

UNIVERSITEIT GENT  
AFDEELING voor BOUWKUNST  
22, Plateaustraat, GENT

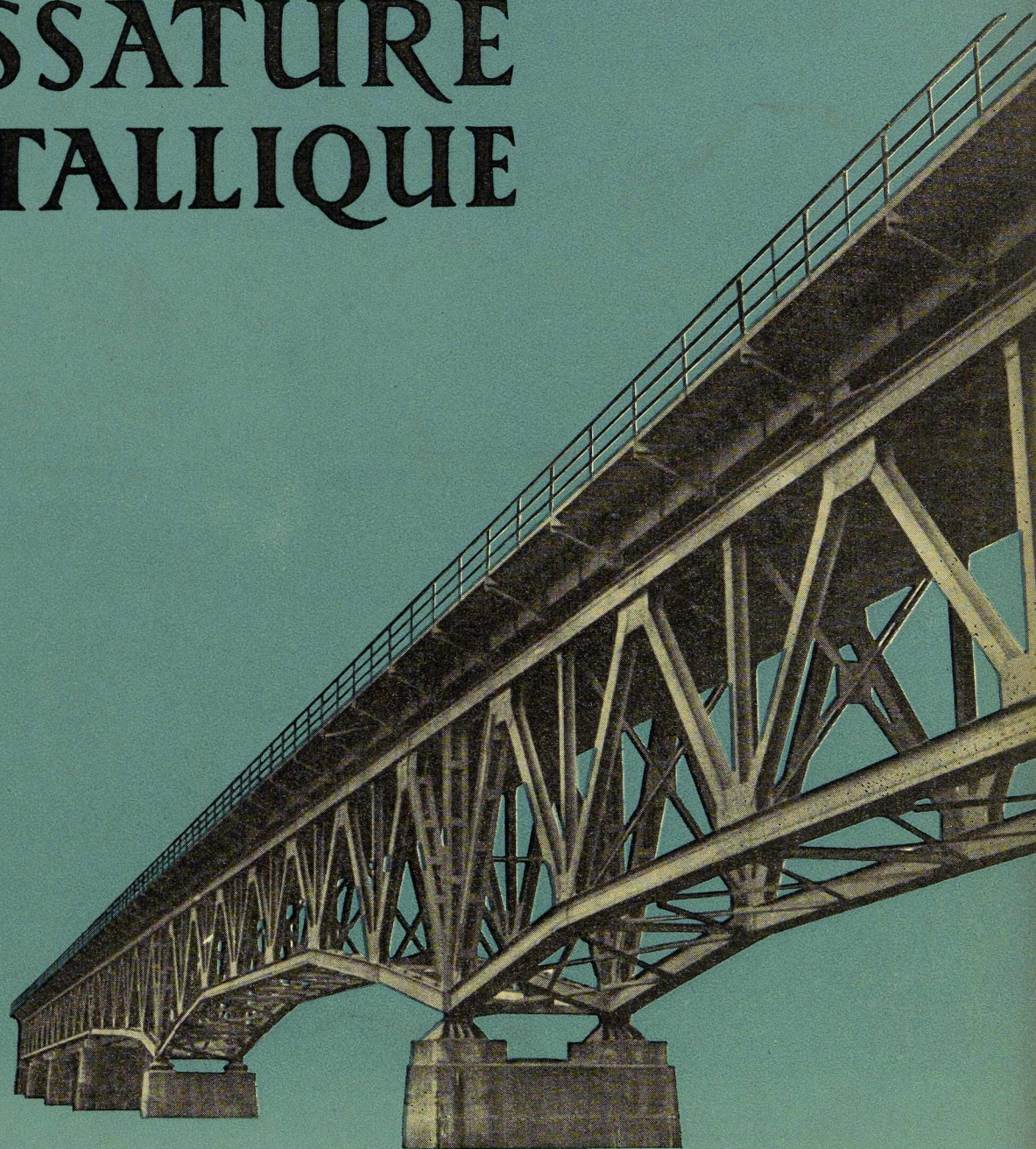
16<sup>e</sup> ANNÉE

2

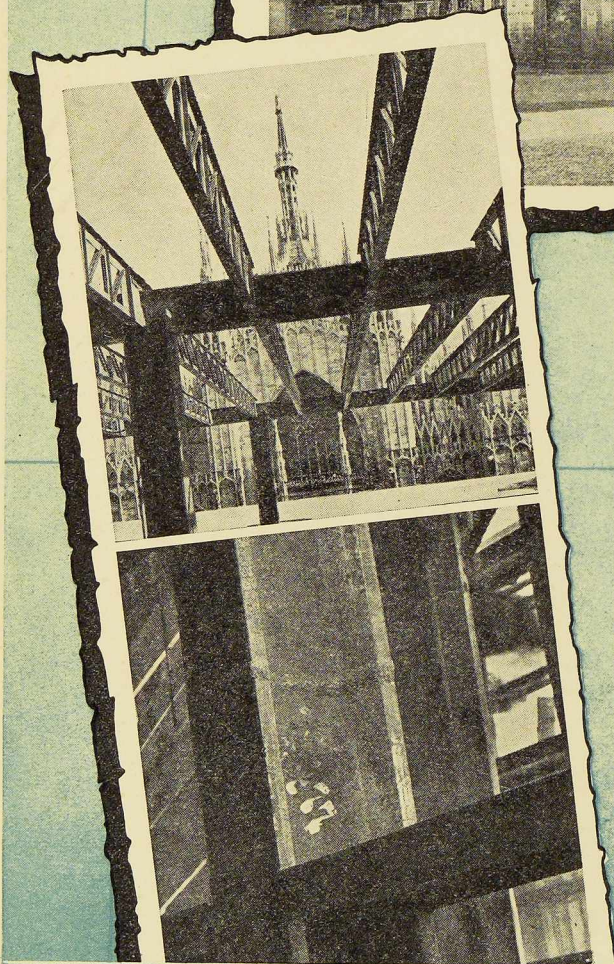
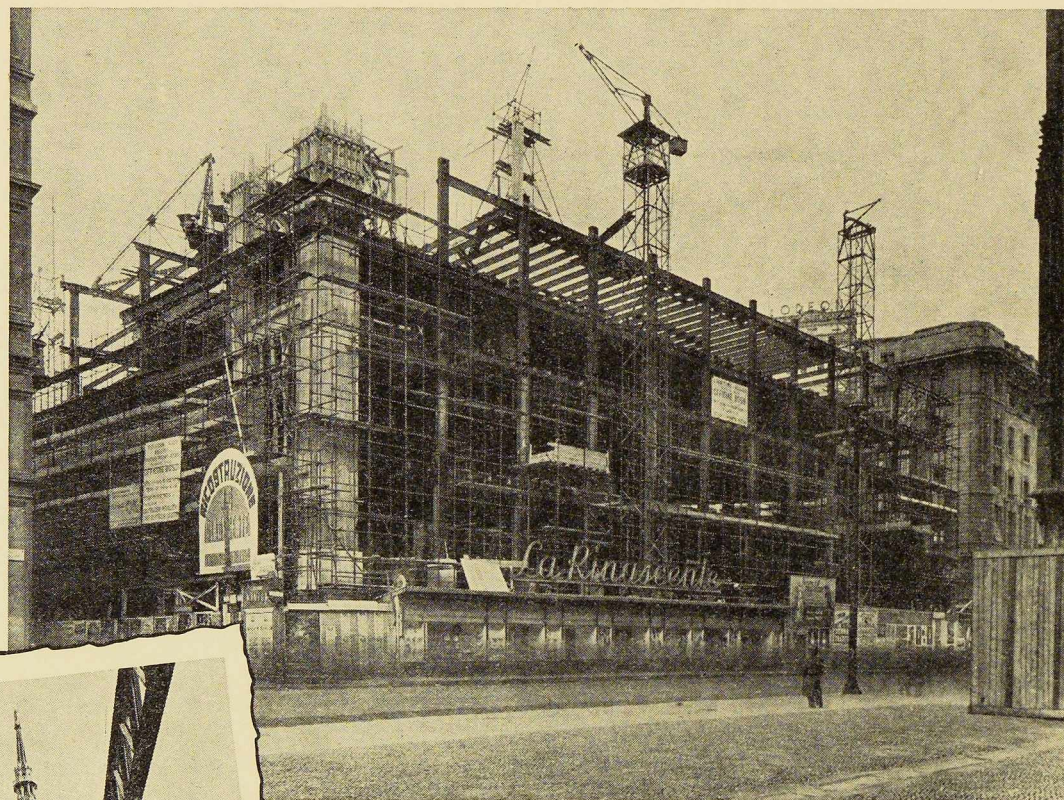
FÉVRIER 1951



# L'OSSATURE METALLIQUE



REALISATION  
PUBLIGRAPHIE  
BRUXELLES  
TEL. 37.91.85



*L'ossature métallique  
des grands magasins  
"LA RINASCENTE"  
à Milan est entièrement  
soudée au moyen des  
ELECTRODES OK*

**ESAB**

ELECTRO SOUDURE AUTOGENE BELGE S. A.  
116-118, RUE STEPHENSON - BRUXELLES  
TELEPHONES : 15.91.26 • 15.05.32

# 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 : 47.54.98 - 47.54.99

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

16<sup>e</sup> ANNÉE

N<sup>o</sup> 2

FÉVRIER 1951

## S O M M A I R E

Le Pont du Val-Benoît sur la Meuse, à Liège, par R. Desprets . . . . .	53
Maison préfabriquée M. A. N. . . . .	64
La reconstruction du Palais de la Rinascente, à Milan . . . . .	67
Pont-route sur la vallée de Wiedbach près de Neustadt (Allemagne) . . . . .	73
Utilisation du feuillard d'acier laminé à froid dans l'industrie . . . . .	77
Les plus beaux ponts métalliques construits aux Etats-Unis en 1949 . . . . .	78
Quelques exemples de constructions métalliques soudées en Pologne, par A. Wiszniewski . . . . .	80
Etude sur le flambement des tubes, par J. Dutheil . . . . .	87
CHRONIQUE : Le marché de l'acier pendant le mois de décembre 1950. - La sidérurgie dans le monde. - Soudeuses spéciales par points pour l'assemblage de voitures métalliques de chemin de fer. - Conférence de M. H. Dumont. - Inauguration de nouvelles installations aux Usines John Cockerill. - Nouveau pylône-antenne de l'I. N. R. - Cinquantième anniversaire des Ateliers du Thiriau. - Voitures de tramways type 500 . . . . .	96
BIBLIOTHÈQUE . . . . .	101
BIBLIOGRAPHIE . . . . .	102

ABONNEMENTS 1951 (11 numéros) :

**Belgique, Grand-Duché de Luxembourg, Congo belge** : francs belges 200,-,  
**France et Union française** : 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<sup>o</sup> 1760.73).  
**Etats-Unis d'Amérique et leurs possessions** : 7 dollars, payables à M. Léon G. RUCQUOI, Technical Consultant to the Steel and Mechanical Industries of Belgium & Luxembourg, 30 Rockefeller Plaza, New York 20, N. Y.  
**Autres pays** : 350 francs belges.

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

PRIX DU NUMÉRO :

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

DROIT DE REPRODUCTION :

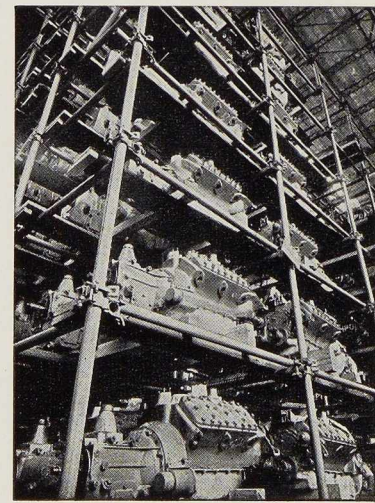
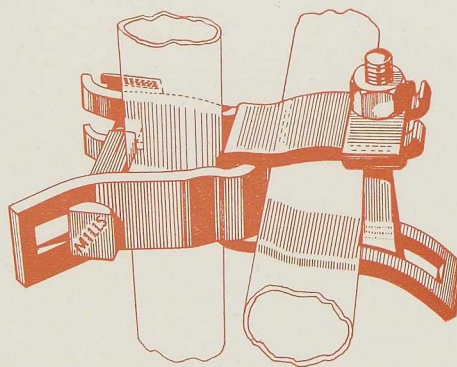
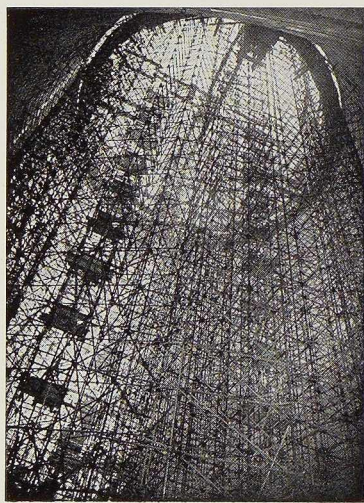
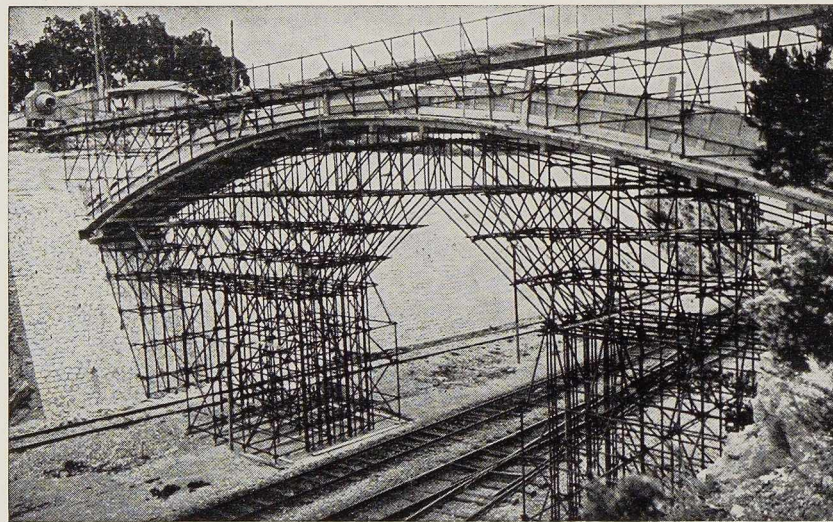
La reproduction de tout ou partie des articles ou des illustrations ne peut se faire qu'en citant L'Ossature Métallique.

# ECHAFAUDAGES TUBULAIRES

# MILLS

V E N T E

LOCATION



PRODUITS MÉTALLURGIQUES

## P . & M . C A S S A R T

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

Tél. 26.98.10 (plusieurs lignes) **R. C. B. 10.741**  
Tél. 26.98.17 (deux lignes) **C. C. P. 87.61**  
Tél. 43.72.69 - 43.72.70

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

ASSOCIATION SANS BUT LUCRATIF

Présidents d'Honneur : M. Albert D'HEUR,  
M. Léon GREINER

## CONSEIL D'ADMINISTRATION

### Président :

M. François PEROT, Administrateur-Délégué de la S. A. d'Ougrée-Marihaye, Vice-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. Justin BAUGNEE, Directeur Général Adjoint de la S. A. des Laminoirs, Hauts Fourneaux, Forges, Fonderies et Usines de la Providence;

M. Oscar BIHET, Administrateur-Directeur Gérant 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. Alexandre DEVIS, Associé commandité de la S. C. S. Alexandre Devis & C<sup>ie</sup>, Délégué de la Chambre Syndicale des Marchands de fer et du Groupement des Marchands de fer et poutrelles de Belgique;

M. Jean DRIESEN, Directeur Général-Adjoint de la S. A. John Cockerill;

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

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, Administrateur-Délégué de la Fabrique de Fer de Charleroi;

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

M. Arthur SCHMITZ, Conseiller de la S. A. d'Ougrée-Marihaye.

### Directeur :

M. Emmanuel GREINER, Ingénieur A. I. Lg.

## 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-Dudelange (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., 147, boulevard de la II<sup>e</sup> Armée Britannique, 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.

Baume et Marpent, S. A., à Haine-Saint-Pierre.

Ateliers de Bouchout et Thirion Réunis, S. A., 249-251, chaussée de Vleurgat, Bruxelles.

Ateliers de Construction Alphonse Bouillon, 58, rue de Birmingham, Molenbeek-Saint-Jean.

## ATELIERS DE CONSTRUCTION (suite)

**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.  
**Société Anonyme Anciennes Usines Canon-Légrand**, 17, rue Terre du Prince, Jemappes-lez-Mons.  
**Chaubobel**, S. A., à Huyssinghen.  
**John Cockerill**, S. A., à Seraing-sur-Meuse.  
**La Construction Soudée**, Anciens Etablissements André Beckers, S. A., 64, avenue Rittweger, Haren-Bruxelles.  
**« 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 Cie**, 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., 52, rue des Gloires Nationales, Auvélais.  
**L'Industrielle Boraine**, S. A., Quiévrain.  
**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.  
**Ateliers de Construction J. Kihn**, Rumelange (G.-D.).  
**Société Anonyme des Ateliers de La Louvière-Bouvvy**, La Louvière.  
**Usines Lauffer Frères**, S. P. R. L., Hermalle s./Argenteau.  
**Leemans L. et Fils**, S. A., 114, rue de Louvain, Vilvorde.  
**Macxima**, S. A., Bouffloulx-lez-Châtelaineau.  
**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.  
**Minière et Métallurgique de Rodange**, S. A., à Rodange.  
**Ateliers Sainte-Barbe**, S. A., Eysden-Sainte-Barbe.  
**Chaudronnerie A.-F. Smulders**, S. A., à Grâce-Berleur-lez-Liège.  
**Ateliers Arthur Sougniez Fils**, 42, rue des Forgerons, Marcinelle.  
**Etablissements D. Steyaert-Heene**, à Eecloo.  
**Ateliers du Thiriau**, S. A., La Croÿère.  
**Ateliers de Construction Mécanique de Tirlemont**, S. A., à Tirlemont.  
**Le Titan Anversois**, S. A., à Hoboken.  
**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.

## MENUISERIE MÉTALLIQUE

**Chamebel (Le Châssis Métallique Belge)**, S. A. Belge, chaussée de Louvain, à Vilvorde.  
**Maison Desoer**, S. A. (meubles métalliques ACIOR), 17-21, rue Ste-Véronique, Liège; 16, rue des Boiteux, Bruxelles.  
**« Soméba »**, Société Métallurgique de Baume, S. A., rue Lecat, La Louvière (Baume).  
**Ateliers Vanderplanck**, s. p. r. l., Portes métalliques, Fayt-lez-Manage.

## SOUDURE AUTOGENE

## 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 Cie**, 43, rue Masui, Bruxelles.  
**Métaux Galler**, S. A., 22, avenue d'Italie, Anvers.  
**Etablissements Gilot Hustin**, 14, rue de l'Etoile, à Namur.  
**J. Libouton & Cie**, 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

**Aciers Bungert**, S. A., 141-143, chaussée de Mons, Bruxelles.  
**Jos. Bol**, 86, rue Emile Féron, Bruxelles.  
**Maison Courard & Co**, 9-11, place des Déportés, Liège.  
**Davum**, S. A. Belge, 22, rue des Tanneurs, Anvers.  
**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

**Bureau d'Études Léon-Marcel Chapeaux**, S. A., 54, rue du Pépin, Bruxelles.  
**Bureaux d'Études Industrielles Fernand Courtoy**, S. A., 43, rue des Colonies, Bruxelles.  
**M. René Leboutte**, ing. tech. I. G. Ig., 6, rue J. Delbœuf, Liège.  
**MM. C. et P. Molitor**, Construction métallique et soudure électrique, 5, boulevard Emile Bockstaël, Bruxelles.  
**Multifer Grisard**, Systèmes brevetés de const. mét., 199, avenue Louise, Bruxelles.  
**Robert et Musette**, S. A., 59, rue de Namur, Bruxelles.  
**Bureau d'Études Ir. J. Ronsse**, 63, boulevard de Dixmude, 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.), 15, rue Guimard, 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.

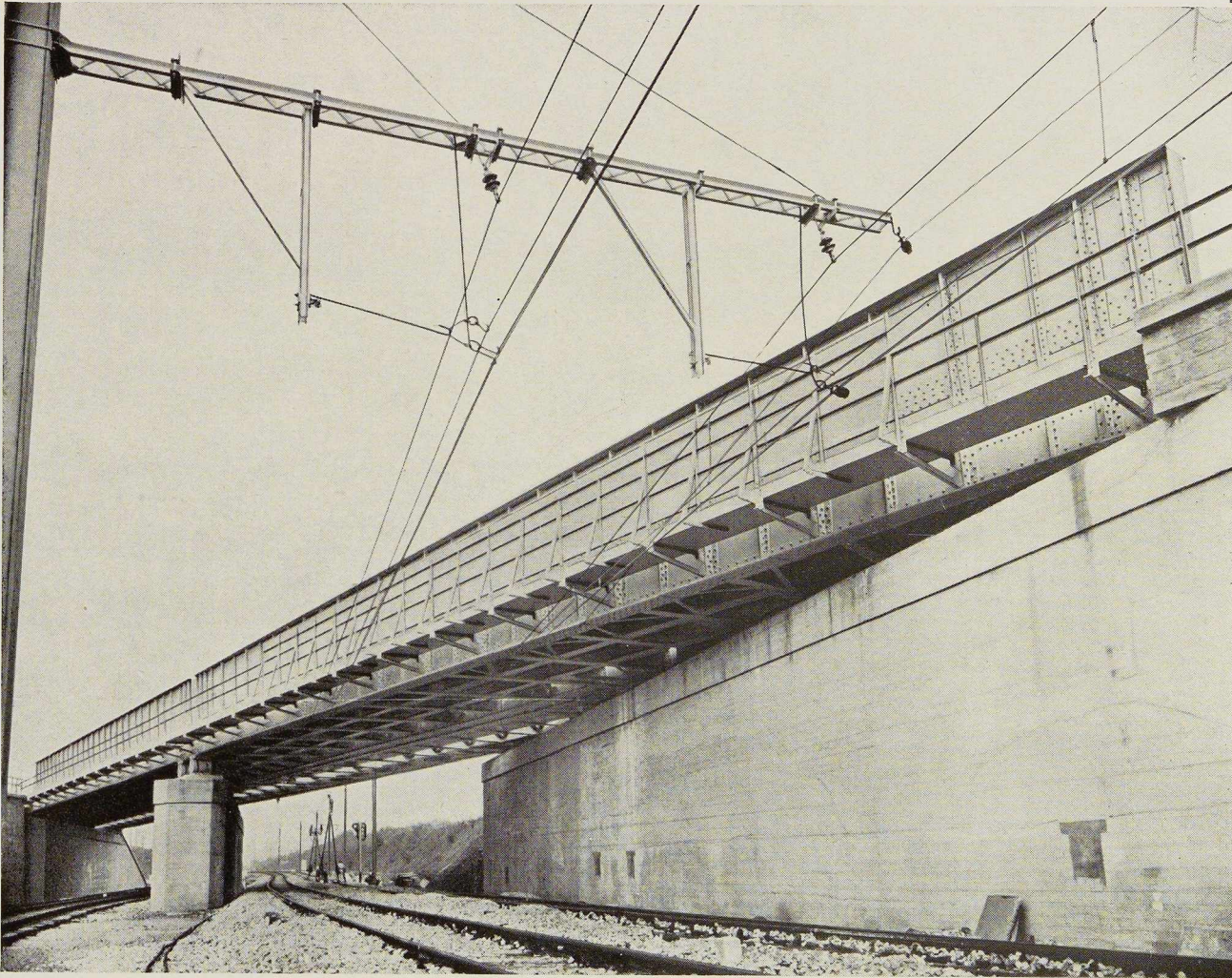
## MEMBRES INDIVIDUELS

**M. Eug. François**, professeur à l'Université de Bruxelles, Mayfair, 381, avenue Louise, Bruxelles.  
**M. Marcel François**, membre associé de la firme François, 43, rue du Cornet, Bruxelles.  
**M. Léon G. Rucquoi**, Technical Consultant to the Steel and Mechanical Industries of Belgium & Luxembourg, 30 Rockefeller Plaza, New York 20, N. Y.

SOCIÉTÉ ANONYME

# BAUME & MARPENT

HAINE-SAINT-PIERRE, MORLANWELZ (BELGIQUE) - MARPENT (NORD-FRANCE)



Pont de Mombaerts, ligne électrique Bruxelles-Charleroi, ouvrage de 700 t. Deux ponts de biais à double voie, 35 m de portée.

