
Chamébel . . . . .	16	<b>R</b>	
Ccckerill . . . . .	32	Roussel et Servais. . . . .	38
Chantier Naval, Hoboken. . . . .	30	<b>S</b>	
Columeta . . . . .	8-9	S. E. M. . . . .	33
La Construction soudée, S. A. . . . .	55	Siderur . . . . .	49
<b>D</b>			
J. & G. Davis. . . . .	52	S. N. C. B. . . . . couv.	III
Davum . . . . .	57	Sobémi . . . . .	58
De Crane et Marsily. . . . .	58	Someba . . . . .	6
Alexandre Devis & C <sup>o</sup> . . . . .	19-27	Soudométal . . . . .	18
Ateliers Dutrannoit . . . . .	56	<b>T</b>	
Ateliers de la Dyle . . . . .	51	S. A. des Hauts Fourneaux et Aciéries de Thy-le-Château et Marcinelle . . . . .	29
<b>E</b>			
Société Métallurgique d'Enghien-Saint-Eloi . . . . . couv.	IV	Le Titan Anversoï, S. A. . . . .	17
E. S. A. B. . . . .	5	Travail Mécanique de la Tôle . . . . .	11
S. A. Métallurgique d'Espérance-Longdoz . . . . .	14	Usines à Tubes de la Meuse. . . . .	34
<b>F</b>			
Fabrimétal . . . . .	15	<b>U</b>	
Fabrique de Fer. . . . .	10	Ubell . . . . .	44
Fours Leccocq . . . . .	54	Ucométal . . . . .	40-41
<b>G</b>			
Gilsoco, S. A. . . . .	43	U. T. C. B. . . . .	12
Usines Gilson, S. A. . . . .	36	U. T. M. M. . . . .	50
<b>J</b>			
S. A. Ateliers de Construction Jambes Namur . . . . .	35	<b>V</b>	
Atelier de Construction de Jemeppe-sur-Meuse . . . . .	26	Ateliers Vanderplanck, S. P. R. L. . . . .	20
<b>W</b>			
		Thos. W. Ward (Belgium), S. A. . . . .	60
		S. Wolf & C <sup>te</sup> . . . . .	60
		Anciens Ets Paul Würth . . . . .	39



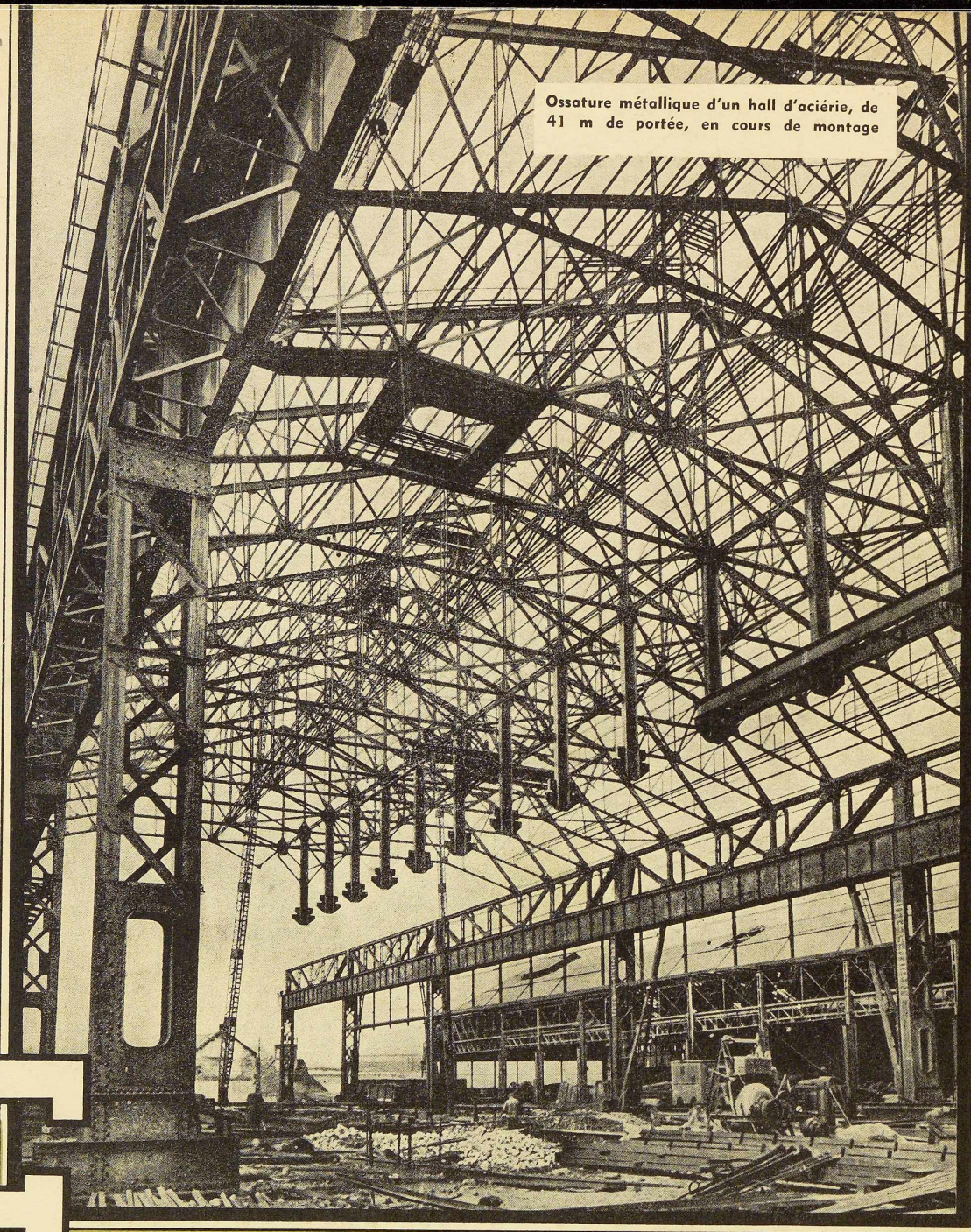
# DE L'USINE A L'ATELIER DE L'ATELIER A UCHANTIER

Transport de produits métallurgiques: poutrelles, ronds  
à béton, etc., au moindre prix et avec le maximum de  
célérité, par les soins de la

**SOCIETE NATIONALE DES CHEMINS DE FER BELGES**

Renseignements: S.N.C.B. - Bureau 61-31, 17, rue de Louvain, Bruxelles. Tél. 12.30.50. poste 36.15

Ossature métallique d'un hall d'aciérie, de  
41 m de portée, en cours de montage



d' **E** SOCIÉTÉ MÉTALLURGIQUE  
**Enghien-S' Eloi**

SOCIÉTÉ ANONYME A ENGHIEU (BELGIQUE)  
WAGONS ET VOITURES - PONTS ET CHARPENTES - APPAREILS DE LEVAGE - PRODUITS DE BOULONNERIE