CHEVALEMENTS ET PYLÔNES  
GAZOMÈTRES ET RÉSERVOIRS  
PONTS ET CHARPENTES  
ACIERS MOULÉS ET FORGÉS



VOITURES ET WAGONS  
AUTORAILS ET AUTOMO-  
TRICES — LOCOMOTIVES  
ÉLECTRIQUES

L'AIR LIQUIDE

GAZ INDUSTRIELS  
 OXYGÈNE  
 ACÉTYLÈNE DISSOUS  
 AZOTE  
 AIR COMPRIMÉ  
 HYDROGÈNE  
 AMMONIAQUE

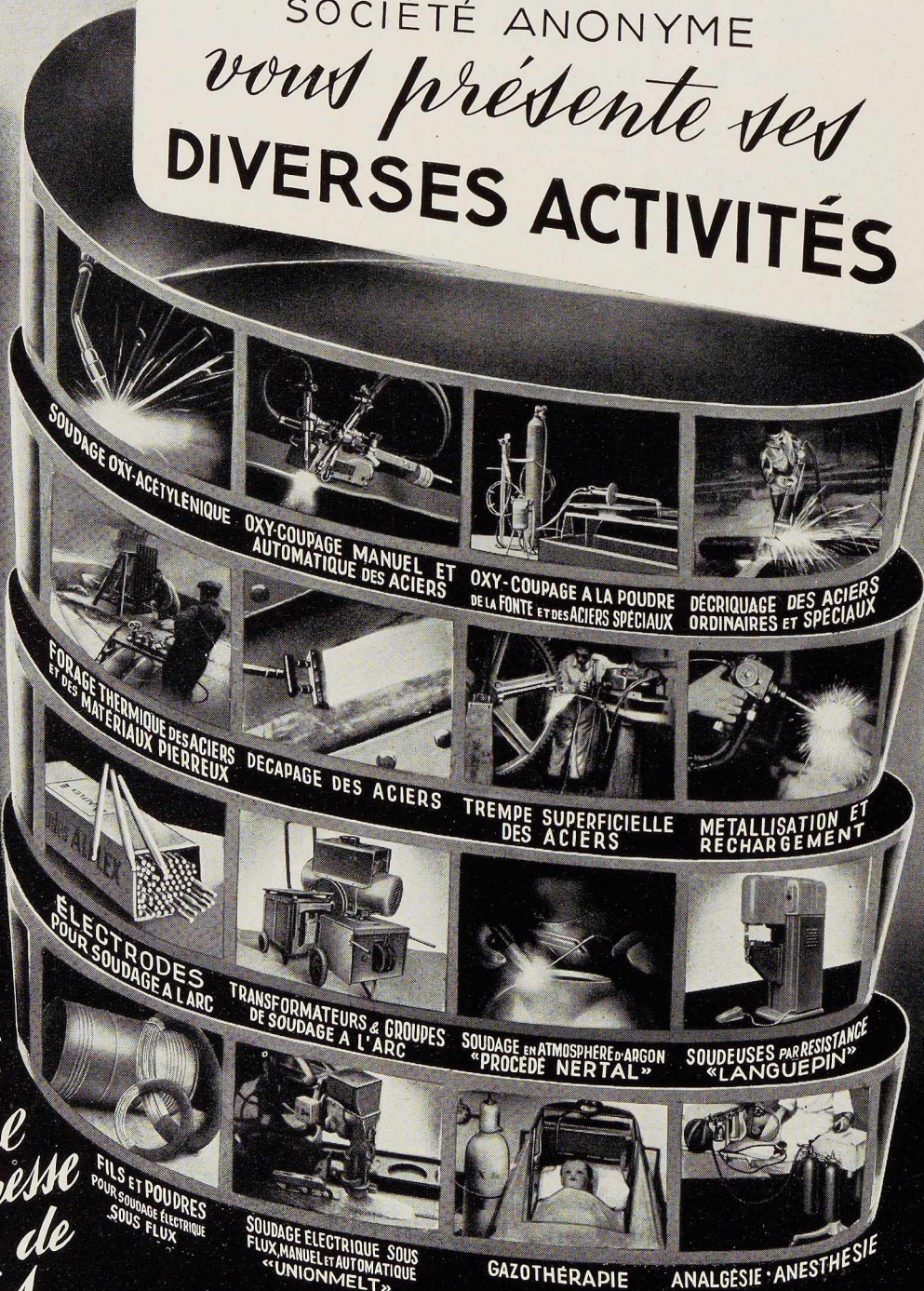
GAZ RARES  
 ARGON  
 NÉON  
 HÉLIUM & MÉLANGES

GAZ MÉDICAUX  
 OXYGÈNE MÉDICAL  
 OXYGÈNE CARBONIQUE  
 PROTOXYDE D'AZOTE

# L'AIR LIQUIDE

SOCIÉTÉ ANONYME

*vous présente ses*  
**DIVERSES ACTIVITÉS**



*Quel que soit le problème qui vous intéresse relevant d'une de ces activités*

**L'AIR LIQUIDE** S.A. 31, QUAI ORBAN **LIÈGE**

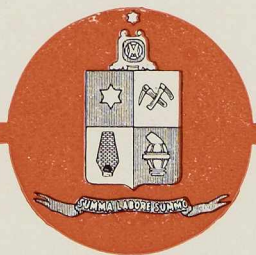
TÉLÉPH. 43.65.55

*le résoudra pour vous*



PRODUITS DE HAUTS FOURNEAUX  
ACIÉRIES - LAMINOIRS - FORGES  
ET FONDERIES

Feuillards - Bandes à tubes - Fil  
machine - Tôles fortes - Tôles  
moyennes - Tôles fines - Tôles  
galvanisées - Tôles ondulées  
Largets - Poutres - Traverses  
de chemin de fer.



**Ougrée-Marihaye**

S. A. - OUGRÉE (Belgique)

Organisme de Vente : SIDÉRUR, 1<sup>a</sup>, rue du Bastion, Bruxelles (Belgique)



TYPE BELVAL Z  
PALPLANCHES ONDULÉES

# PALPLANCHE

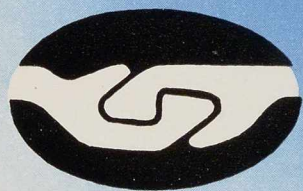
TYPE BELVAL P  
PALPLANCHES PLATES

POUR TOUS RENSEIGNEMENTS S'ADRESSER A

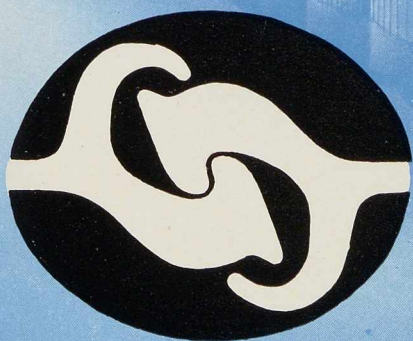
POUR LA BELGIQUE ET LE CONGO BELGE:

# LA BELGO-LUXEMBOURGEOISE

BRUXELLES • 11, QUAI DU COMMERCE



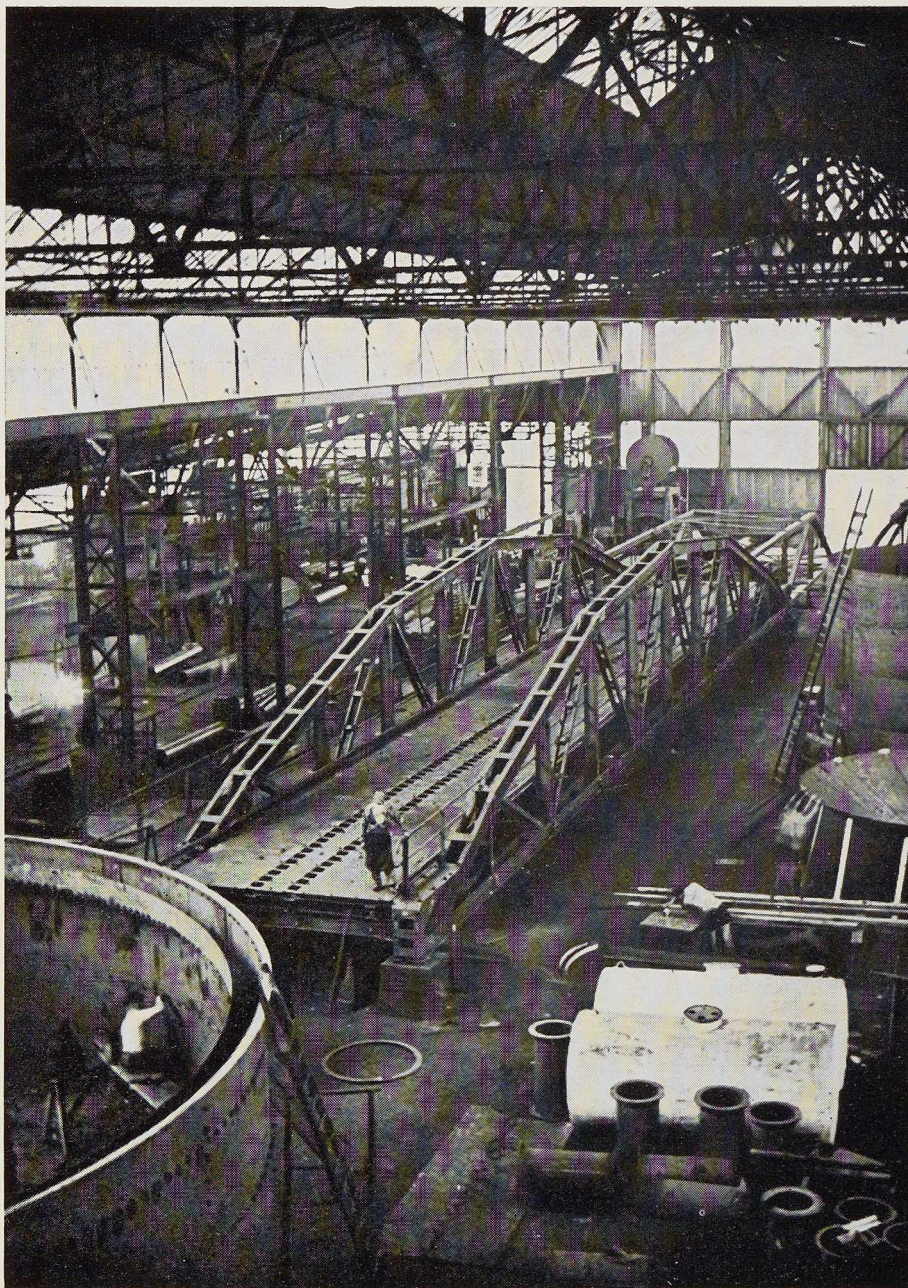
**CHES ARBED-BELVAL**



SER A

**COLUMETA**

COMPTOIR MÉTALLURGIQUE LUXEMBOURGEOIS • S. A. • LUXEMBOURG



Pont-route avec bec de lancement.

**ATELIERS DE**

# **BOUCHOUT & THIRION RÉUNIS S. A.**

CHAUSSÉE DE VLEURGAT, 249, À BRUXELLES

**USINE A VILVORDE**

192, CHAUSSÉE DE LOUVAIN, VILVORDE  
Téléphone : Bruxelles 15.20.96, Vilvorde 51.00.36

**USINE A BOECHOUT**

27, HEUVELSTRAAT, BOECHOUT-LEZ-ANVERS  
Téléphone : Anvers 81.27.99

PONTS

CHARPENTES

CHAUDRONNERIE

TANKS

MATÉRIEL POUR HUILERIES

USINES À CAOUTCHOUC

SÉCHOIRS À CAFÉ

TÔLES GALVANISÉES

ARTICLES DE MENAGE

CHÂSSIS MÉTALLIQUES

Soudez deux fois moins cher  
parce que trois fois plus vite!



GRACE A LA

# COMETE ROUGE

ÉLECTRODE À TRÈS FORTE PÉNÉTRATION

PLUS DE 100.000 MÈTRES DE JOINTS ONT DÉJÀ FAIT LEURS  
PREUVES DANS LES APPLICATIONS LES PLUS DIVERSES.

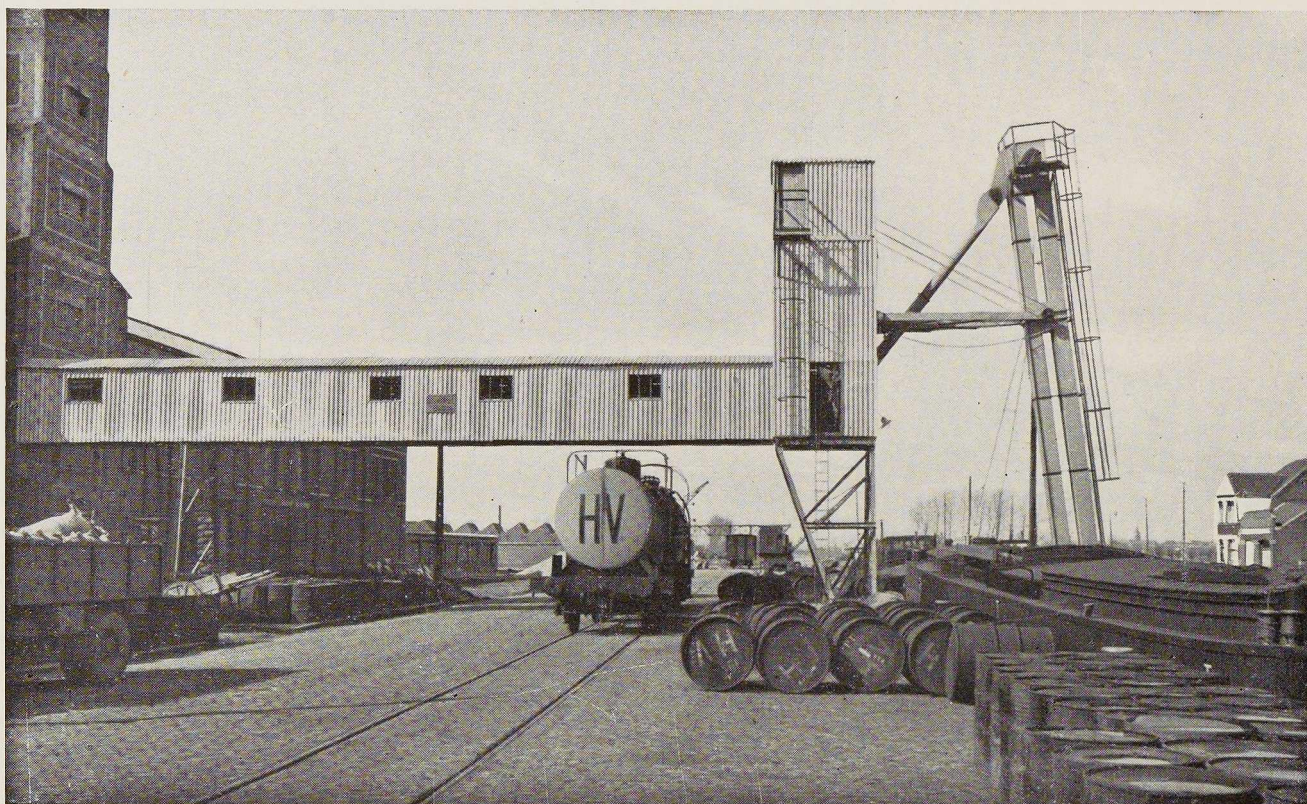
## SOUDOMETAL

SOCIÉTÉ ANONYME

SOUDAGE SUR CHANTIER  
D'ÉLÉMENTS DE PONT DE  
NAVIRE.



83, CHAUSSEE DE RUYSBROECK, FOREST-BRUXELLES — TÉL. 43.45.65 - 44.09.02



Installation de déchargement de bateaux par élévateur à godets, goulotte et transporteur à courroies.  
A l'intérieur du bâtiment, installation de stockage en silos.

Plus de 25 années de spécialisation  
en manutention

## LA MANUTENTION AUTOMATIQUE

Soc. An. **MACHELEN** (Brabant)

Tél. : Bruxelles 15.38.34

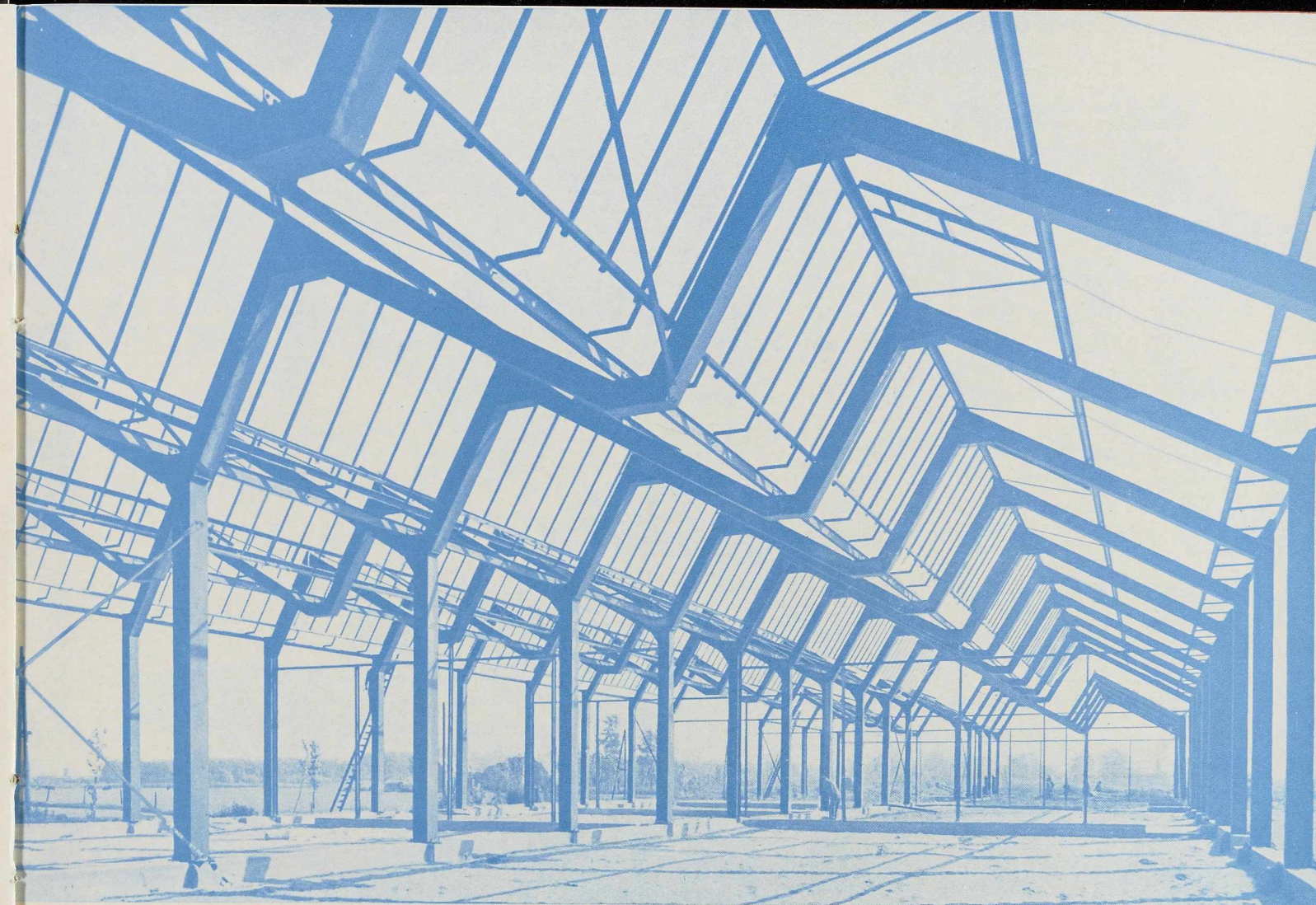


NOMBREUSES RÉFÉRENCES DANS TOUTES LES INDUSTRIES  
TANT À L'ÉTRANGER QU'EN BELGIQUE

CATALOGUE DE 150 PAGES SUR DEMANDE



AGENT POUR LA HOLLANDE : M. J. W. KLEINHOUT, 7, ZAAANMARKSTRAAT, BREDA



Staalconstructie.  
De Vries Robbé & C<sup>o</sup>, N. V.  
Kininefabriek, Maarsse

Photo Renes

# POUTRELLES GREY DE DIFFERDANGE

Agence de vente pour la Belgique et le Congo belge :

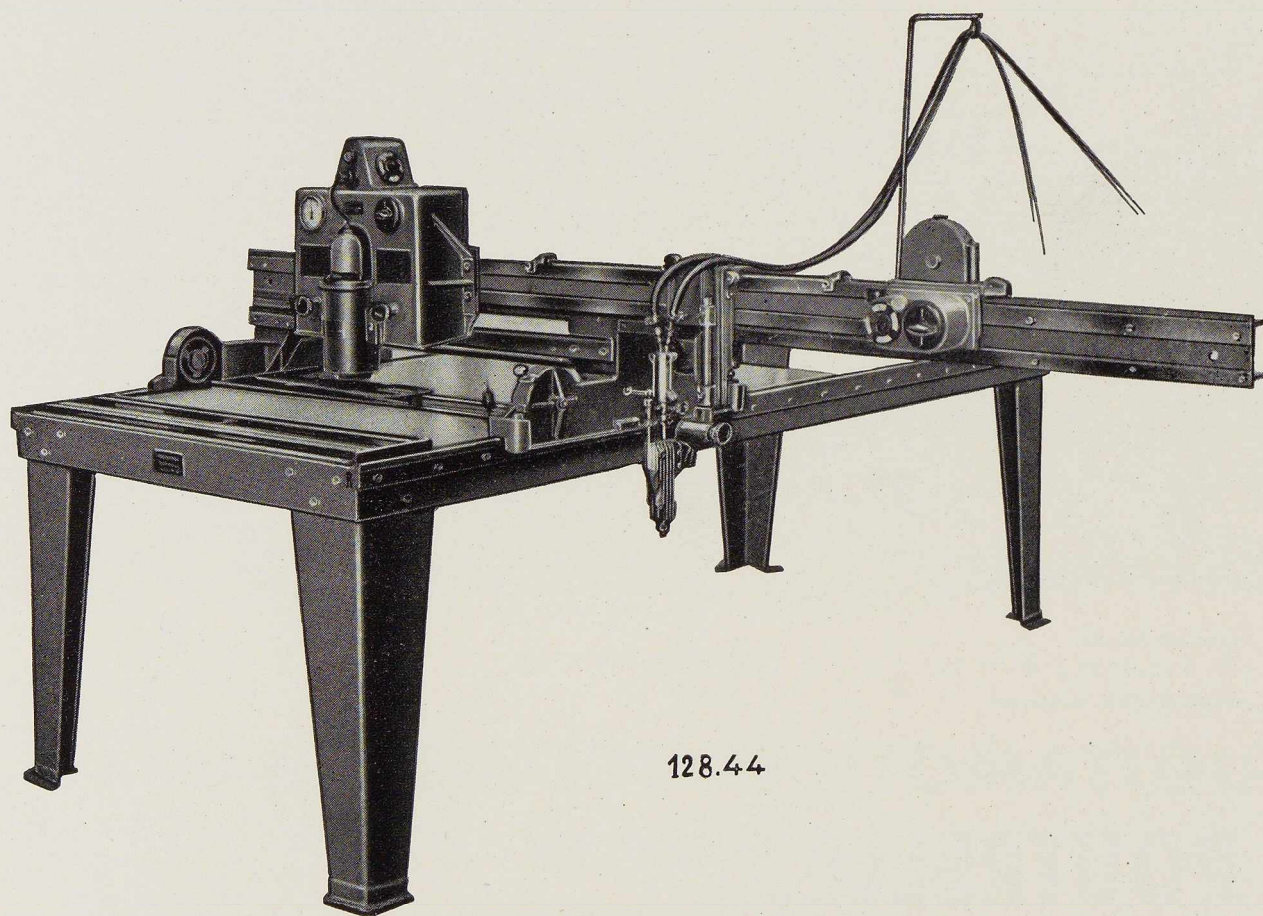
**DAVUM S. A.**

22, RUE DES TANNEURS, ANVERS

Téléphone : 32.99.17 (5 lignes) — Télégramme : Davumport

*Les temps "morts"  
sont réduits au minimum avec*

# « SECTOMATIC »



128.44

...la nouvelle machine fixe  
d'oxy-coupage de

**L'OXHYDRIQUE  
INTERNATIONALE**

S. A. — 31, RUE PIERRE VAN HUMBEEK  
BRUXELLES Téléphone : 21.01.20 (5 lig.)





# JOURET

## LUTTRE

*Grey de Differdange*



*et tous les produits métallurgiques*

TEL. : LUTTRE 444.44 (3 lignes)  
444.43

**ARCHITECTES,  
ENTREPRENEURS**

POUR LA CONSTRUCTION  
DES  
MAISONS PRÉFABRIQUÉES

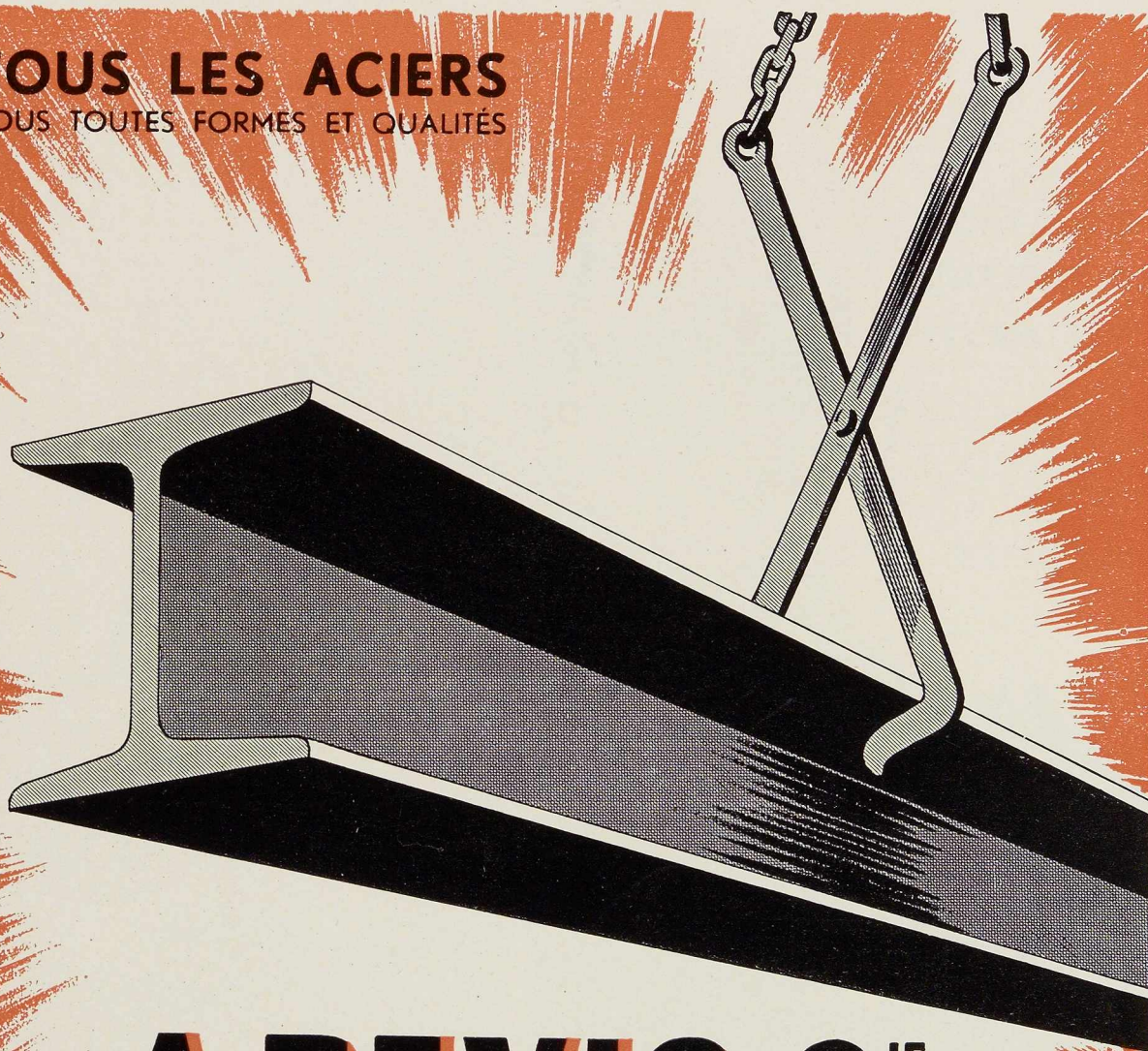
*Longtain*

EST LE GRAND SPÉCIALISTE  
EN PROFILS LÉGERS.

CONSULTEZ-LE.



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



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

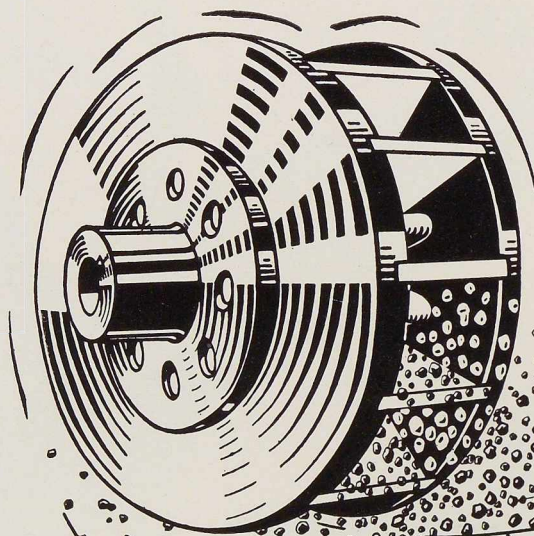
**ACIERS MARCHANDS • TOLES • BOULONS**  
43, RUE MASUI • BRUXELLES • TÉL. : 15.49.40 (6 lignes)

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

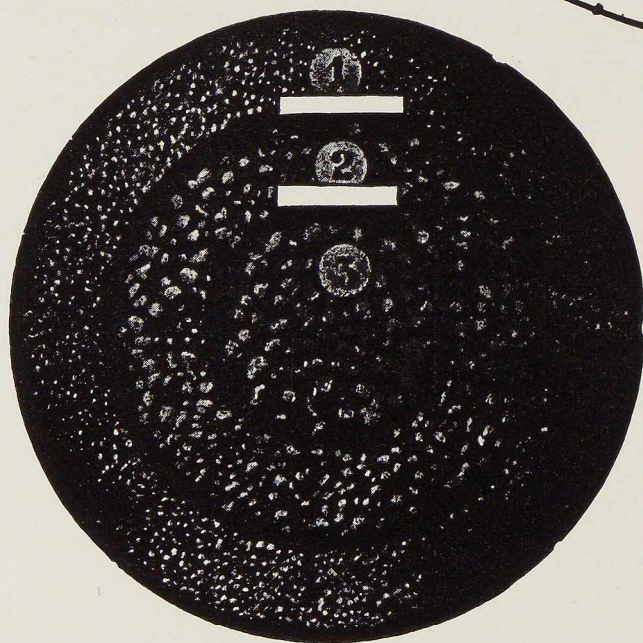
**POUTRELLES • FERS U • RONDS A BETON**  
296, RUE ST-DENIS, FOREST-MIDI • Tél. : 44.48.50 (6 l.)

DÉCAPAGE  
DÉSABLAGE

par . . .



LES  
GRENAILLES  
BEECKMANS



*Les plus résistantes,  
les plus régulières*

GRENAILLES D'ACIER RONDES  
ET ANGULAIRES  
EN TOUS CALIBRES

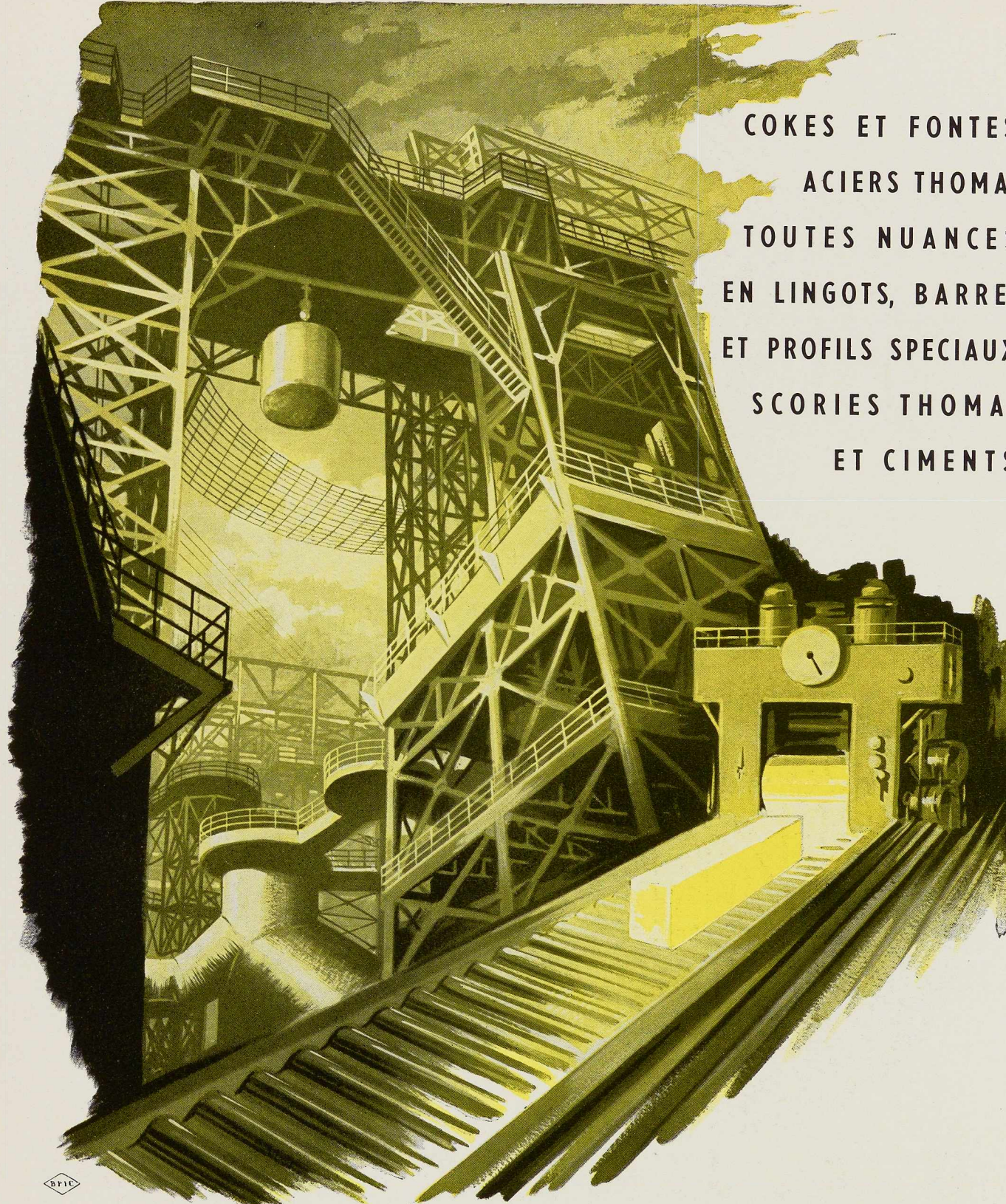
GALETS DE MER CONCASSÉS,  
CALIBRÉS, DÉPOUSSIÉRÉS

SILEX ET QUARTZ

SABLE DU RHIN

**S. A. J. BEECKMANS**

75-77, RUE DE MARCHIENNE, JUMET-LEZ-CHARLEROI - Tél. 134.30 Charleroi



COKES ET FONTES.  
ACIERS THOMAS  
TOUTES NUANCES,  
EN LINGOTS, BARRES  
ET PROFILS SPECIAUX.  
SCORIES THOMAS  
ET CEMENTS.

BPIC

SOCIETE ANONYME DES HAUTS FOURNEAUX, FORGES & ACIERIES DE

**THY-LE-CHATEAU & MARCINELLE**

MARCINELLE \* TEL.: CHARLEROI 222.93 \* TELEGR.: WEZMIDI-CHARLEROI

Où en est  
votre  
équipement  
industriel?



Améliorer votre outillage en vue d'augmenter votre productivité est l'un de vos principaux soucis. En visitant la 3<sup>me</sup> Foire Internationale de Liège vous y trouverez un ensemble de biens de production intéressant les mines, la métallurgie, la mécanique et l'électricité industrielle, qui vous permettront de faire un choix judicieux.

21 AVRIL - 6 MAI 1951

3<sup>e</sup> FOIRE  
INTERNATIONALE DE **Liège**

Ecrivez à la Foire Internationale de Liège, 17, boulevard d'Avroy, Liège (Belgique) en vue de connaître son programme et d'obtenir les informations qui vous permettront d'organiser votre visite à cette exposition européenne, spécialisée et technique.

**MINES**

**MÉTALLURGIE**

**MÉCANIQUE**

**ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE**

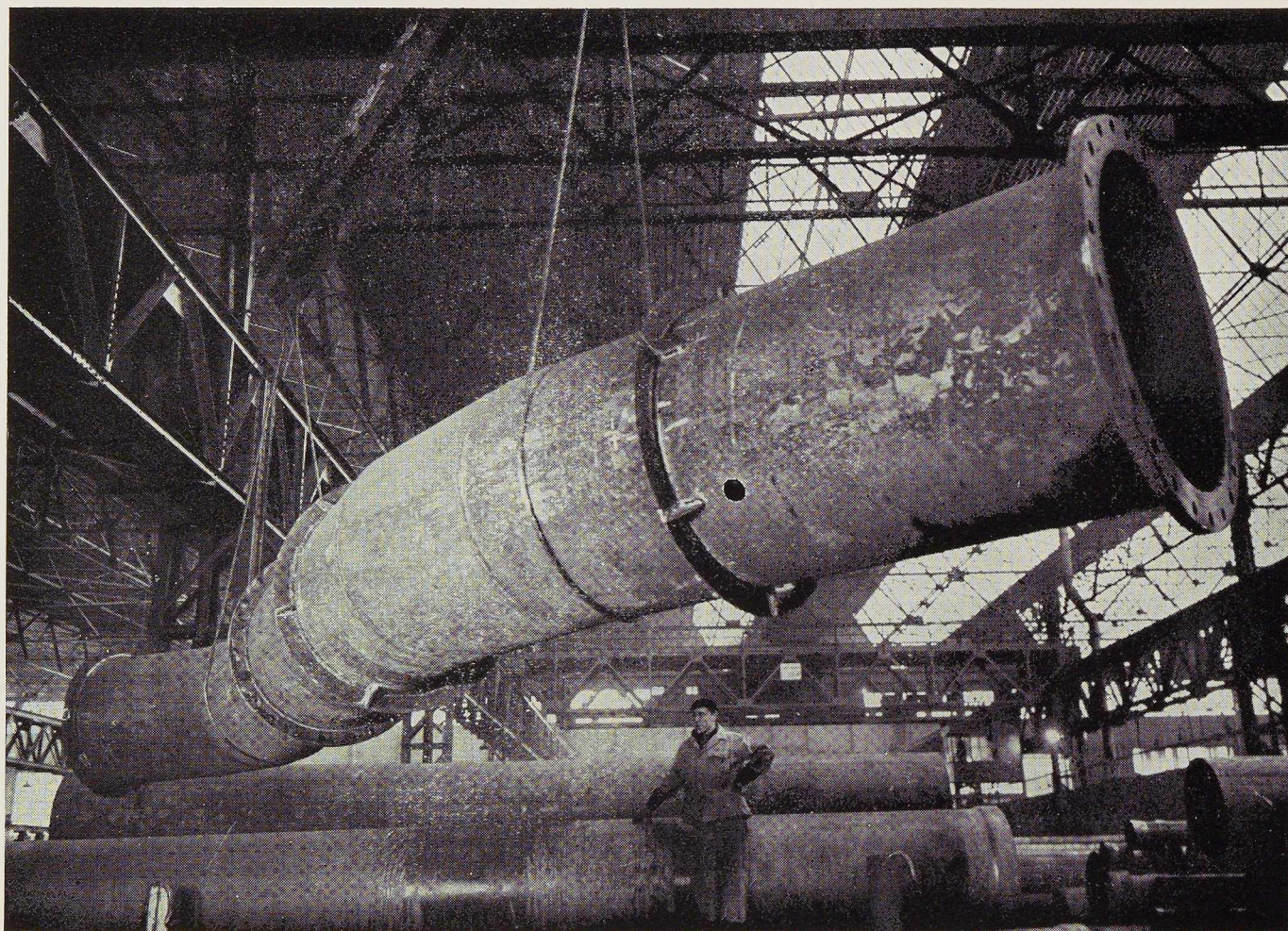


MALEVEZ + DELENNE

**SOC.AN.**

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

VILVORDE.TEL.51.16.50-51.03.25



DIVISION SOUDAGE : FABRICATION D'UNE COURBE EN S

*Nos usines fabriquent :*

TOUS LES TYPES DE TUBES D'ACIER SOUDÉS ET SANS SOUDURE

- pour canalisations et tuyauteries d'eau, gaz, vapeur, chauffage central, vapeur saturée, usages mécaniques, etc.,
- pour chaudières, locomotives, industries chimique et sucrière,
- pour industrie pétrolière, haute pression, etc.,
- pour poteaux d'éclairage et force motrice,
- pour potelets de signalisation routière, lumineux ou non,
- pour barrières fixes et mobiles, halls, hangars, pylônes,
- pour bouteilles de tous fluides et de toutes contenances,
- pour cycles, motos, autos, avions, jouets, mobiliers, décorations, sports, échelles Tubesca de tous types.
- divers profils : carré, rectangulaire, ovale, hexagonal, etc.

NOTICES, CATALOGUES ET DEVIS SUR DEMANDE

**USINES A TUBES DE LA MEUSE**

FLÉMALLE-HAUTE (BELGIQUE)





# Montage Métallique

une garantie!

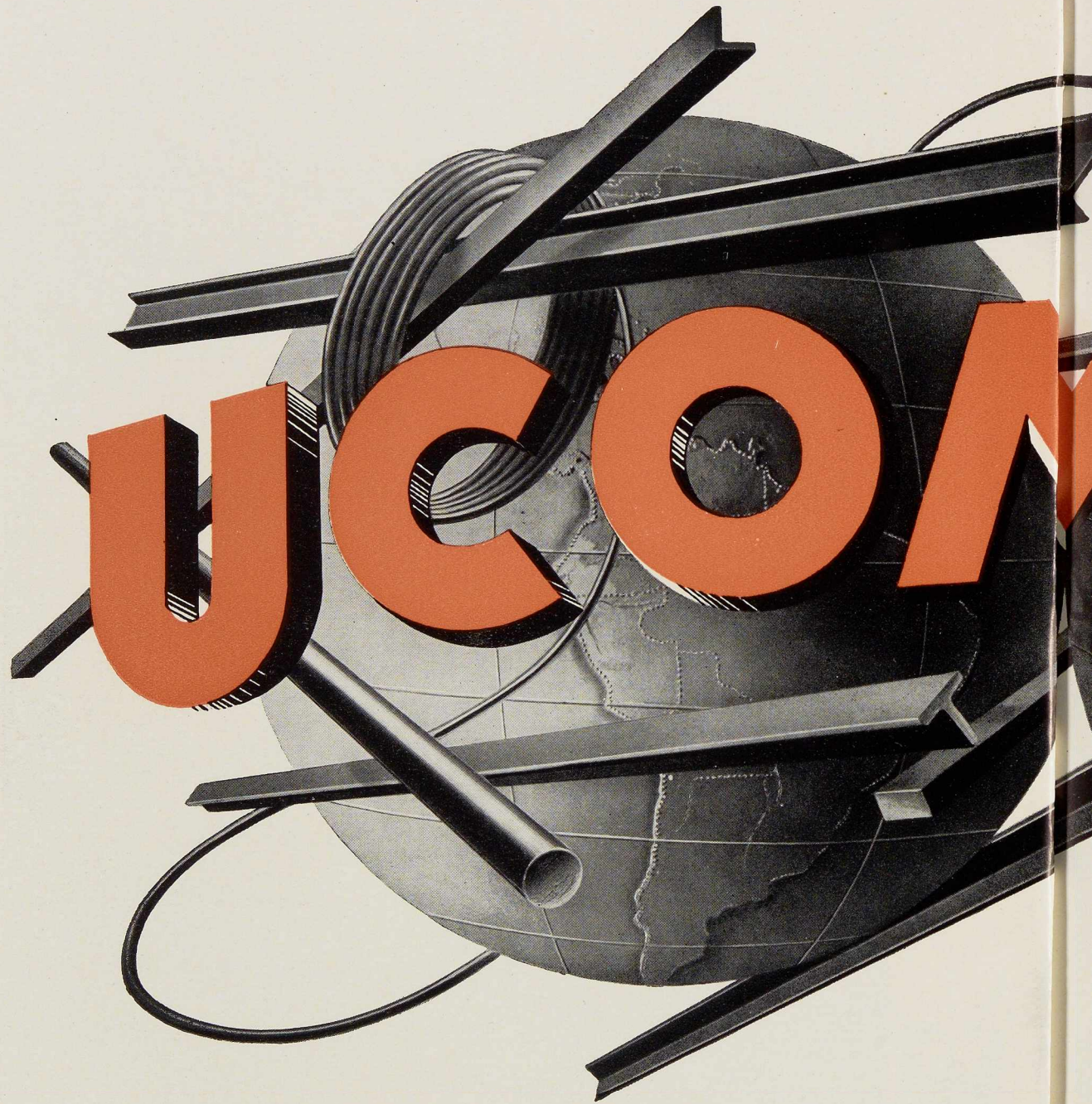


**A. E. M. B.**

13, Rue des Hirondelles BRUXELLES Tél. : 17.67.40

*EST* Editions SCIENCE & TECHNIQUE  
21, rue Newton, BRUXELLES

**TOUS PRODUITS M**

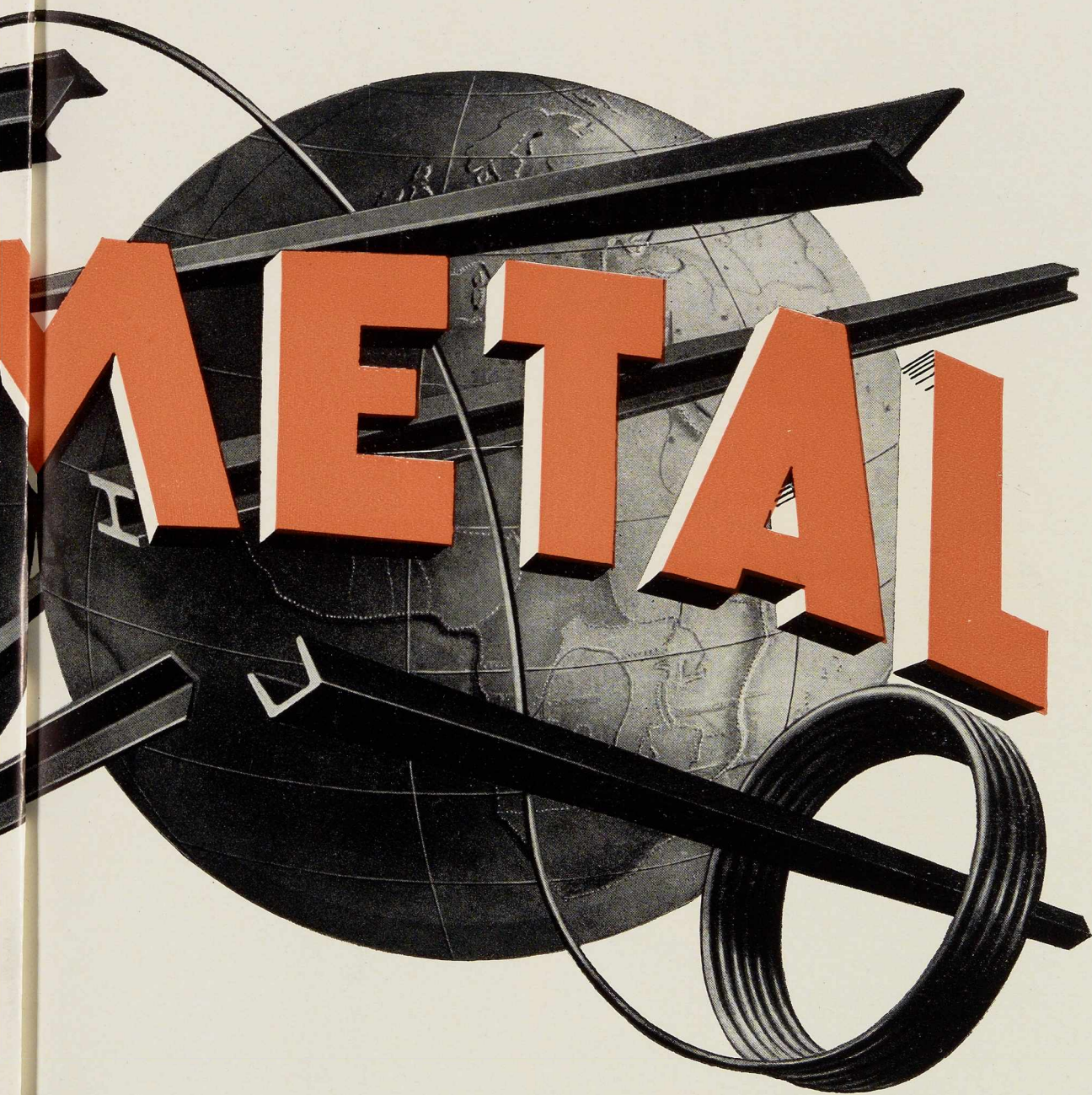


24 RUE  
BRUXELLES

**COCKERILL - PROVIDENCE**


C.G.P.I.

**MÉTALLURGIQUES**



ROYALE  
LLES

**CE - SAMBRE & MOSELLE**



CONSTRUCTIONS  
MÉTALLIQUES DE  
JEMEPPE-SUR-MEUSE

Société Anonyme

Anciennement « Ateliers Georges Dubois »

Registre du Commerce : Liège 4544

Téléphone : 33.78.80-33.78.89.

Adresse télégr.: Comeppe-Jemeppe-sur-Meuse

•  
PONTS  
CHARPENTES  
CHAUDRONNERIE

BUREAU D'ETUDES  
LISTE UNIQUE DE RÉFÉRENCES



# 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

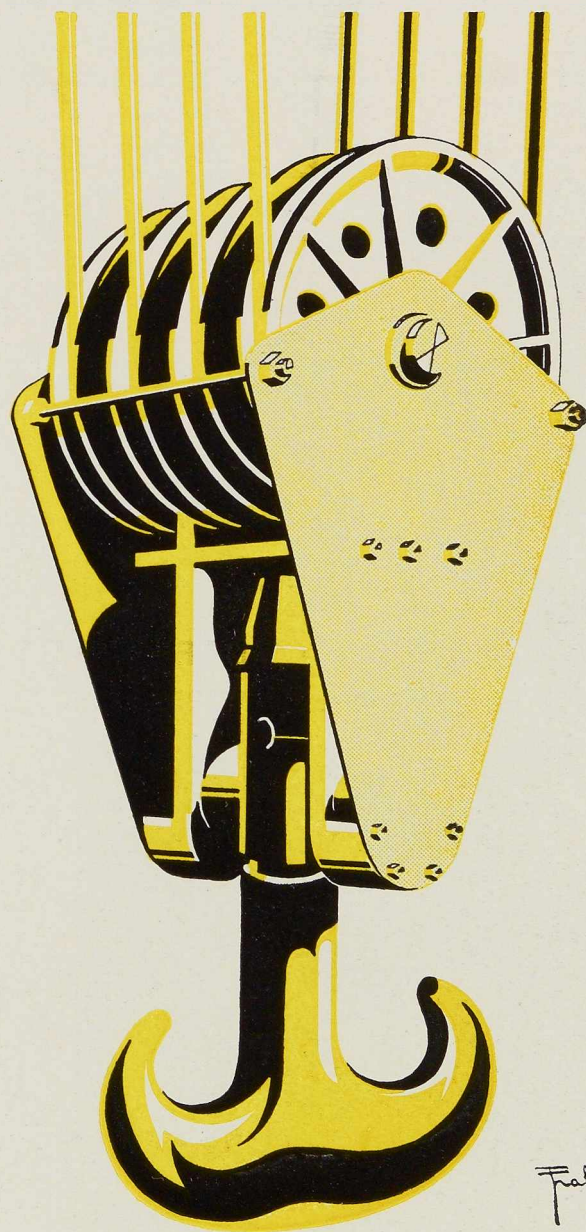
GRUES  
INDUSTRIELLES  
À CROCHET  
ET À GRAPPIN

GRUES  
DE FAÇADE  
POUR  
ENTREPRENEURS

CABESTANS

GRAPPINS  
AUTOMATIQUES

ETC.



APPAREILS DE LEVAGE ET DE TRACTION ÉLECTRIQUE

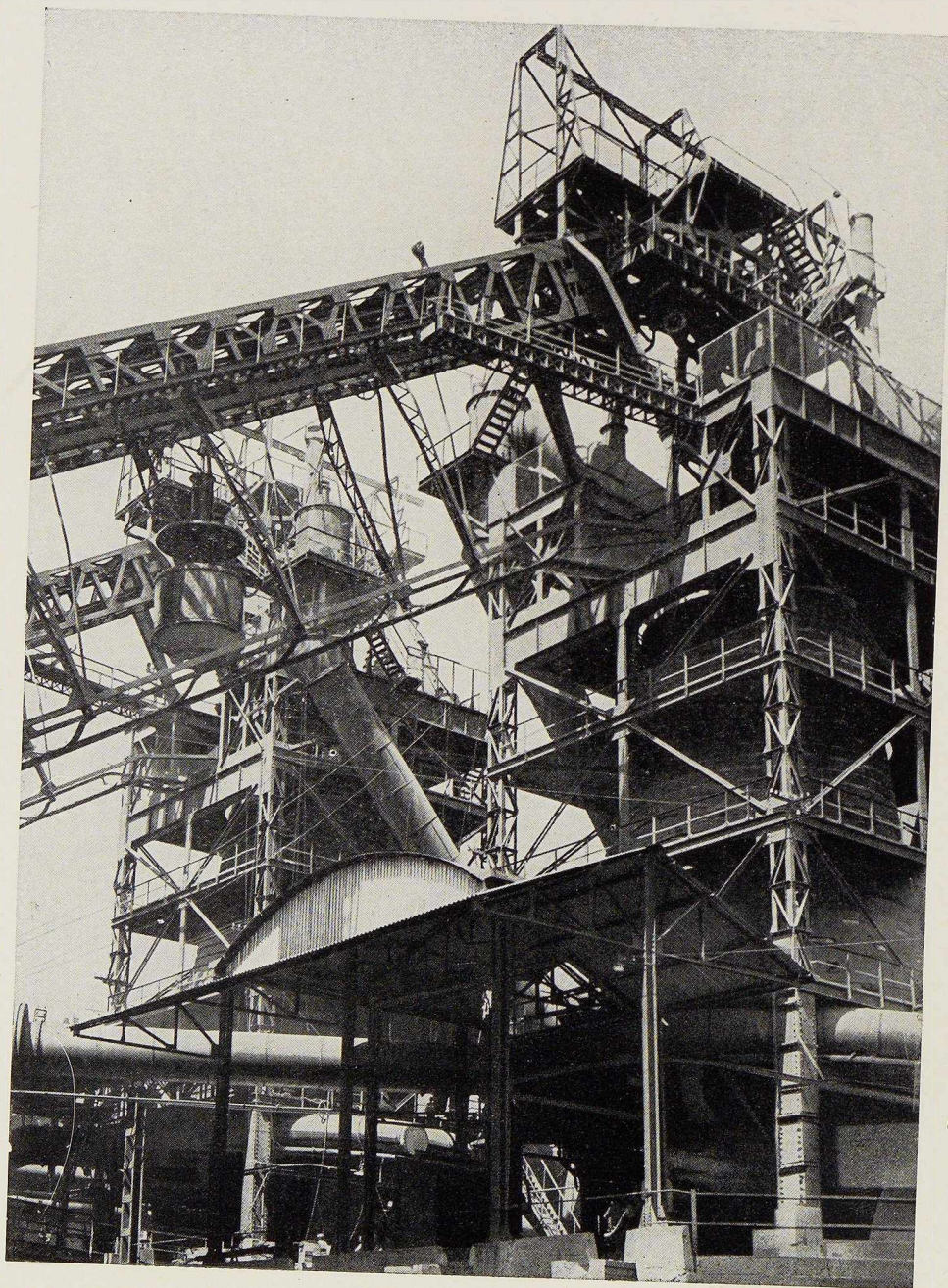
SOCIÉTÉ ANONYME

# USINES GUSTAVE BOËL

LA LOUVIÈRE (BELGIQUE)

TÉLÉPHONES : 231.21 - 231.22 - 231.23 - 231.24  
TÉLÉGRAMMES : BOËL, LA LOUVIÈRE

# BOËL



## Division LAMINOIRS

LARGES PLATS  
TÔLES LISSES, TÔLES STRIÉES,  
TÔLES À LARMES  
RONDS À BÉTON - FIL MACHINE  
RAILS - ÉCLISSES  
DEMI-PRODUITS

## Division FONDERIE D'ACIER

Moulage d'acier : Toutes pièces d'acier moulé brutes et parachevées pour matériel de chemin de fer et industries diverses. Spécialités de centres de roues et cuves à recuire pour feuillards, fils, tôles fines, etc. Essieux - Bandages - Trains montés - Pièces de forge.

## Division BOULONNERIE

Boulons - Crampons - Tirefonds et rivets.

## Produits D I V E R S

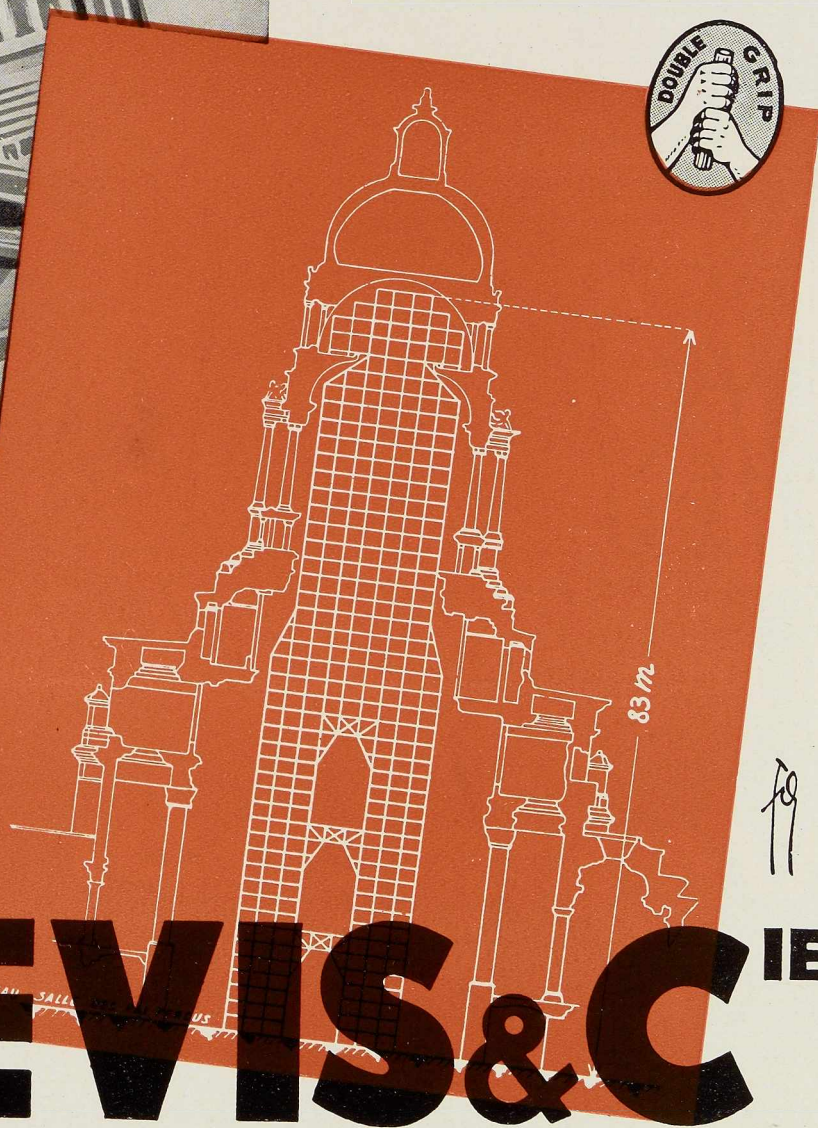
Cokes industriels et domestiques - Goudron  
- Sulfate d'ammoniaque - Huiles légères.  
Laitiers granulés et concassés - Scories  
Thomas.

---



## MATÉRIEL TUBULAIRE

pour Echafaudages  
Tours fixes et mobiles  
Soutiens de coffrage  
Monte-charges  
Casiers de stockage  
Hangars démontables  
Tribunes



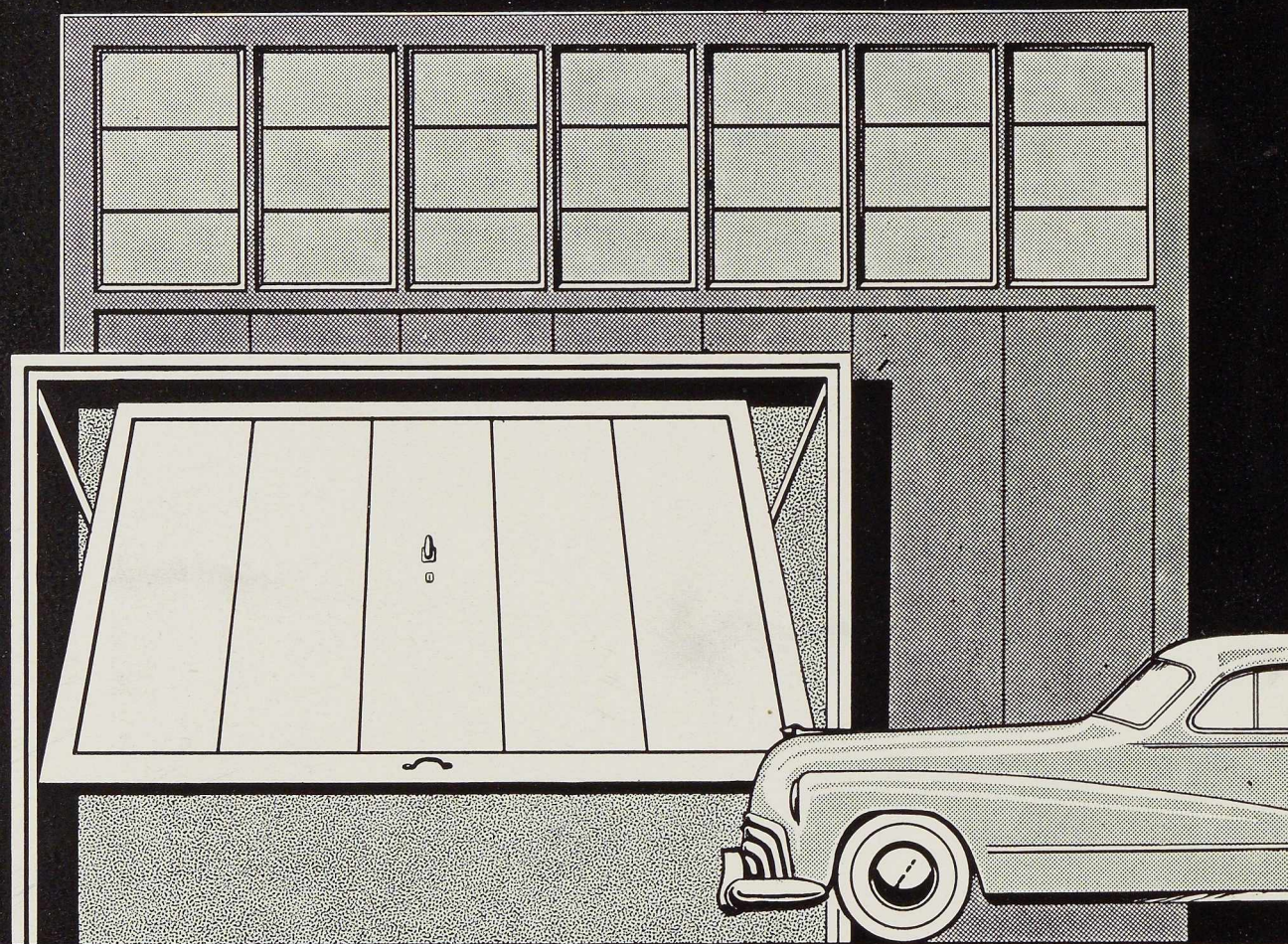
# A. DEVIS & C

19

DÉPARTEMENT : « ÉCHAFAUDAGES TUBULAIRES »  
158, RUE SAINT-DENIS, BRUXELLES • TÉLÉPHONES : 43.15.05 - 43.75.77

LES CRÉATIONS FRANCIS DELAMARE

# *Portes métalliques basculantes*

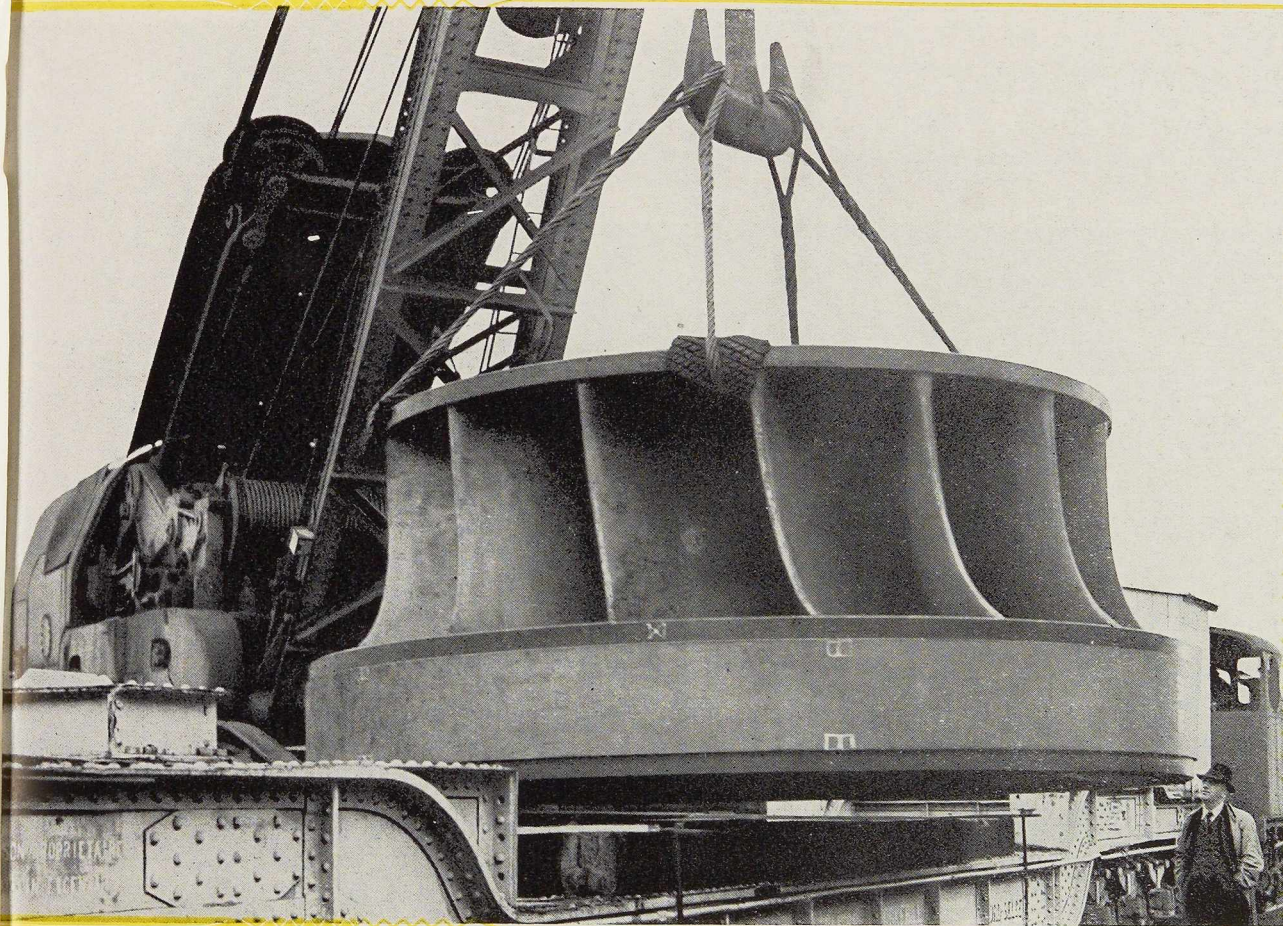


# VANDERPLANCK

FAYT - LEZ - MANAGE (BELGIQUE)

Licence DE VRIES ROBBÉ, à GORINCHEM, (Hollande) Brevet 464.708





Roue « Francis » pour turbine  
hydraulique —  $\varnothing$  3,900 mètres  
15 aubes — poids 55 tonnes.

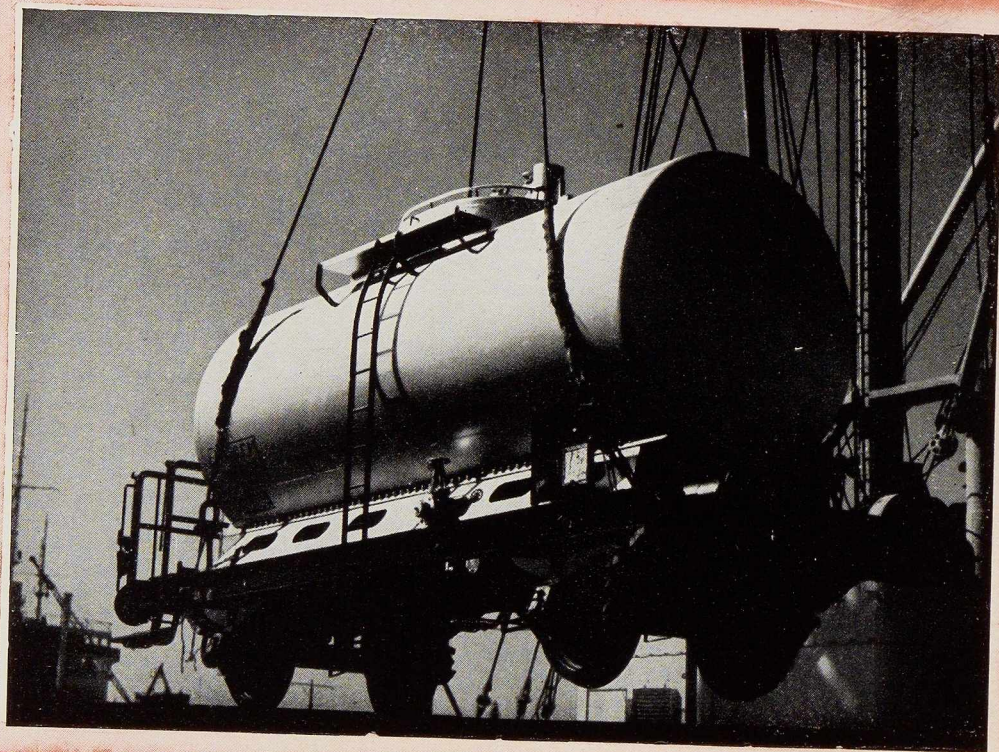
METALLURGIE · CONSTRUCTIONS  
MECANIQUES & METALLIQUES  
CONSTRUCTIONS NAVALES



S.A. JOHN *C*OCKERILL

SERAING · BELGIQUE

# NOBELS-PEELMAN



METAALWERKHUIZEN VOORHEEN (N. V.)  
Adr. Télég. : Ateliers St-Nicolas-Waes (Belgique)

**ST-NIKLAAS**  
BELGIQUE

ANC. ETABLISSEMENTS MÉTALLURGIQUES (S. A.)  
Téléphones : 13 et 235

PONTS • WAGONS • PYLONES  
KETELWERKEN • BRUGGEN  
KAP • BRIDGES • TANKS  
STEELWORKS • CHARPENTES



# L'OSSATURE MÉTALLIQUE

## REVUE MENSUELLE DES APPLICATIONS DE L'ACIER

16<sup>e</sup> ANNÉE - N° 2

FÉVRIER 1951

R. Desprets,  
Professeur à l'Université  
de Bruxelles,  
Ancien Ingénieur en Chef  
des Ouvrages d'Art  
de la Société Nationale  
des Chemins de Fer Belges

### Le pont du Val-Benoît sur la Meuse, à Liège <sup>(1)</sup>

#### Considérations sur les dispositifs adoptés pour ses reconstructions successives

#### Historique

La construction du premier pont du Val-Benoît a fait l'objet d'une notice importante dans le tome premier des *Annales des Travaux Publics de Belgique de 1843*, rédigée d'après les documents officiels donnés par M. Deridder, Ingénieur en Chef, chargé de la construction de ce pont. Nous en extrayons quelques indications :

« Le pont établi sur la Meuse, au Val-Benoît, fait partie de la ligne de l'Est des Chemins de fer, décrétée par les lois du 1<sup>er</sup> mai 1834 et du 26 mai 1837. Le projet de cet ouvrage important, exécuté et présenté en octobre 1838 par M. l'Ingénieur en Chef Simons, fut approuvé par M. le Ministre des Travaux Publics et mis en adjudication en février 1839. On mit la main à l'œuvre dans les premiers mois de cette année; le devis s'élevait à 1 155 000 francs. Le sieur Franck, entrepreneur de travaux publics à Liège, fut déclaré adjudicataire pour la somme de 1 019 000 francs. Toutefois, la dépense totale s'éleva à 1 470 874 francs. La réception définitive fut approuvée par M. le Ministre des Travaux Publics en date du 16 juillet 1842.

» Le pont établit la communication entre les rivages du Bac-en-Pot et du Val-Benoît; destiné au passage du chemin de fer et devant servir aussi au passage des voitures ordinaires et des piétons, moyennant un droit perçu de péage au profit de l'Etat, il a une largeur de 15 mètres entre les têtes.

» Il comprend cinq arches de 20 mètres d'ouverture en arc de cercle d'un rayon de 20,5 m; leurs naissances sont établies au niveau des plus hautes eaux. Les arches retombent sur quatre piles et deux culées. Les piles, d'équerre sur l'axe longitudinal, reposent sur une plate-forme massive composée de poutres jointives recroisées. Elles sont terminées par des avant-becs de forme semi-circulaire couronnés par un chaperon. Les grandes arches ont 1,02 m d'épaisseur à la clef.

» Les fondations sur pilotis ont été établies sans aucun épuisement. Les pilots sont en chêne d'un équarrissage de 30/30. Une plate-forme construite à terre et complètement calfatée était

(1) Exposé fait en séance d'études du 20 novembre 1950 du Centre d'Etudes, de Recherches et d'Essais scientifiques des constructions du Génie civil et d'Hydraulique fluviale de l'Université de Liège (CERES).



garnie d'un caisson de manière à former cuve. Celle-ci était lancée à l'eau en la laissant glisser transversalement le long d'un plan incliné. »

Dans son *Cours de construction des ponts*, publié en 1885, Croizette Desnoyers, Professeur à l'École Nationale des Ponts et Chaussées, mentionne honorablement le pont du Val-Benoît, « construit avec beaucoup de soin et en belles pierres de calcaire ». Il convient d'indiquer la mise en œuvre de petit granit de Sprimont, de première qualité, remarquablement conservé pendant une centaine d'années et dont certains éléments furent réutilisés avec retaille dans les nouveaux ouvrages.

\*  
\*\*

La partie du pont réservée à la route fut remise à l'Administration des Chemins de fer en 1926 pour servir à la pose de deux nouvelles voies entre les installations de la gare des Guillemins et le quadrilatère de la rive droite. Plus tard, en 1931, l'Administration des Ponts et Chaussées demanda la transformation de l'ouvrage dont les pertuis trop étroits, avec de nombreuses piles en rivière, constituaient un gros obstacle pour la navigation et l'écoulement des eaux de crues.

Pendant toute sa vie, le vieil ouvrage n'avait montré aucune faiblesse de ses maçonneries d'élévation. Ses fondations, dans le lit mobile du fleuve, s'étaient affouillées sous la plate-forme, créant des vides et pouvant à la longue compromettre la stabilité des piles, facilitant l'usure des pilots par le frottement des galets emportés par le courant. Il avait fallu porter remède à cette situation en remplissant les cavités avec des sacs de béton posés à la main et défendre l'infrastructure par une enceinte de pilots courts joints en béton armé, battus aussi régulièrement que possible à travers les enrochements et les gros graviers. Ce rempiètement suffisant pouvait prolonger longtemps encore la vie du pont. Toutefois, la S. N. C. B. se rendit sans objection aux raisons de l'Administration des Ponts et Chaussées, les dépenses de reconstruction devant, suivant la tradition administrative, être prévues au budget du Département des Travaux Publics. Divers schémas de reconstruction furent dressés avec des tabliers à poutres basses pleines et à treillis. Toutefois, ils ne furent pas retenus.

**Fig. 1.** Vue de l'ancien pont du Val-Benoît, sur la Meuse, comportant cinq arches en pierres de 20 m d'ouverture.

Une autre solution fut étudiée avec une ouverture centrale de 85 mètres, franchie par des arcs supérieurs en croissant sous-tendus. On décida finalement de faire une application importante de la poutre Vierendeel; en conséquence les charpentes furent prévues avec de grandes poutres de ce type de 85 mètres de portée pour la travée centrale et de 60 mètres pour les travées latérales.

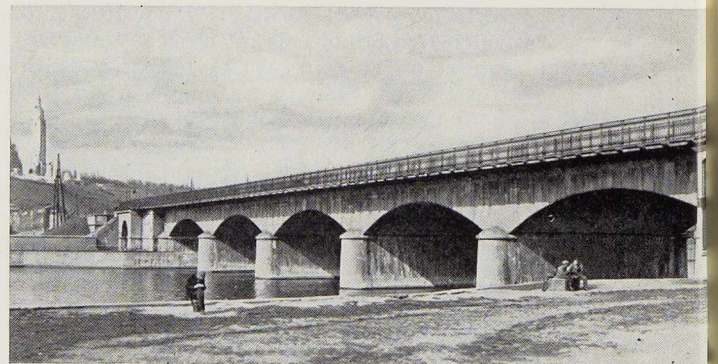
Comme le pont existant au même endroit, le nouvel ouvrage devait avoir quatre voies sur deux ponts séparés. Cette disposition exigeait la démolition, par moitiés, du pont en pierres, l'une d'elles restant en service pendant l'exécution de l'un des ponts nouveaux.

Cette solution suscita les craintes de l'Administration des Chemins de Fer que l'ouvrage en maçonnerie fut en trop mauvais état pour permettre sa démolition sans dislocation et assurer avec la sécurité nécessaire tout le trafic ferroviaire sur une demi-voûte.

On résolut donc de séparer complètement les deux nouveaux ouvrages, l'un étant construit en dehors, l'autre prenant la place du pont existant après sa démolition, cela pouvait avoir l'avantage subsidiaire d'éviter le risque éventuel d'une interruption complète de la ligne en cas de guerre.

L'une et l'autre de ces hypothèses étaient sans fondement. L'ouvrage fut complètement ruiné en septembre 1939 pendant un orage ayant mis à feu les mines préparées pour sa destruction.

Pour rétablir les communications par voie ferrée entre les deux rives de la Meuse, la S. N. C. B. mit rapidement en service la nouvelle ligne de Fexhe-le-Haut-Clocher à Kinkempois, à peine terminée et décida la construction d'un pont provisoire. Cet ouvrage fut constitué — pour voie unique — de piles en béton assises sur les anciennes fondations et de tabliers en poutrelles



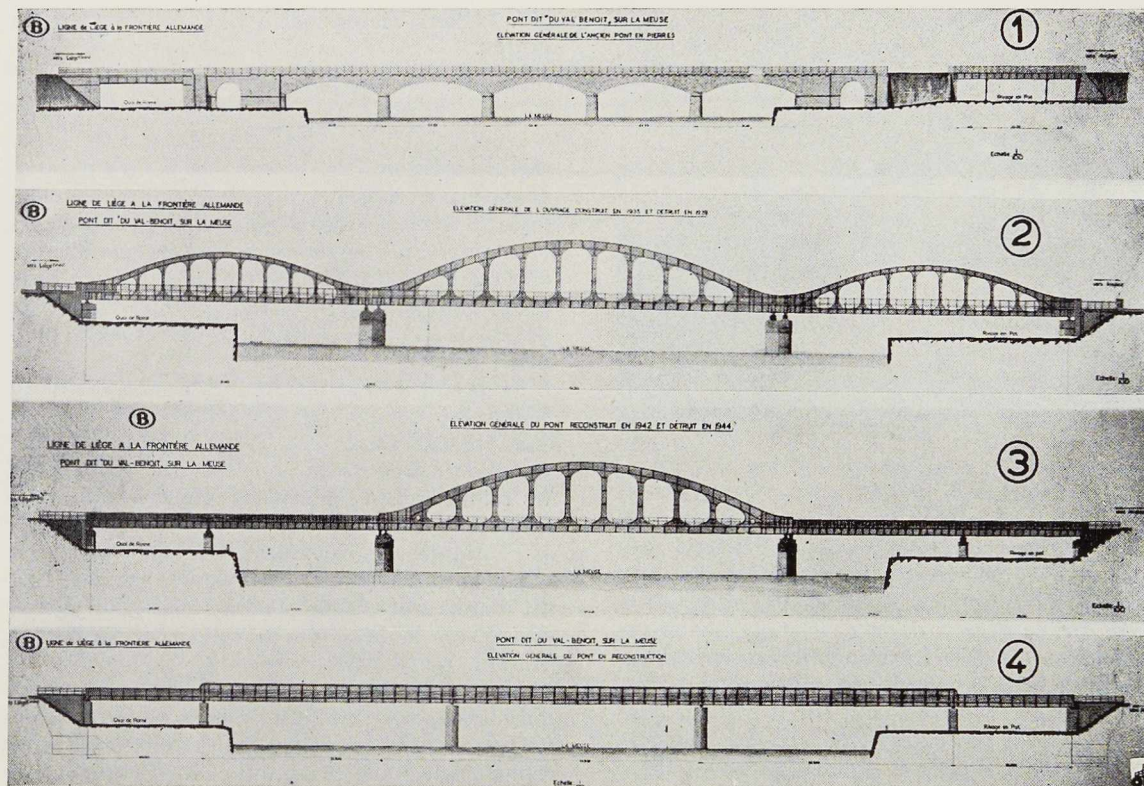


Fig. 2. Le pont du Val-Benoît sur la Meuse, à Liège, à travers les âges.

1. Ancien pont en pierre.

2. Pont construit en 1935 et détruit en 1939.

3. Pont reconstruit en 1942 et détruit en 1944.

4. Pont actuel en poutres à âme pleine.

DIN de 1 mètre de hauteur. Il n'était pas achevé en mai 1940 au moment de l'invasion des Allemands. Ceux-ci poursuivirent les travaux et le firent doubler l'année suivante par la S. N. C. B. qui reçut l'ordre de reconstruire l'un des ponts détruits.

A cette occasion, se posa une nouvelle fois, la question du choix du type d'ouvrage. Les poutres Vierendeel du premier projet avaient montré un enchevêtrement de charpentes, formant un écran déplaisant dans le paysage de la Meuse, masquant presque complètement la perspective de la boucle du fleuve.

Une esquisse de tablier à poutres droites assez basses, avec travées de 40 mètres d'ouverture, fut proposée. Toutefois, on décida encore, pour faire suite à l'ancien projet, de maintenir la grande travée centrale de 85 mètres. Il fut admis cependant de substituer aux tabliers latéraux de 60 mètres des dispositifs à deux travées avec des poutres continues.

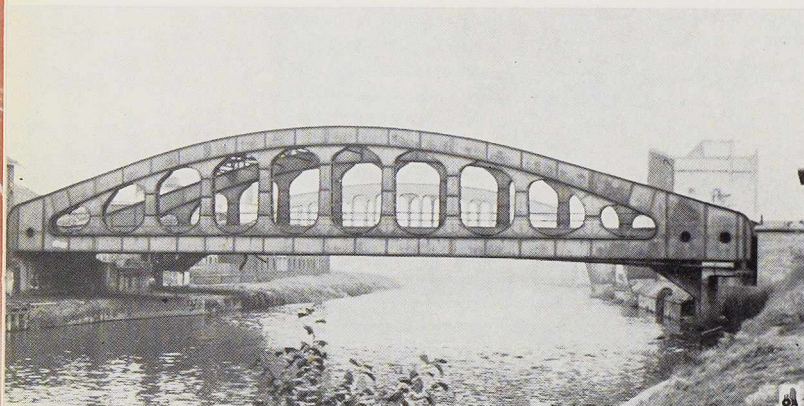
Le nouvel ouvrage subit les violents bombardements de 1944 et fut endommagé au point de ne plus pouvoir supporter le trafic ferroviaire sans grandes réparations.

L'Armée américaine put encore l'aménager partiellement, en pont-route; en 1945, le rétablissement d'un pont définitif fut de nouveau une préoccupation instantane de la Direction des Chemins de Fer.

Cette fois, on put adopter finalement une solution qui satisfait à la fois les exigences techniques, ainsi que le respect du site où se développe le fleuve.

Cette considération qui écartait, à priori, tous dispositifs de poutres évidées en garde-corps, était d'autant plus impérieuse que le nombre de voies étant porté à six, on eût ainsi une collection d'éléments se recoupant, s'entrecroisant, formant un écran au paysage, presque complet, en toute position de l'observateur.

On en revint donc naturellement à une esquisse



**Fig. 3.** Pont Vierendeel à Chênée, de 60 m de portée.

avec poutres basses à âme pleine. L'Administration des Ponts et Chaussées fut d'accord pour réduire à 50 mètres la largeur des travées; les niveaux du rail et des voiries basses latérales, ainsi que le gabarit de la navigation étant fixés, le schéma des poutres s'enferma graduellement dans des limites déterminées. Il convenait aussi que dans les trains circulant sur le pont, la perspective ne fut pas entravée. L'ouvrage était donc complètement fixé en appuis, niveaux, lignes inférieures par les conditions hydrauliques de navigation et de voirie, en lignes supérieures par des conditions d'esthétique et de confort.

Le tirant d'air sous le pont est uniformément de 8,80 m, assurant le maximum de rendement pour la navigation future sur le fleuve. Ce projet fut soumis à l'avis de la Commission des Monuments et des Sites qui lui donna appui complet. Il fut ensuite communiqué à la Direction de l'Urbanisme qui ne fit pas d'objection.

#### **Charpentes métalliques de la travée centrale avec poutres Vierendeel**

Le dispositif de ces charpentes est semblable à celui des ponts d'Herentals et de Malines<sup>(1)</sup>, étudiés à la même époque.

La portée des grandes poutres de 85 mètres (Val-Benoît) et 90 mètres (Malines, Herentals), supérieure à celle du pont de Chênée (60 m), étudiée par Vierendeel, ne fut dépassée qu'au pont de Gellik (112 m), établi aussi suivant des

règles analogues. En schéma, la poutre de onze panneaux à caisson, comprend un arc parabolique de surbaissement, un tirant continu et des montants. En comparaison au pont de Chênée, où la poutre à caisson semble constituée de deux poutres simples accolées (fig. 10), on s'est efforcé de composer des éléments d'individualité complète.

En profil, les membrures supérieures du tirant sont complètement rejetées à l'extérieur du caisson laissant libre tout l'espace intérieur pour assembler, sans discontinuation, les montants et les raidisseurs. A Chênée, les semelles sont symétriques, fendues sur l'âme. Ce dispositif rompt la continuité des éléments verticaux.

Les entretoisements diaphragmes ont fait l'objet d'études de détails approfondies, pour assurer sans excès la plus grande solidarité possible en section transversale.

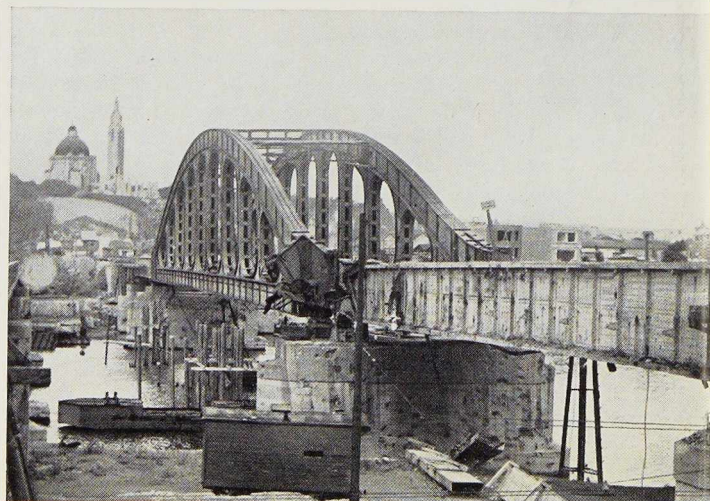
Les culasses d'extrémité ont exigé un examen minutieux, par suite des grandes dimensions des tôles à mettre en œuvre. Elles sont alvéolaires, comportant une plate-forme intérieure à mi-hauteur, des raidisseurs verticaux et des trous d'hommes permettant l'accès de toutes les chambres.

Dans les premières applications de cette famille de poutres, les coutures horizontales des culasses étaient fermées au montage en dernier lieu. On comprit finalement qu'il était plus simple de claver l'arc.

Le tirant se confond à l'arc dans la culasse, celle-ci étant traitée en poutre pleine.

Le contreventement supérieur, rappelant un schéma Vierendeel, est réduit à des entretoises légères avec des contrefiches d'angles, butant les semelles.

<sup>(1)</sup> Voir *L'Ossature Métallique*, n° 12-1948.



**Fig. 4.** Vue du pont du Val-Benoît après sa destruction en 1944.

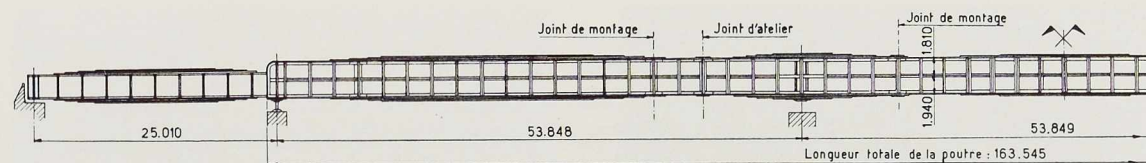


Fig. 5. Demi-élévation du nouveau pont du Val-Benoît sur la Meuse, à Liège.

Comme il fut montré dans une note antérieure (1), la grande stabilité de l'arc au flambage latéral eût permis de renoncer au contreventement; pourtant l'économie de tonnage aurait été négligeable.

Le tablier composé de longrines sous rails et de pièces de pont fut établi suivant des règles que nous rappelons ci-après.

L'examen des charpentes, fait après la catastrophe de 1939, a montré l'efficacité des dispositifs assurant la liaison et la solidarité de tous les éléments. Les poutres principales restèrent quasiment dans leurs plans, sans gauchissement d'ensemble ni torsion des sections transversales. Des plissements isolés d'éléments minces furent seuls constatés, dus à des chocs locaux, ou à la violence des explosions.

#### Charpentes du pont actuel. — Travées centrales

Les trois travées centrales de 50 mètres d'ouverture entre appuis sont composées de deux poutres principales pleines, continues, supportant un tablier de pièces de pont et longrines sous deux voies ferrées. Les liaisons de ces éléments sont établies suivant la règle de plus grande indéformabilité, en section transversale.

Le tablier est profond, le dessus étant à peu près à mi-hauteur des poutres principales. L'ensemble est assimilable à une auge de fond et de parois épaisses.

Les longrines soumises directement aux actions des charges, subissent les effets des inégalités de la voie, des mauvais points, des méplats des roues, de tous les chocs possibles de la circulation. Elles doivent être largement calibrées, d'une raideur suffisante, avec des assemblages encastés dans les pièces de pont. Les éléments essentiels de ces derniers sont les chaises d'appui et les goussets supérieurs, l'ensemble formant des béquilles

entreloisant fortement le tablier et raidissant les pièces de pont. Il faut se garder surtout des assemblages réduits à des cornières entre les âmes, dont toute la stabilité dépend du cisaillement des rivets. La règle, en cette matière, devrait toujours être l'appui des éléments plutôt que des liaisons cisailées. Il faut aussi, en général, préférer les profils laminés, mieux liés et plus durables, quoique plus lourds.

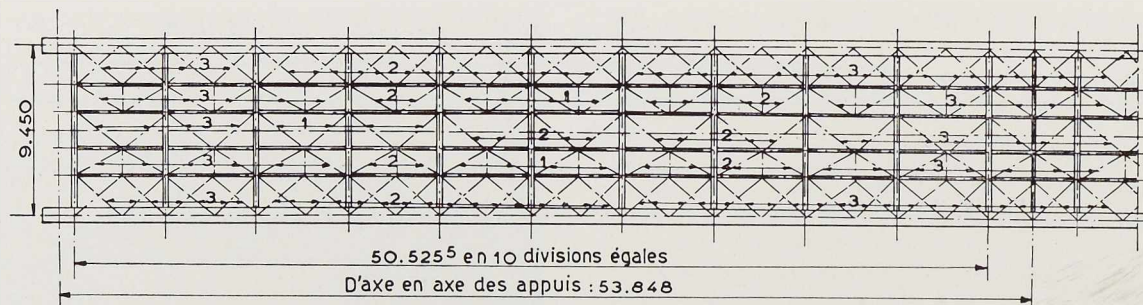
Toutefois, dans le cas actuel, la recherche d'économie de tonnage a conduit à l'adoption d'un profil composé d'une âme de  $700 \times 10$  mm, des cornières de  $\frac{90 \times 90}{10}$  et une semelle de  $200 \times 10$  mm.

Les pièces de pont de 9,45 m de longueur ont une âme de 1,75 m de hauteur et de 10 mm d'épaisseur, des cornières de 150 mm et des semelles de  $320 \times 15$  mm. Elles sont reliées aux poutres principales par de grands goussets formant, avec les raidisseurs, des portiques renversés, éléments essentiels de la stabilité transversale du pont.

Les poutres principales ont, dans leur ensemble, une âme de 3,75 m de hauteur, une épaisseur de 18 mm, portée à 25 mm dans les panneaux sur piles, des cornières de  $180 \times 180 \times 18$  avec des joues de  $360 \times 18$ , assurant une meilleure liaison des membrures à l'âme. Des semelles de  $850 \times 18$  composent une membrure de trois plats renforcée de deux semelles de 25 mm dans les zones sur piles. De larges raidisseurs complètent les portiques et soutiennent aussi les bords des membrures renforcés par des cornières supérieures et des plats correspondants inférieurs. Des raidisseurs complémentaires plus réduits, en cornières simples, sont ajoutés au milieu des panneaux, ils s'épanouissent sous les membrures; leur extrémité basse est fixée aux nœuds du contreventement inférieur.

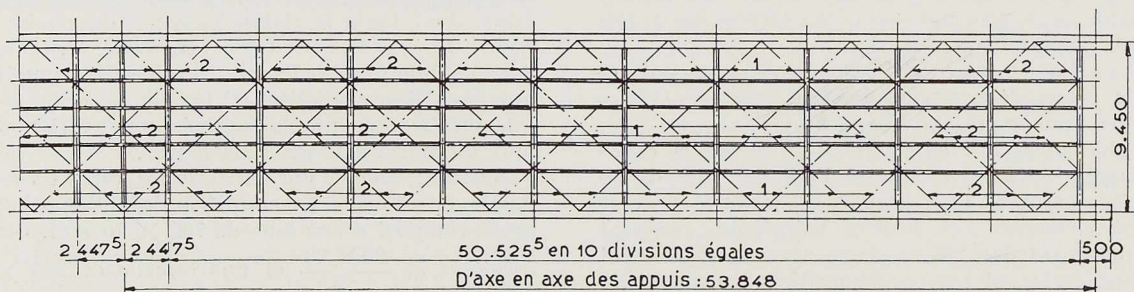
Il a été nécessaire de prévoir un joint longitudinal d'âme à mi-hauteur environ de la poutre; renforcé par une ceinture en cornières, il complète le système général de raidissement. Le

(1) *Annales des Ponts et Chaussées de France*, octobre 1935.



**Fig. 6.** Schéma du contreventement supérieur.

1 - L 120 × 120 × 10; 2 - L 120 × 120 × 12; 3 - L 150 × 150 × 12.



**Fig. 7.** Schéma du contreventement inférieur.

1 - L 100 × 100 × 12; 2 - L 120 × 120 × 12.

tablier est à claire-voie au-dessus du fleuve avec un platelage en tôles striées.

Les contreventements horizontaux sont dans le plan supérieur et dans le plan inférieur du tablier.

Le contreventement supérieur comprend cinq fermes horizontales accolées, deux d'entre elles, entre les longrines des deux voiles, une ferme centrale dans l'entrevoie, deux fermes latérales réunissant les longrines extérieures et les poutres principales.

Le quadrillage cellulaire des longrines et des pièces de pont fortement lié par des goussets, complété par les treillis, forme un ensemble horizontal particulièrement indéformable.

Eu égard à la hauteur du tablier, il était nécessaire de contenir l'expansion transversale possible des membrures inférieures entre les pièces de pont. A cette fin, elles sont réunies par un contreventement constitué aussi d'un treillis à petites mailles.

L'utilisation systématique d'éléments courts, dans les contreventements, est justifié par leur fonction même, exigeant des éléments raides, peu flexibles. On peut remarquer que la plupart

des contreventements à longs éléments prennent des flèches excessives et sont d'une efficacité quasi nulle.

Il n'est pas inutile de souligner qu'en cette matière les calculs ne donnent que des indications, l'essentiel étant l'entretoisement rigide de la construction.

#### Appareils d'appui

Dans le dispositif des appuis, on s'est efforcé de réduire au minimum les longueurs de dilatation libre en même temps que d'élever la sensibilité et la réversibilité des appareils.

Les appuis fixes sont placés sur une des piles en rivière, les trois autres appuis étant mobiles. Ces derniers sont constitués d'un ou deux segments de grand diamètre, surmontés d'un sabot fixe sous la poutre. L'ensemble est relié avec des bielles verticales et horizontales assurant, par une déformabilité en parallélogramme, la solidarité obligée de tous les éléments reliés et la réversibilité des mouvements.

Ce dispositif est né de l'observation des défauts presque séculaires des anciens appareils, disjoints,





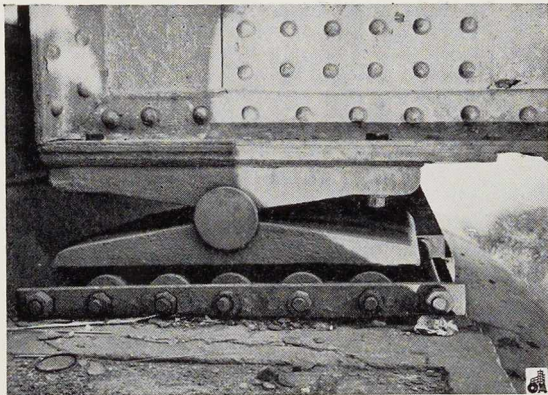


Fig. 8. Vieux type d'appareil mobile.

calés par la rouille, avec des rouleaux écrasés devenus, à l'usage, inefficaces et dangereux. Au surplus, un appareil qui a perdu sa mobilité, disloque les maçonneries et peut causer de graves incidents.

Le sabot inférieur, ancré dans un sommier en béton armé, est assis sur un scellement de mortier de ciment placé au moyen de goulottes moulées, assurant, aussi bien que possible, la continuité nécessaire de l'appui. L'appareil fixe est constitué simplement de deux sabots superposés à surfaces de contact, cintrée au-dessous et plane au-dessus, le sabot supérieur bordé d'une saillie s'appliquant en chape sur le sabot inférieur et lui transmettant ainsi toutes les réactions horizontales au sommier.

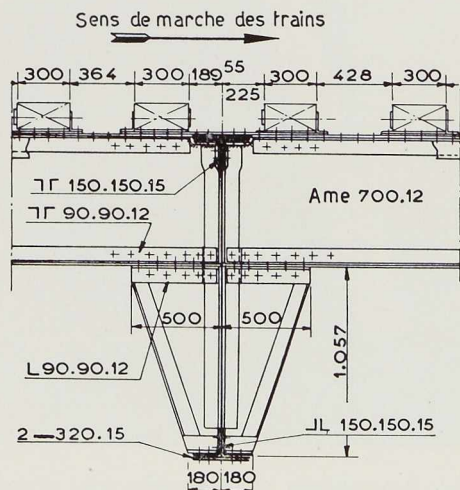


Fig. 9. Fragment de coupe longitudinale.

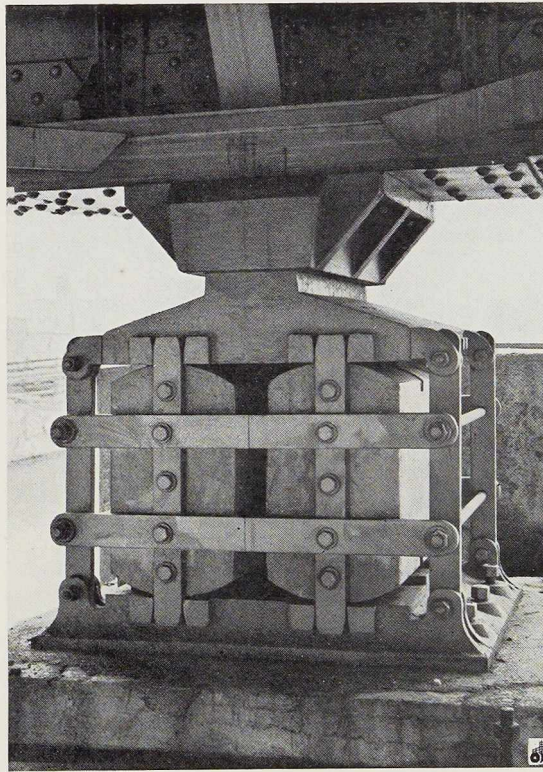


Fig. 10. Appareil d'appui mobile du pont actuel.

On a substitué le mortier de ciment à la plaque de plomb habituelle. Avec ses qualités, le plomb a le grave défaut d'être trop plastique et de s'écouler à l'extérieur, rendant vain le calage initial et illusoire l'uniformité des pressions sur la maçonnerie. Les résultats observables dans les vieux ponts sont, outre le décalage du sabot, le déchaussement et la fissuration des sommiers en pierres, la désagrégation des maçonneries sous-jacentes entraînant des dangers de circulation et des travaux difficiles et coûteux de remise en état. Ces incidents fréquents, dus sans doute à l'augmentation des charges de vitesses, ont conduit à l'adoption systématique de sommiers en béton armé.

#### Aciers

Eu égard, dans la période d'après guerre, aux difficultés de fourniture des aciers de construction, on dut s'en tenir, pour les charpentes, à la mise en œuvre d'acier doux ordinaire.

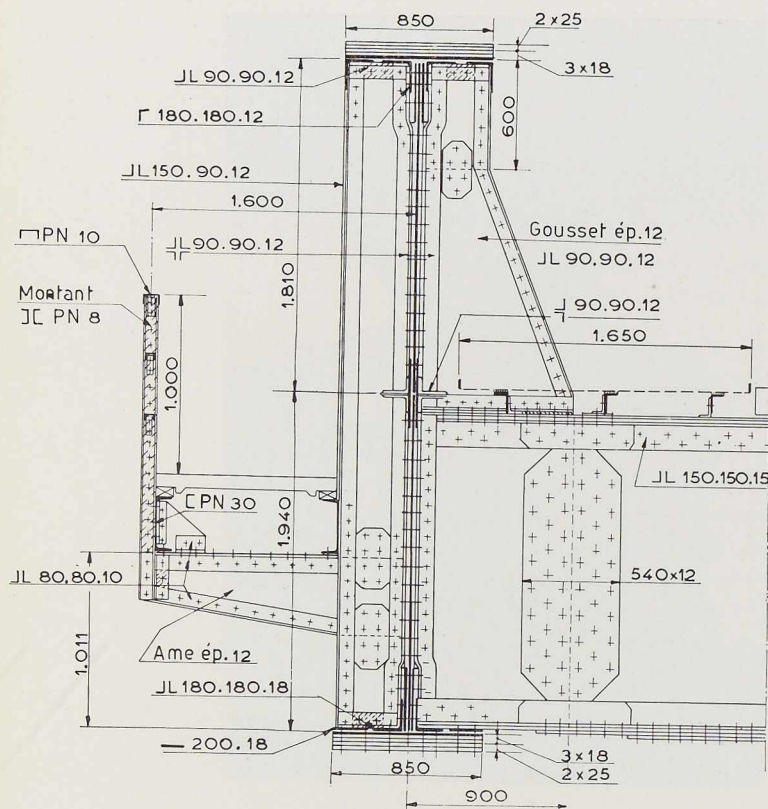


Fig. 11. Fragment de coupe transversale.

L'action isolée de lacet pour un train est assimilée à une poussée latérale de 6 tonnes.

L'intensité du vent a été maintenue aux valeurs habituelles de  $150 \text{ kg/m}^2$  et de  $250 \text{ kg/m}^2$  de surface frappée normalement.

La limite de  $14 \text{ kg/mm}^2$  est dépassée dans les poutres principales mais non absorbée dans les éléments du tablier.

L'énoncé des différents éléments de contrainte appelle certaines remarques. Il convient notamment de distinguer dans les actions longitudinales, l'adhérence des essieux moteurs nécessairement liée à la circulation et les comprendre dans les actions principales.

De même, on calcule parfois la force centrifuge sur la charge d'essieux majorée d'impact, il faut remarquer que ces facteurs correspondent à

Suivant les règles habituelles, un pareil métal permet des contraintes principales permanentes atteignant  $14 \text{ kg/mm}^2$  et des contraintes totales de  $16 \text{ kg/mm}^2$ .

Les premières comprennent les influences du poids mort, des charges de circulation avec leur majoration dynamique (impact) de la force centrifuge, des variations de température; on y ajoute les influences du vent et des actions horizontales des véhicules pour obtenir les contraintes totales.

#### Bases et résultats des calculs

Le train de charges est composé de deux locomotives avec leur tender comprenant chacune neuf essieux de 25 tonnes, suivies d'un train de wagons à quatre essieux de 20 tonnes. Les deux voies peuvent être chargées simultanément dans les conditions les plus défavorables.

Les actions longitudinales sont supposées de freinage sur une voie et d'adhérence sur l'autre voie, le coefficient de frottement étant  $1/7$ .

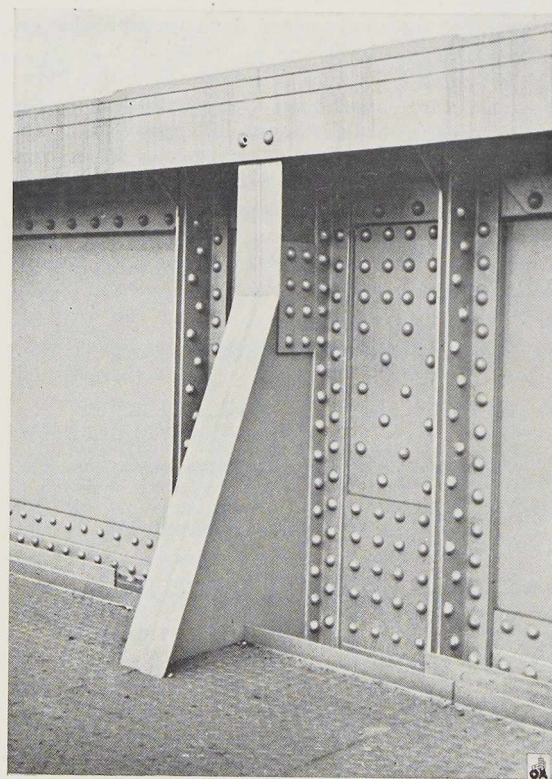


Fig. 12. Assemblage de pièce de pont. Poutre principale.



Fig. 13. Tablier du pont actuel.

des accélérations suivant des directions normales et s'appliquent toutes deux à la masse de la charge.

#### Particularités de calculs

Dans l'ensemble, les éléments d'un pareil ouvrage peuvent être calculés par les procédés courants. Il reste cependant des données qui ne sont pas complètement au point.

#### Raidisseurs et voilement des âmes

Il en est ainsi pour la détermination des âmes et des raidisseurs. Les recherches sur le flambage des plaques minces introduites par le mathématicien anglais Bryan, et poursuivies par des auteurs plus récents, ne peuvent être décisives qu'autant que soient fixées les conditions aux limites; ces dernières dépendent des déformations, ce qui complique les problèmes et ne laisse espérer que des solutions approximatives. Dans certains cas, le constructeur est réduit à son expérience.

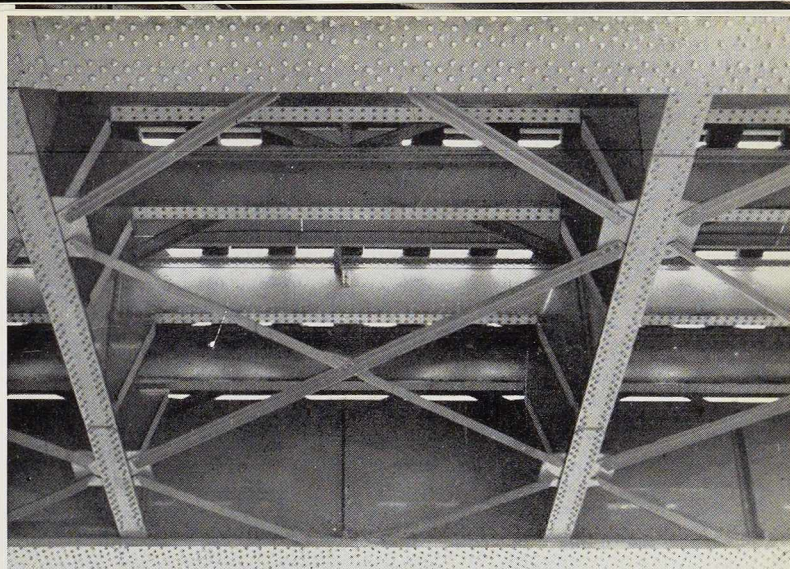
#### Impact

Comme d'usage depuis la guerre de 1914-1918, à l'exemple de la pratique américaine, les charges roulantes sont majorées d'une fraction représentant les influences dynamiques. On y enferme souvent, outre l'effet des diverses oscillations, celui de toutes les irrégularités de la circulation, des joints des rails, des méplats des roues et parfois des mouvements propres des véhicules.

Il faut considérer d'abord que le véhicule sur ressorts et le pont sont des solides déformables réagissant l'un sur l'autre. La simple circulation des charges en vitesse crée des forces centrifuges de déformation; d'autre part, leur succession régulière peut engendrer en synchronisme, avec les vibrations de la poutre, une amplification des déformations.

La locomotive à vapeur ordinaire a des pièces en mouvement alternatif horizontal avec des forces d'inertie que l'on neutralise partiellement par des contrepoids attachés à la jante des roues accouplées. Le contrepoids produit, en même temps qu'une composante horizontale efficace, une composante verticale qui modifie périodiquement la charge de roue. Dans certains types

Fig. 14. Contreventement supérieur du pont actuel.



anciens de locomotives, les masses tournantes elles-mêmes n'étaient pas équilibrées; il en résultait des surcharges importantes produisant un véritable pilonnage périodique « Hammerblow ».

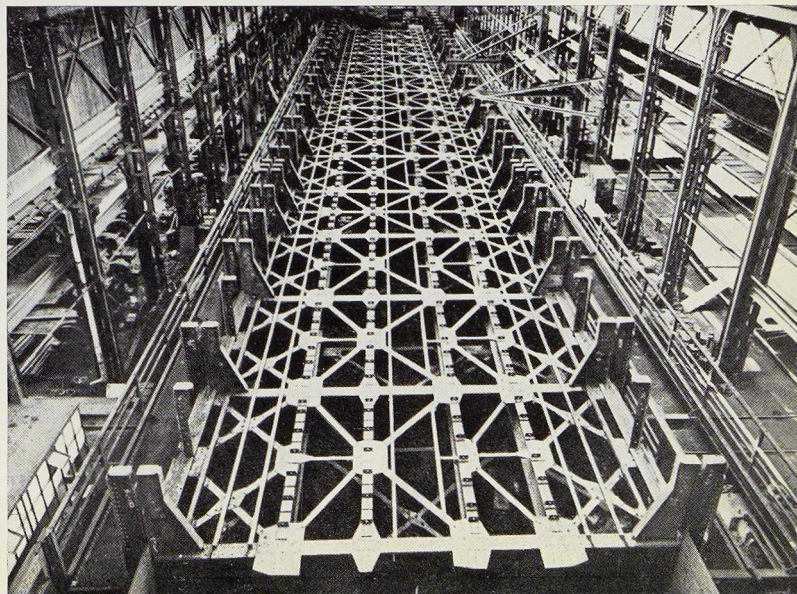
On comprend que dans certains cas de synchronisme de la vibration du pont et de rotation de la roue, les effets cumulés puissent être importants et conduire à des contraintes dangereuses.

L'effet de la force centrifuge de déformation, étudié d'abord par le mathématicien anglais Stokes, est peu important. Il peut être corrigé suffisamment en cambrant le profil de la voie.

Les autres effets sont liés essentiellement à la période d'oscillation du pont chargé, dépendant elle-même de la situation des essieux variables dans le temps.

Au surplus, l'équilibrage des moteurs est de plus en plus soigné; on conçoit, tout bien compté, que les mesures directes sur les ouvrages indiquent parfois des résultats numériques moyens assez faibles, hors de proportion avec les données réglementaires.

Il faut aussi remarquer que les études théoriques ont été faites avec l'hypothèse tout à fait



conventionnelle d'un essieu concentré unique patinant au milieu de la portée <sup>(1)</sup>.

On a pu montrer, dans une étude antérieure, que si l'on considère un groupement réel de trois essieux moteurs (type Pacific) sur un pont d'assez grande portée, la somme vectorielle des effets tend à s'annuler.

En fait, l'action successive des essieux est non seulement décalée dans le temps, mais l'ensemble est lié par les ressorts de suspension du corps rigide, système de repère commun pour les déformations des différents supports; le problème est donc complexe. Il est fort probable que les coefficients que l'on applique sont trop élevés; on en trouve un indice dans les réductions admises par certains règlements récents.

On conçoit, d'autre part, que ces effets étant difficiles à évaluer pour une poutre sur deux appuis, la solution mathématique en soit beaucoup plus compliquée encore dans les systèmes hyperstatiques.

S'il est possible de calculer des vitesses critiques de circulation, le problème de l'influence des charges mobiles — périodiques — reste difficile à résoudre.

Ces préoccupations ne sont pas nouvelles; vers 1850, dans la première période de construction des ponts en fer, le gouvernement de la reine Victoria avait déjà constitué une commission pour l'étude de ces questions. Ce fut l'occasion du mémoire de Stokes sur l'influence des forces centrifuges. Au début du siècle, l'augmentation des charges d'essieux et des vitesses, le mauvais équilibre des forces d'inertie, ramenèrent ces préoccupations dans les pays anglo-saxons. Ce fut le temps de la formule américaine de Pencoyd, plus tard des formules françaises et allemandes et des études importantes du « *Bridge Stress Committee* » anglais. Dans tous les règlements d'après 1918, on trouve des coefficients différents ayant la portée de l'élément en dénominateur.

Pour le pont de Val-Benoît, les majorations des surcharges restent élevées; leurs valeurs sont de 1,49 pour les longrines, de 1,48 pour les pièces de pont et de 1,33 pour les poutres principales.

Les chiffres d'impact, assez conventionnels, n'ont de signification pratique que par leur influence sur les limites des tensions admissibles. Ces dernières, qui étaient anciennement de 9 à 12 kg/mm<sup>2</sup>, sont passées à 14 et 16 kg/mm<sup>2</sup>; on pourrait presque conclure que le coefficient de sécurité n'a pas changé, cette augmen-

tation des charges étant compensée par une élévation correspondante des tensions.

Dans ce domaine, l'expérience directe seule décidera. Encore faut-il, pour qu'elle soit fructueuse, que, suivant la méthode cartésienne, les différents facteurs puissent être isolés et étudiés séparément. Il ne faut pourtant pas se dissimuler qu'une charpente de pont, si élémentaire soit-elle, reste très compliquée du simple point de vue statique, dans toutes ses réactions gauches de flexion et de torsion.

Il convient donc de ne pas être trop dogmatique dans les conclusions.

### Montage

Le dispositif de montage tout indiqué était la mise en place des deux travées latérales avec des becs pouvant recevoir la partie centrale, entre les zones de ses points d'inflexion.

Ce fut le procédé adopté d'abord pour les poutres principales, comprenant la liaison préalable, dans un atelier de rive, des tronçons séparés, amenés à l'usine.

Des modifications furent apportées en cours d'exécution, le service de la Meuse ayant autorisé le placement de palées provisoires de montage dans les parties non navigables du fleuve.

### Piles

Les piles en Meuse sont composées d'un noyau en béton avec armatures, entouré d'une gaine en pierre appareillée. Elles ont 2,75 m de largeur, minimum nécessaire pour asseoir les appareils sur le noyau et assurer une stabilité suffisante sous les réactions tant horizontales que verticales.

En élévation, outre le sommier supérieur d'appui en béton armé, elles comprennent deux plates-formes intermédiaires assurant, avec les barres verticales de périphérie, la liaison complète du noyau et de sa fondation.

Les destructions de la guerre ont montré que les tronçons successifs de hautes piles en béton se détachent suivant les points de reprises comme les tambours d'une colonne ou, presque, comme les pages d'un livre; il faut donc les relier, dans les ouvrages destinés à une longue vie.

Les fondations, dans cette partie de la Meuse, devaient tout naturellement atteindre le rocher de fond à travers la couche de gravier.

Les piles sont revêtues d'une maçonnerie de moellons appareillés en petit granit, en partie pour l'aspect, et aussi, suivant une expérience ancienne, pour protéger le cœur en béton de

<sup>(1)</sup> *Annales des Ponts et Chaussées de France*, novembre-décembre 1932.



toute désagrégation sous l'action des graviers charriés par les eaux.

Pour réduire au minimum les perturbations d'écoulement des eaux les becs des piles sont, tant en amont qu'en aval, tracés en ogives. Ils s'élèvent verticalement sans fruit et sans chapeçons de couronnement.

L'exécution de tous ces travaux se fit au moyen de batardeaux en palplanches métalliques dont on peut rappeler, parmi les premières applications en Meuse, la reconstruction après guerre 1914-1918, des ponts-rails de l'Est français.

Les culées sur les rives furent d'exécution plus facile. Elles sont constituées de deux piliers sous appuis, coiffés d'un sommier en béton armé et solidarisés en fondation par une semelle continue sur le gravier.

Le sommier est surmonté d'un mur garde-grève en béton armé séparant le pont de la voie courante. Cet élément a un profil aigu qui exclut la possibilité de poser une traverse de voie; l'observation des ouvrages a aussi montré les inconvénients de cet ancien procédé. Le véhicule, parcourant des sections successives de voie courante, de maçonnerie, de tablier, toutes d'élasticités différentes, produit des chocs violents sur la maçonnerie fragile et la disloque.

Il faut donc assurer la continuité de la voie au-dessus de l'intervalle, en terminant le tablier par des consoles et reporter la traverse prochaine sur le remblai. Jusqu'à présent, dans les ponts mobiles, on a dû accepter que l'éclissage amovible précis entre la voie courante et le pont fût

assis sur la maçonnerie de l'encuvement. Cette disposition est une cause essentielle de réduction de la vitesse de circulation sur ces ouvrages.

Dans certains ponts récents (Auvélais, Nimy-Maisières), la structure schématique des culées a été plus accusée encore; les murs en retour en ailerons armés sont reliés avec le sommier en un portique ouvert au remblai de la voie.

Il faut encore remarquer l'importance de la saillie des semelles de fondation, augmentant largement la stabilité de la culée. En comparaison au type ancien de mur à parement incliné vers les terres, sans bec appréciable, réunissant toutes les circonstances favorables au hors plomb habituel des anciennes culées, on peut compter à l'avantage du nouveau dispositif, outre une économie importante, le rationalisme caractéristique de la structure.

La question d'impact se pose aussi dans le calcul des maçonneries. Certains règlements prescrivent de s'en tenir aux réactions statiques. En fait, il n'y a aucune raison sérieuse de négliger les accélérations du pont en supplément à la gravité.

La comparaison faite entre les deux derniers projets exécutés indique une économie de 10 % d'acier et de 14 % de la dépense totale en faveur du dispositif avec travée de 50 mètres à poutres pleines.

La superstructure, d'un tonnage de 2 000 tonnes, a été exécutée par la S. A. Les Ateliers Métallurgiques de Nivelles.

R. D.

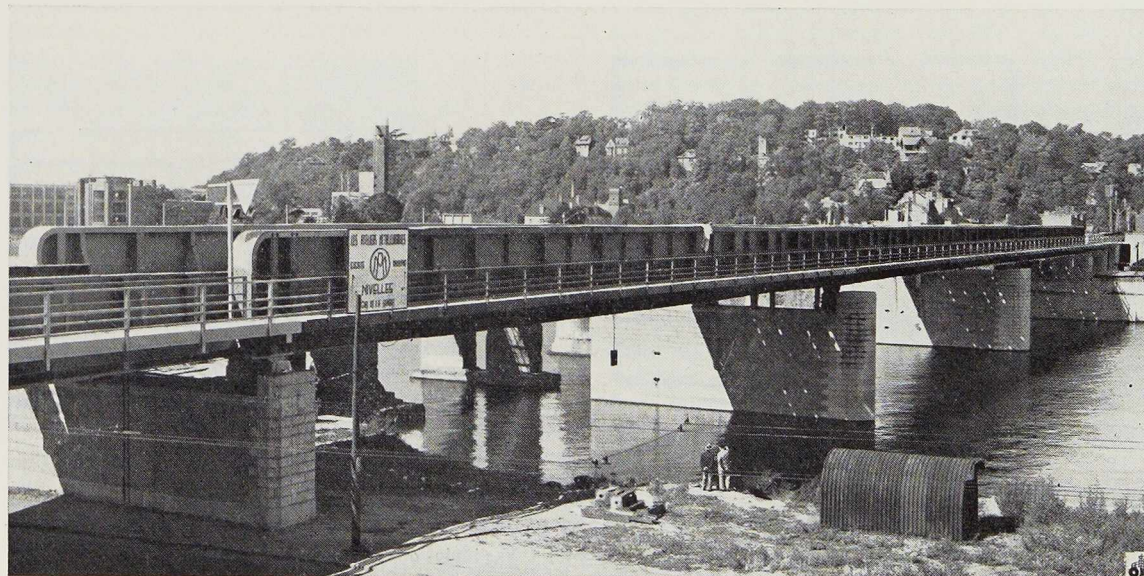


Photo Jacoby.



Photo Christel Plog.

## Maison préfabriquée M. A. N.

La Société M. A. N. (Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg) a mis au point dans ses ateliers de Gustavsburg (Allemagne) une maison préfabriquée, dont tous les éléments de construction sont réalisés en usine et n'ont plus qu'à être montés à emplacement voulu. Sa surface est de  $8 \times 10$  mètres.

La maison n'est pas constituée par un squelette d'acier; ses supports sont formés par les

éléments des murs extérieurs faits en tôle d'acier pliée et revêtus d'un bon isolant, puis recouverts vers l'intérieur de plaques de bois contreplaqué. Leurs excellentes qualités isolantes correspondent à celles d'un mur massif en briques. Les éléments normalisés des murs extérieurs sont interchangeables, ce qui permet de disposer, selon les désirs du client, les éléments des fenêtres et des portes, qui sont également préfabriquées.

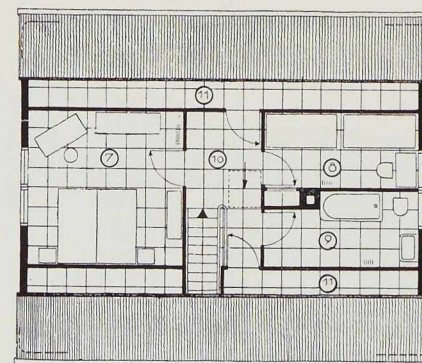
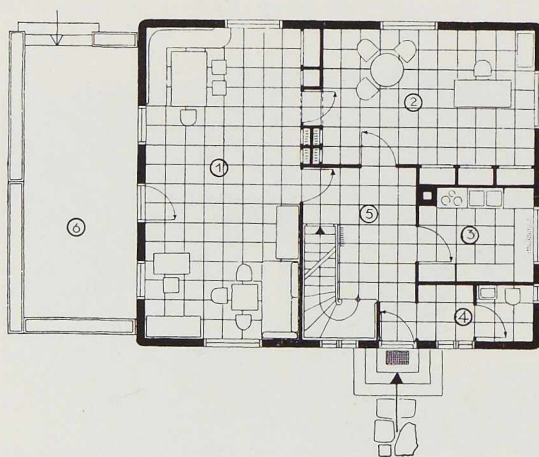
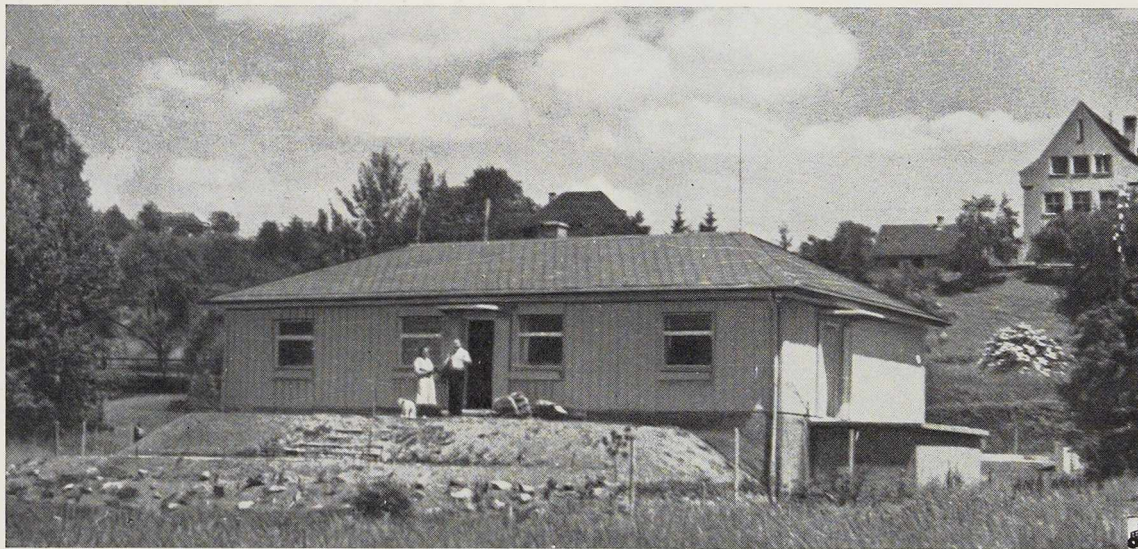


Fig. 2 et 3. Plan du rez-de-chaussée (à gauche) et des combles (à droite).

1. Living; 2. Bureau; 3. Cuisine; 4. Vestiaire et toilette; 5. Vestibule; 6. Terrasse; 7. Chambre à coucher; 8. Chambre d'enfants; 9. Bain; 10. Dégagement; 11. Débarras.





**Fig. 4.** Vue d'une maison préfabriquée M. A. N. dont tous les éléments de construction sont réalisés en usine. Sa surface bâtie est de  $8 \times 10$  mètres.

Pour le montage de la maison en acier M. A. N., quatre manœuvres élèvent un élément du mur extérieur avec fenêtres (dont la persienne est fermée) s'adaptant à un autre élément, déjà monté et fixé aux fondations. Pendant ce temps, quatre autres ouvriers posent l'encadrement du toit servant de sablière auquel seront boulonnées les fermes métalliques fabriquées en usine. C'est ainsi que la maison peut être montée à partir du soubassement jusque et y compris la couverture du toit en tôles d'acier dans l'espace de deux à trois jours seulement.

La cuisine (fig. 7) est complètement équipée d'installations et meubles spécialement conçus à cet effet et son aménagement plaît beaucoup aux ménagères. A gauche, on remarque le buffet dont la partie supérieure est fixée au plafond. Au fond, à côté de la fenêtre, le garde-manger aéré avec, au-dessus, le placard contenant le frigo; à droite de la fenêtre, se trouve la poubelle dissimulée dans un placard. Derrière le panneau en tôle émaillée en blanc imitant le carrelage au-dessus de l'évier à deux bassins et de la cuisinière, se trouvent les canalisations d'eau, de gaz et d'électricité. Toutes les installations de la cuisine et de la salle de bain, par conséquent, peuvent être raccordées directement.

La fenêtre, du type guillotine, comporte une

toile moustiquaire, qui descend lorsque la fenêtre est ouverte.

En vue d'économiser de la place, la baignoire est disposée en travers. Son extrémité est insérée dans le mur des canalisations. Au-dessus du lavabo un petit placard à glace.

Comme dans la cuisine, les armoires dans les autres pièces pourront être exécutés en placards. Il y a un placard pour la vaisselle, les couverts et le linge de table et un autre logeant un radiateur qui, pour des raisons d'économie de place, est surélevé dans la dimension verticale.

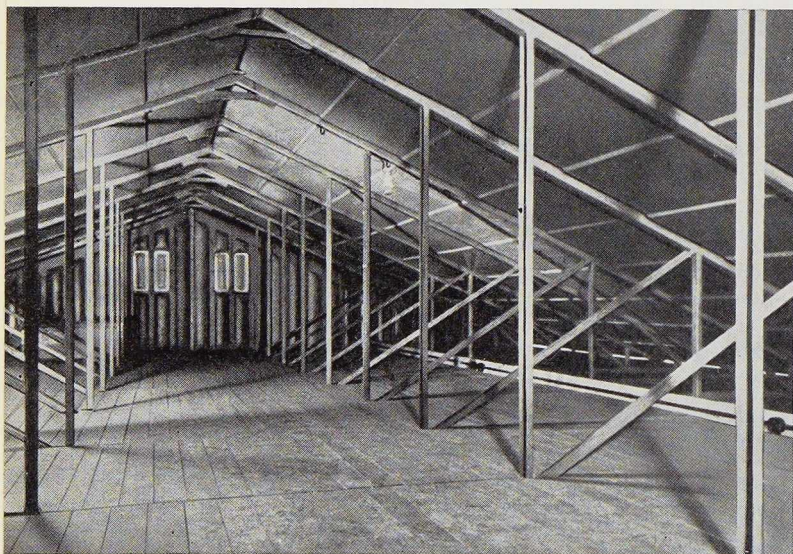
Le toit en bâtière de hauteur moyenne est recouvert par de la tôle d'acier; les traits s'étendent sur toute la largeur de la maison, ce qui permet de modifier à volonté la disposition des pièces.

Le grenier, avec une hauteur de faite de 2 mètres environ, est praticable dans toute sa longueur et peut être aéré grâce à des chatières ouvrantes se trouvant dans le pignon. On accède au grenier par une échelle mobile qui, après fermeture de la trappe, est couchée sur le plancher, au centre du grenier.

La largeur standard de la maison atteint 8 mètres, tandis que la longueur varie entre 8 et 16 mètres. Le toit peut s'étendre sur la terrasse prévue de 3 mètres de profondeur et



**Fig. 5 à 7 (de haut en bas).** Montage de la maison M. A. N. Grenier-séchoir. Vue partielle de la cuisine « tout en ordre ».



de la largeur de la maison, pour venir s'appuyer sur des poteaux en tube d'acier. Le plancher de bois massif est également formé d'éléments détachés fabriqués industriellement, et isolé contre les influences atmosphériques. Tous les éléments du plancher peuvent être imprégnés d'un produit contre les termites.

La disposition intérieure des pièces de la maison dépend uniquement d'un quadrillage, qui permet de déplacer toutes les cloisons dans les deux sens de 50 en 50 cm. Les murs intérieurs sont constitués par de doubles plaques de bois contreplaqué, solidement fixées à des cadres de bois dans lesquels viennent se placer les portes, conformément au plan établi. Un élément de construction particulier est représenté par le mur spécial M. A. N., qui contient toutes les conduites d'acheminement et d'écoulement des eaux et du gaz reliées à toutes les installations de la cuisine et de la salle de bain.

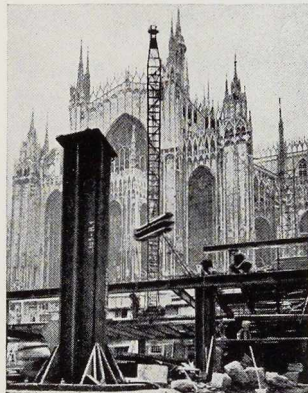
Les fenêtres sont pivotantes, à double vitrage et munies de volets.

La Société M. A. N. offre, au choix, une fenêtre coulissante à double vitrage de 1,5 m de largeur, éliminant entièrement les courants d'air et fixable en toute position. Chaque élément de ces fenêtres est muni de toile moustiquaire et jalousie en bois.

Toutes les pièces d'acier sont recouvertes des deux côtés par une double couche de peinture. Quant au toit, on peut le peindre à la couleur d'aluminium qui résiste à la chaleur. Sous la direction d'un monteur qualifié, aidé de six à huit ouvriers, la maison peut être montée en deux ou trois jours sur la fondation terminée. L'aménagement intérieur demande quelques jours supplémentaires. Les travaux nécessaires peuvent alors être exécutés par n'importe quel ouvrier expérimenté (installateur, menuisier et électricien).

Enfin, il reste à signaler que les maisons d'acier M. A. N. de plus grandes dimensions ( $8 \times 12,8 \times 14$  et  $8 \times 16$ ) ont attiré l'attention des services de santé et des milieux médicaux qui, en raison de l'atmosphère particulièrement salubre assurée par leur construction, les considèrent comme pouvant servir de pavillons, de bâtiments d'isolement ou homes d'enfants, d'ambulances ou de dispensaires. Là encore le montage très rapide de la maison d'acier M. A. N. est un élément intéressant.





## La reconstruction du Palais de la Rinascente, à Milan

En 1890, les Frères Bocconi ont construit, à Milan, à côté du Dôme, entre la rue Saint-Raphaël et la rue Sainte-Radegonde, un grand magasin pour la vente des tissus, ustensiles ménagers, jouets, etc., d'après le modèle des grands magasins existant à l'étranger.

La construction de ce bâtiment était entièrement métallique, avec colonnes en fonte et poutres en fer, assemblées par boulons.

Après la première guerre mondiale, le magasin avait subi une transformation radicale. Malheureusement le jour même de l'inauguration, le 25 décembre 1918, un violent incendie détruisit complètement l'immeuble dont la reconstruction fut entreprise sans retard. Sur la proposition de l'écrivain Gabriele d'Annunzio, le nouveau magasin reçut le nom de « La Rinascente » (La Renaissance) et le bâtiment reconstruit fut ouvert au public le 21 avril 1921. Des dispositions spéciales furent prises pour réduire au minimum tout danger d'incendie, mais elles ne purent protéger l'immeuble contre les attaques aériennes de la deuxième guerre.

Au cours de raids particulièrement meurtriers, en août 1943, « La Rinascente » fut de nouveau détruite. Etant donné la situation du moment, il n'était pas possible de songer à la reconstruction de l'immeuble et l'activité du magasin fut transférée provisoirement dans d'autres lieux.

Dès que la chose fut possible, on entreprit de reconstruire le magasin sur des bases modernes. M. Aldo Molteni, D<sup>r</sup>-Ingénieur à Milan, fut chargé de préparer le projet, en collaboration avec l'architecte Ferdinand Reggiori, pour la façade de la place du Dôme. Selon le modèle des grands magasins construits durant les dernières années à

l'étranger, spécialement aux Etats-Unis, il fut décidé de supprimer le grand hall central qui constituait une perte de place importante et présentait, d'autre part, un grave danger d'incendie, en facilitant le tirage des courants d'air alimentant le feu.

L'ancien édifice avait cinq étages et un sous-sol; il couvrait une superficie de 3 200 m<sup>2</sup>. Pour le nouvel édifice, il fallait compter avec les règlements des Autorités compétentes qui limitaient la hauteur à celle des édifices voisins, soit à 28 mètres en façade et 34,40 m en retrait.

Après examen des différentes données du problème, il fut décidé de construire huit étages au-dessus du sol et deux étages en sous-sol, à une profondeur de 8,50 m sous le niveau de la place du Dôme. De cette façon le nouvel immeuble couvre une superficie de 3 400 m<sup>2</sup>.

Dans un magasin moderne, il est indispensable de réserver à la vente la plus grande surface utilisable au rez-de-chaussée et la construction métallique a permis de satisfaire à cette condition, grâce à sa haute résistance spécifique. Cependant, les conditions à remplir étaient nombreuses : c'est ainsi que les piliers devaient être placés dans les nœuds d'un treillis mesurant 8,5 × 8,5; la section des piliers devait, d'autre part, être inscrite dans un cercle de 65 cm de diamètre; enfin, l'épaisseur totale du plancher ne devait, en aucun cas, dépasser 54 cm. Quant à la forme des colonnes, elle devait permettre d'y loger facilement les tuyaux de descente, les canalisations, etc. Les poutres de l'ossature métallique, tant principales que secondaires, devaient être formées de façon à permettre l'insertion, en différents points, de gaines de section rectan-

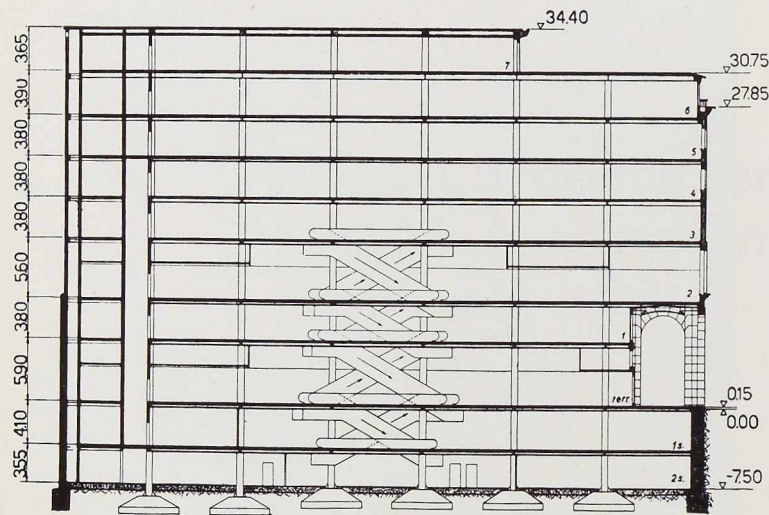


Fig. 2. Coupe transversale du bâtiment.

gulaire pour le passage de l'air conditionné. L'intrados des planchers devait être plat, sans aucune saillie. Enfin, l'exécution des travaux devait être aussi rapide que possible.

Les travaux de reconstruction des grands Magasins Rinascente ont été confiés à la Société « Officine Bossi », de Milan.

Dans le projet adopté par cette Société, les maîtresses-poutres sont constituées par des poutrelles Grey 32 DIR et les poutres secondaires sont réalisées en poutrelles I PN 24 découpées à mi-hauteur dans le sens longitudinal; un plat de  $120 \times 9$  mètres est intercalé entre les deux moitiés ainsi découpées et le tout est assemblé par soudure à l'arc, formant ainsi un profil de 26 cm de hauteur, ce qui est la hauteur des poutres principales. D'autre part, on préféra construire les colonnes pour chaque étage, au lieu de les exécuter d'une façon continue des fondations jusqu'au dernier étage, et placer les maîtresses poutres sur ces colonnes afin de les rendre continues.

Les poutres ont été fournies par la Société Hadir-Luxembourg, en longueurs de 17 mètres. Les joints entre les différents éléments sont disposés tous les 1,30 m, ce qui correspond au point d'inflexion des poutres considérées comme partiellement encastrées aux extrémités. De cette façon, le joint entre les deux tronçons adjacents des maîtresses-poutres a pu être exécuté en un point où le moment est, sinon nul, du moins très petit, de sorte que les tensions dans les soudures sont peu importantes et le degré de sécurité très élevé.

La soudure a permis d'éviter des couvre-joints compliqués et peu esthétiques.

Comme section de base de colonne, on a adopté également des profils Grey (47,5 DIE et 50 DIR). Le profil de colonnes simples, dans les étages supérieurs, est réalisé au fur et à mesure que les étages augmentent, au moyen de deux plats soudés à l'âme ou bien au moyen de deux demipoutrelles Grey de section variable, suivant l'effort à supporter. Cette solution peut paraître, à première vue, irrationnelle, étant donné que la section ainsi formée présente un rayon d'inertie faible par rapport à l'un des axes; on doit toutefois observer qu'étant donné l'ensemble des charges

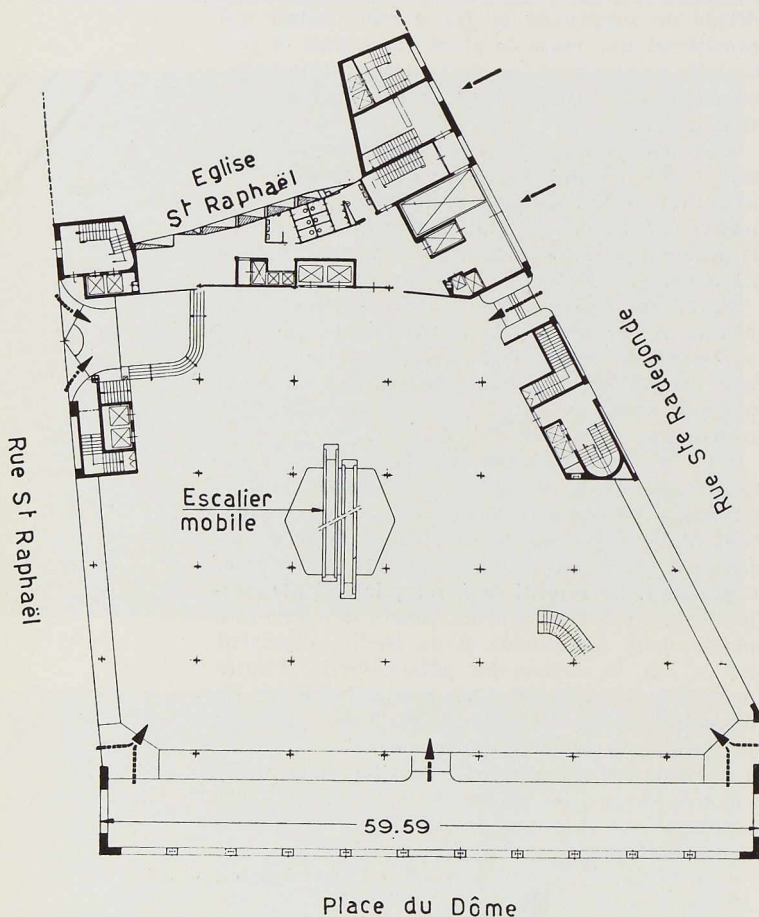
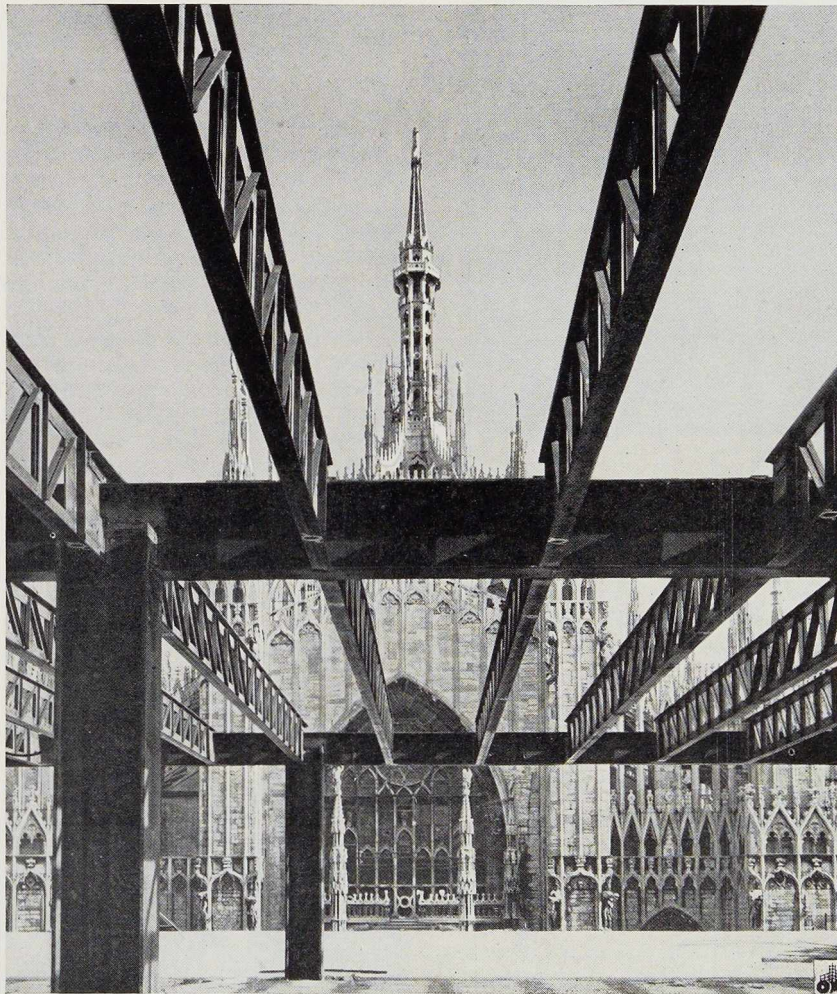


Fig. 3. Plan des grands magasins « La Rinascente ».





**Fig. 4.** Vue partielle de l'ossature métallique des grands magasins « La Rinascente ».  
A l'arrière plan le Dôme de Milan.

et la hauteur des étages, il n'y a pas à craindre un danger de flexion latérale des colonnes. La solution adoptée présente de plus l'avantage de constituer une section ouverte facilement accessible, dans laquelle on peut loger les canalisations de différentes sortes.

Pour permettre la transmission des efforts dans les colonnes d'un étage supérieur à un étage inférieur, on a rétabli la continuité des éléments des poutrelles Grey composant ces colonnes, en prévoyant dans les éléments des maîtresse-poutres de grosses entretoises verticales ou légèrement inclinées.

On devait également permettre la transmission des efforts d'une poutre à une colonne, dans le cas où cette poutre était chargée et celle de la travée adjacente déchargée, et éviter des efforts dangereux dans l'âme des poutres : des nervures en diagonales destinées à absorber des efforts provenant du moment d'encastrement des poutrelles sont pourvues à cet effet.

On a estimé opportun de soumettre à l'essai des nœuds de charpente en vue de contrôler son degré de sécurité. A cet effet, on a considéré un élément formé de deux tronçons de poutres (Grey 32 DIN) de 1,60 m de longueur chacun et

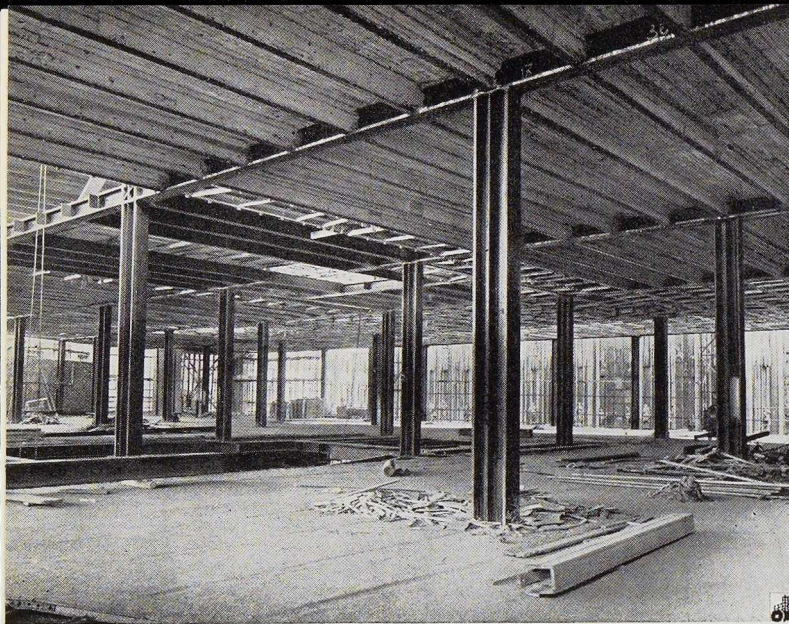


Fig. 5. Vue de la charpente métallique du troisième étage.

de deux tronçons de colonnes (Grey 47,5 DIN) de 2,30 m de hauteur chacun. A 1,42 m de l'âme de la colonne, on a appliqué à deux consoles de la poutre des charges respectives de 36,12 et de 18,06 tonnes, pour réaliser les sollicitations statiques qui se produisent lorsqu'une travée est

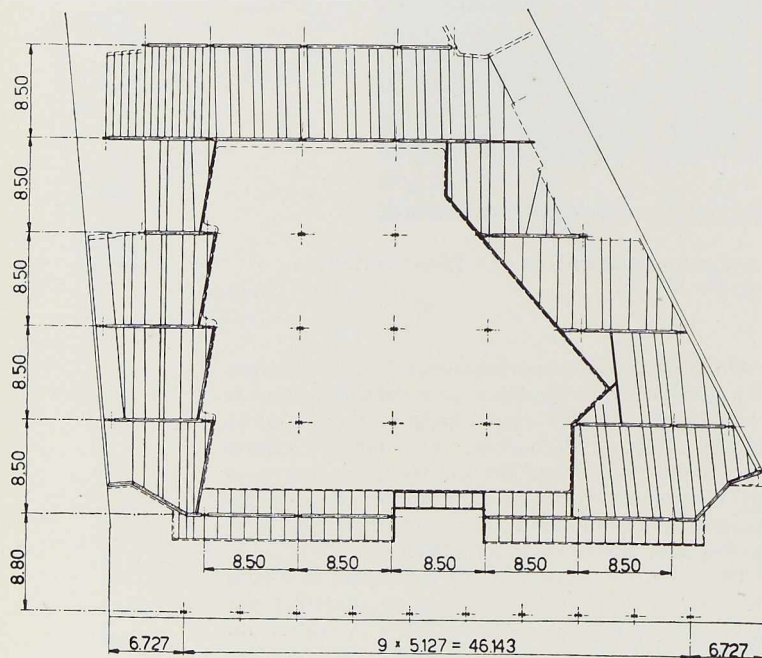


Fig. 6. Vue en plan de l'ossature métallique.

chargée et l'autre déchargée. Au sommet de la colonne, on a appliqué une charge verticale de 126,5 tonnes, calculée de façon à introduire dans les éléments sous charge d'essai une tension de 14 kg/mm<sup>2</sup>. Les charges furent exercées au moyen de vérins hydrauliques s'appuyant sur une charpente en acier spécialement construite à cet effet.

Les essais ont été exécutés dans les Usines de Meda de la Société Bossi, en présence du Professeur Danusso. Sur l'élément chargé on disposa huit extensomètres Huggenberger et les charges furent poussées à 1,5 des valeurs indiquées ci-dessus. Ces essais ont montré une concordance parfaite avec les calculs.

Les planchers ont été prévus en dalles de béton armé de 5 cm d'épaisseur posées sur les poutres secondaires distantes de 1,26 m. Sur cette dalle on a placé des plaques en Bétonite, puis un ensemble ayant une épaisseur totale de 8 cm, constitué par des plaques de marbre, par du caoutchouc et par un tapis.

Sur la face inférieure, les poutres sont pourvues d'un plafond constitué dans certaines parties par une dalle en béton de 4 cm d'épaisseur, en vue d'y incorporer la tuyauterie pour le chauffage, système Crittal et dans d'autres parties, par des plaques en plâtre armé préfabriquées.

Les colonnes sont protégées par un revêtement contre l'incendie, dont l'aspect est cependant très décoratif.

Le calcul des planchers a été fait en considérant en plus du poids propre de 500 kg/m<sup>2</sup>, une surcharge utile de 500 kg/m<sup>2</sup>, de sorte que certaines maîtresses-poutres supportent une charge de 8,5 tonnes par mètre courant. Dans le calcul des colonnes, on a supposé, étant donné la destination de l'immeuble, que tous les planchers étaient chargés simultanément au maximum. On a également considéré une pression de vent de 50 kg/m<sup>2</sup> de surface frappée. Pour résister à cette poussée, les ingénieurs ont prévu des cadres rigides à étages, placés parallèlement à la façade de la place du Dôme, ainsi que des colonnes légèrement encastrées.

Dans le sens normal à la place du Dôme, la poussée du vent est absorbée par deux tours en béton armé renfermant les ascenseurs et les escaliers. Les tensions admises dans les éléments métalliques de la construction n'excèdent pas 14 kg/mm<sup>2</sup>. Les poutrelles Grey sont en acier

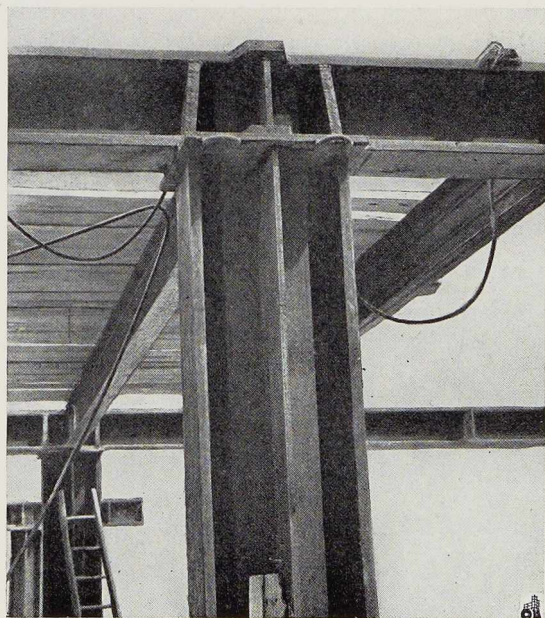


**Fig. 7.** Une des grandes maîtresses-poutres en treillis de l'entresol.

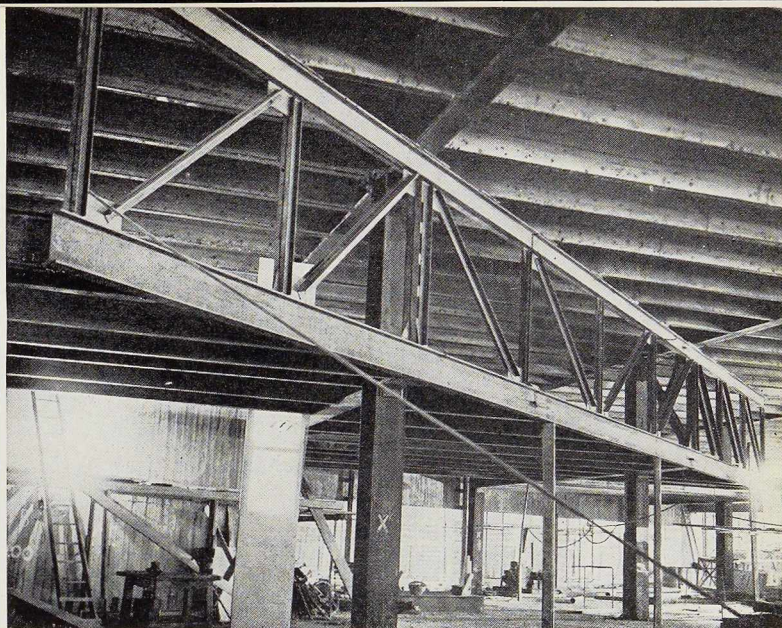
Thomas correspondant aux spécifications de l'acier italien A 37 UNI 743. Les autres éléments de l'ossature répondent aux mêmes spécifications.

Grâce au mode d'assemblage par soudure à l'arc électrique adopté, on a pu résoudre, d'une façon élégante, divers problèmes statiques qui se sont présentés aux constructeurs. Ainsi, par exemple, la base de colonne sur les semelles de fondation est simplement formée d'une grande plaque de 32 mm d'épaisseur, reliée au poteau au moyen de nervures triangulaires soudées et au bloc de fondation par huit boulons de 27 mm de diamètre. Les massifs de fondation supportant des charges allant jusqu'à 850 tonnes, exercent une pression sur le sol de l'ordre de 2,5 kg/cm<sup>2</sup>.

Dans l'espace compris entre le rez-de-chaussée et le troisième étage, on a trouvé moyen d'aménager deux entresols, dont la surface ne s'étend pas à toute la superficie de l'immeuble. Dans certaines zones, comme la hauteur de l'entresol ne correspondait pas à celle des colonnes, on a dû disposer des maîtresses-poutres en treillis de même hauteur que l'étage. Ces poutres ont éga-



**Fig. 8.** Détail de l'assemblage poutre principale-colonne.



lement été assemblées par soudure. Dans la partie centrale de l'immeuble, à partir du premier sous-sol et jusqu'au troisième étage, on a logé des escalators qui se croisent à chaque étage. Le calcul de leur appui constituait un problème de statique difficile à résoudre, qui a été traité élégamment, grâce à l'emploi de la soudure.

Les planchers en retrait du sixième et du septième étages ont été exécutés en une hauteur supérieure à la normale, ceci dans le but d'assurer, au moyen d'un matelas d'air convenable, l'isolement thermique nécessaire.

Comme poutres principales, on a adopté des poutrelles Grey DIN 45, tandis que les poutres secondaires ont été exécutées en treillis avec une hauteur totale de 450 mm. De même que dans les étages inférieurs, ces poutres ont été obtenues en découpant dans le sens longitudinal les poutrelles I 240 dont les deux moitiés étaient écartées et réunies entre elles au moyen d'un treillis en N.

Le poids total de la construction métallique s'élève à 2 600 tonnes. Le montage a été rendu fort difficile par suite du manque de place au chantier. Ceci a obligé les constructeurs à expédier les éléments à mettre en œuvre seulement au moment de leur utilisation. Comme moyen de levage, on a utilisé deux derrick's ayant une capacité de 5 tonnes et une flèche de 12,50 m, avec un angle de rotation de 260°. Un derrick, placé sur le plancher du dernier étage, dans la partie donnant sur la rue Saint-Raphaël, soulevait les matériaux de construction jusqu'à l'étage de travail (hauteur de levage maximum 35 m). L'autre derrick prenait les pièces et les mettait en position adéquate. Les éléments les plus pesants étaient constitués par des tronçons de

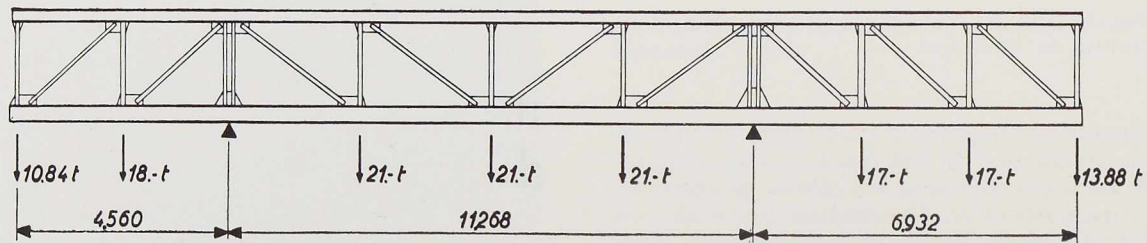


Fig. 9. Schéma des charges de la grande poutre en treillis de la figure 7.

poutres principales longs de 17 mètres, dont le poids atteignait près de 5 tonnes. Les deux derricks étaient ancrés, avec leur base de 8,50 m de large, à deux maîtresses-poutres au moyen de crampons boulonnés.

Pour la soudure, les constructeurs disposaient d'une trentaine de transformateurs statiques de

17 kW groupés en une centrale située d'abord à la cote 0, ensuite à la cote 15,45 et enfin à la cote 26,85. On a utilisé des électrodes ESAB - O.K. 49 et O.K. 50, ces dernières pour l'exécution des cordons verticaux et les soudures au plafond.

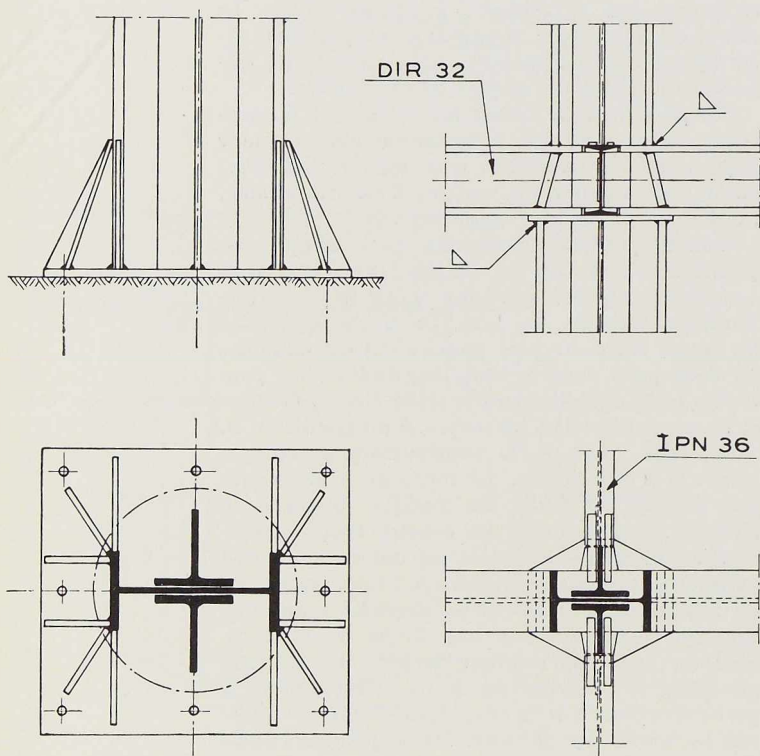


Fig. 10. Détails constructifs. A gauche, pied de la colonne; à droite, assemblage poutre principale-colonne.

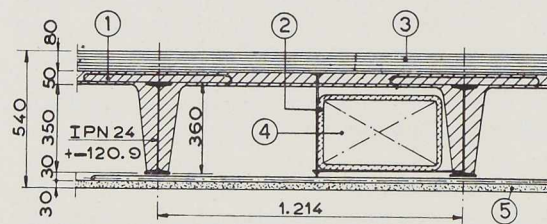


Fig. 11. Coupe du plancher.

1. Dalle en béton; 2. Laine de verre; 3. Pavement; 4. Gaine; 5. Plafonnage.

Le montage de la construction fut commencé le 1<sup>er</sup> juillet 1949, mais les travaux furent entravés par une grève qui a empêché l'entreprise d'achever dans les délais prescrits les travaux de fondation. L'ossature métallique, jusqu'à la cote 30,60, qui devait être terminée fin avril 1950, n'a pu être achevée que fin mai de la même année, à cause de l'addition de deux entresols ainsi que par l'étude de nombreuses variantes rendues nécessaires à la suite du placement des escalators.

Au mois de mai 1950, on a décidé d'ajouter un septième étage (en retrait) dont le montage fut terminé le 25 juin; l'exécution des planchers suivit le montage de la charpente métallique à un étage de distance. Il en était de même pour la construction des murs. L'inauguration des Magasins Rinascente a eu lieu en décembre 1950.

BIBLIOGRAPHIE : *Costruzioni Metalliche*, No 4-1950.





## Pont-route sur la vallée du Wiedbach près de Neustadt (Allemagne)

Au début de 1945, les armées allemandes en retraite firent sauter le pont en maçonnerie enjambant la vallée du Wiedbach sur l'autostrade Cologne-Francfort, à 55 mètres de hauteur. Cette destruction provoqua l'écroulement de neuf voûtes sur une longueur de près de 300 mètres; seules trois voûtes subsistèrent. Les débris de cette destruction constituaient un amoncellement de près de 30 mètres de hauteur (fig. 2).

En ce qui concerne le trafic routier, cette des-

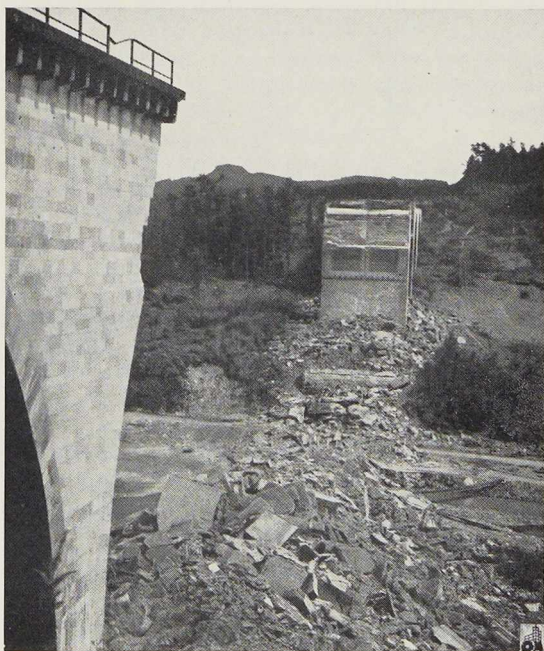


Fig. 2. Ancien pont sur la vallée du Wiedbach après sa destruction en 1945.

truction constitua un grand handicap de la ligne Cologne-Francfort; le trafic dut être détourné par de nombreux lacets, ce qui rendit l'endroit particulièrement dangereux et causa notamment 37 accidents graves au cours des années 1945-1949. Cet état de choses, ainsi que le trafic de plus en plus important, compte tenu du fait que la plupart des autres ouvrages d'art avaient été remis en état, a décidé le service responsable, en accord avec les Autorités occupantes, de rechercher une solution économique pour reconstruire le pont.

Cette reconstruction n'était pas à envisager dans sa conception originale, ni du point de vue économique ni surtout par suite du délai imposé, car elle aurait exigé plusieurs années de travail, ce qui n'aurait pas résolu les problèmes de circulation.

On organisa un concours, à la suite duquel les propositions du constructeur *Stahlbau Rheinhessen* furent retenues. Le projet prévoit le rétablissement du tablier aval par une superstructure métallique, qui s'appuie sur des piles en béton armé reconstruites sur les fondations existantes des anciens piliers, jusqu'à la hauteur de la naissance des arcs.

La reconstruction ultérieure définitive sera ainsi grandement facilitée.

La superstructure de l'ouvrage est constituée par deux maîtresses-poutres du type continu sur cinq ouvertures (portées respectives de  $4 \times 65,54 \text{ m} + 1 \times 32,77 \text{ m}$ ), qui s'appuient sur les piles par l'intermédiaire de béquilles, pour compenser les différences de hauteur. Le tablier a une largeur de 7,5 m et comporte, de part et d'autre, des trottoirs de 72 cm de largeur.

L'ensemble est calculé pour permettre le passage des véhicules les plus lourds actuellement admissibles sur les autres ouvrages d'art.

Les maîtresses-poutres, d'une hauteur de

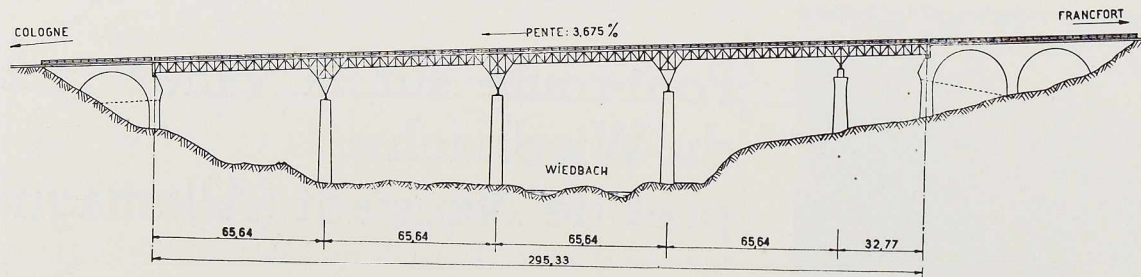


Fig. 3. Elevation du pont en treillis enjambant la vallée du Wiedbach, sur l'autostrade Cologne-Francfort.

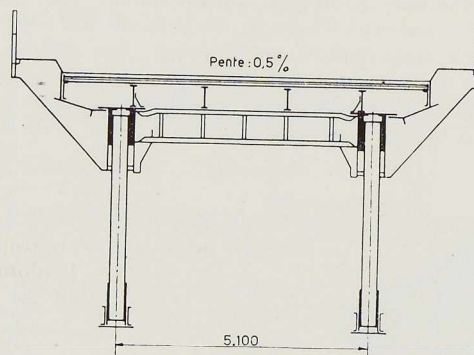
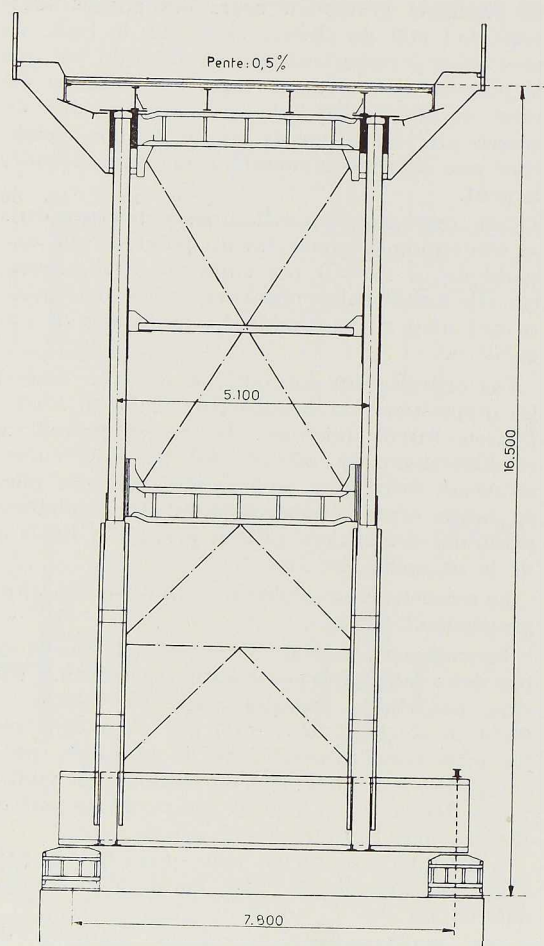


Fig. 4. Coupe dans une travée du pont.

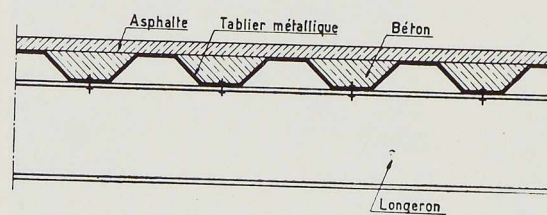


Fig. 5 (ci-dessus). Détail du tablier métallique avec remplissage de béton.

Fig. 6 (à gauche). Coupe au droit de l'appui.





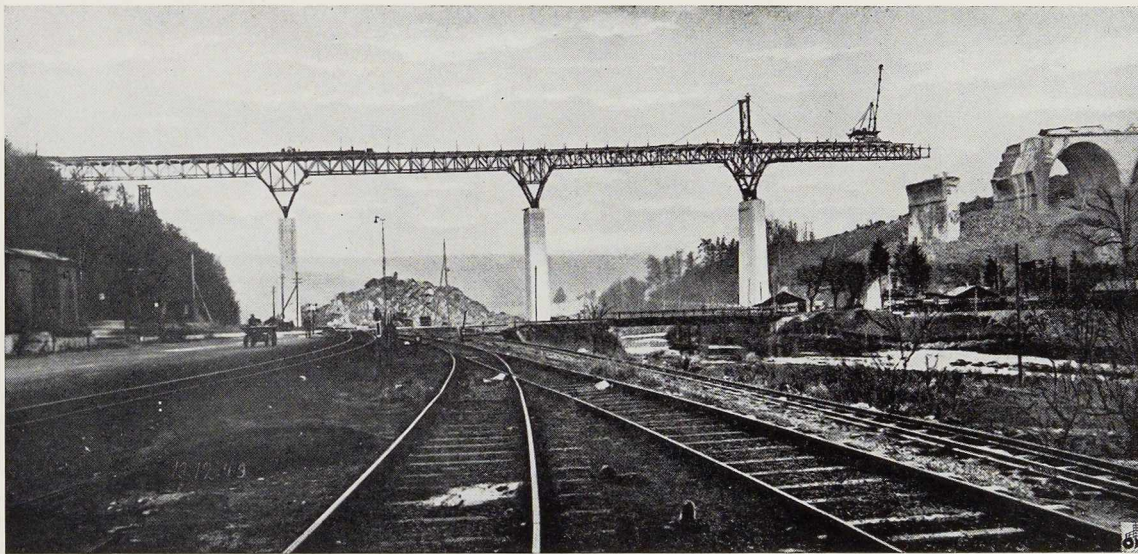


Fig. 7. Vue du pont en cours de montage.

Photo Vogt.

4 mètres, sont en treillis et distantes de 5,10 m. Les entretoises sont écartées de 6 mètres et supportent les longerons sur lesquels reposent des éléments en tôle ondulée de  $3 \times 7,5$  m constituant le tablier. Ces éléments sont boulonnés aux longerons et remplis par une couche de béton; un recouvrement de tarmacadam, de 6 cm d'épaisseur, constitue protection.

Le tablier a une pente longitudinale de 3,69 % et une pente latérale de 0,5 %. L'écoulement des eaux a lieu par des ouvertures près du trottoir. Ceux-ci sont constitués par de la tôle ondulée dont les coins ont été arrondis. Les maîtresses-poutres sont constituées principalement par des éléments normalisés provenant de stocks disponibles. L'assemblage des éléments est fait par des boulons calibrés, à haute résistance, de 20, 26 et 35 mm de diamètre.

Le poids total de la construction métallique, y compris le tablier, est de 1 295 tonnes.

Les maîtresses-poutres sont en acier de qualité St 52; les éléments du tablier, trottoirs, garde-fou, contreventement, en acier St. 37.

Vu le délai de reconstruction très court, aucune contre-flèche pour compenser le poids propre n'a été prévue.

Le montage constitua un autre problème très intéressant : par suite de la pente longitudinale très forte, il n'était guère possible de le commencer simultanément des deux côtés. On com-

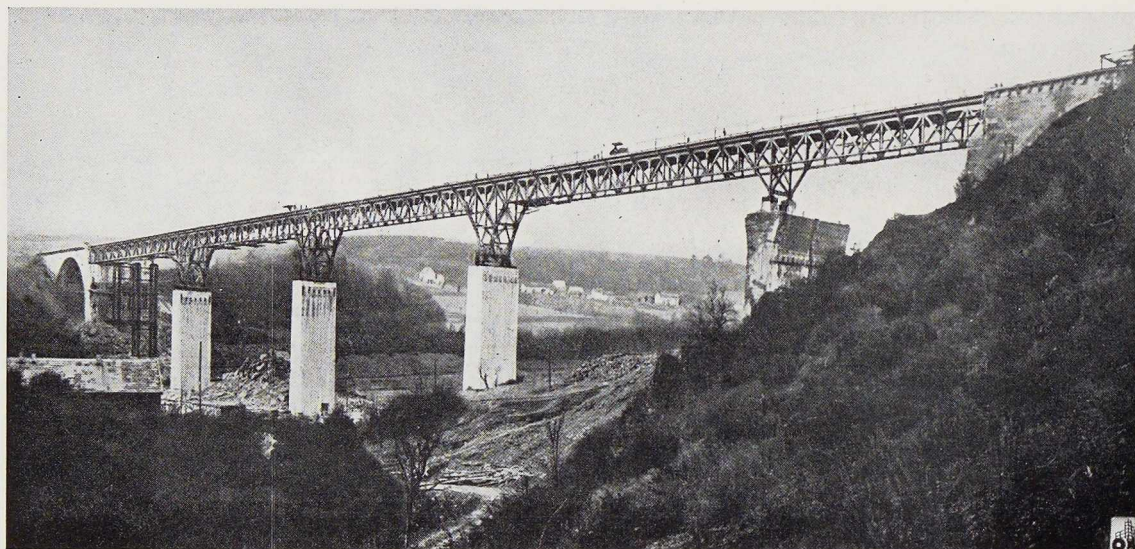
mença donc le montage du côté inférieur. La première ouverture fut franchie au-dessus de deux supports métalliques (fig. 7). Pour les ouvertures suivantes, le montage fut effectué en porte-à-faux sur les 66 mètres de l'ouverture. Dans ce but on plaça un portique de retenue au-dessus de la pile adjacente à la construction en porte-à-faux, pour soulager le poids mort de celle-ci; ce portique fut réutilisé au-dessus des trois travées centrales (fig. 7). La dernière travée, d'une portée de 32,7 m, fut montée sans l'aide du portique.

Le derrick de montage est placé sur des poutres longitudinales fixées sur les semelles supérieures des maîtresses-poutres.

Le matériel nécessaire fut amené sur camion automobile près du pont où il fut rassemblé et monté. De là, il fut transporté jusqu'à son emplacement définitif.

La rapidité de construction de cet ouvrage mérite une mention spéciale. Fin août 1949, l'ordre de commencer la reconstruction des piliers fut donné; début septembre, la firme *Rheinhausen* reçut commande de la construction métallique. Dès le 16 octobre, soit six semaines après, le montage commença et le 18 décembre, la construction métallique put atteindre la culée opposée. Simultanément, le bétonnage du tablier fut commencé.

Le 9 janvier 1950, le pont put être inauguré

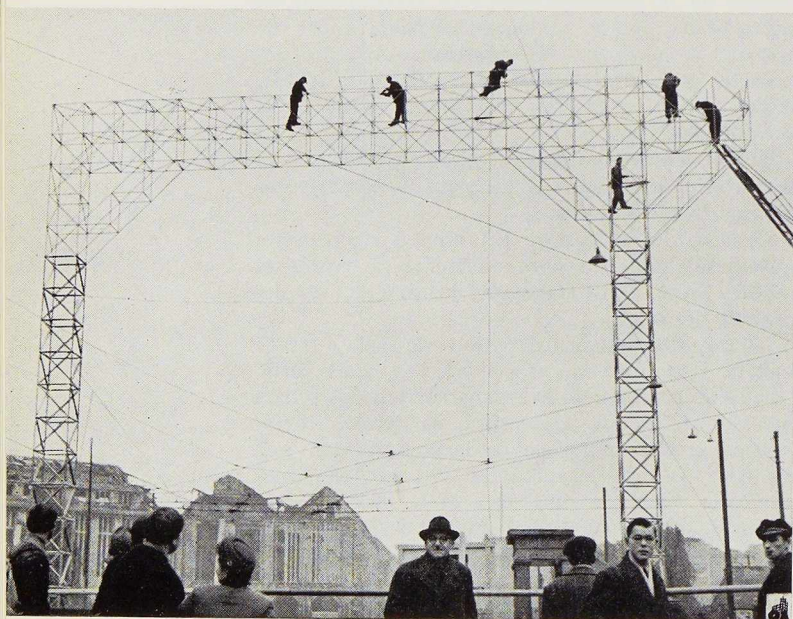


**Fig. 8.** Vue du pont sur la vallée du Wiedbach. L'ouvrage comporte 5 travées continues en treillis d'une longueur totale de 295,33 m.

Photo Vogt.

solennellement; la figure 5 montre une vue de l'ouvrage à cette date. Depuis, il a été soumis au trafic le plus intense et la construction métallique s'est parfaitement comportée, grâce à la

haute précision des boulons d'assemblage. Ils font preuve d'une grande sécurité, confirmée par un contrôle récent. Sous les charges prévues, les flèches ne dépassent pas les limites calculées.



## CHARPENTE TUBULAIRE POUR ENSEIGNE A BERLIN

**Fig. 1.** L'Administration de Berlin-Est a fait construire une charpente métallique de grande hauteur servant d'enseigne de propagande pour les habitants du secteur Ouest.

Photo Presse-Seeger.



# Utilisation du feuillard d'acier laminé à froid dans l'industrie

La tendance actuelle des industries consommatrices d'acier est d'utiliser au maximum les produits plats qui, grâce aux procédés de découpage, emboutissage, etc., permettent d'obtenir de substantiels gains de poids.

Aux Etats-Unis, par exemple, dans le total des expéditions de produits finis (produits sidérurgiques laminés, tubes, fer blanc), les produits classés sous la dénomination « Sheets and Strips » (Tôles fines et Feuillards) ont représenté en 1947 un pourcentage de 29 %. On estime que ce pourcentage pourrait atteindre dans l'avenir 50 %, alors qu'il ne dépassait pas 17 % en 1925, ce qui souligne le développement escompté en ce domaine.

Une constatation semblable a été faite pour ce qui concerne l'industrie française.

Parmi les produits plats, le feuillard d'acier laminé à froid a vu peu à peu s'agrandir son domaine d'utilisation. Sa production, par rapport à la production générale de l'acier, qui était de 1,1 en 1938, est passée à 1,3 en 1947 et 1,5 en 1948.

Mais il convient ici de préciser ce qu'on entend par feuillard d'acier laminé à froid.

Le mot feuillard désignait autrefois les branches de châtaignier utilisées pour le cerclage des douves de tonneaux. Malgré la substitution du fer au bois, le vocable a été conservé puis étendu au produit métallurgique servant à fabriquer ces cercles.

Au fil du temps, la définition s'est précisée et on appelle maintenant feuillards laminés à froid des bandes d'acier qui sont livrées enroulées sur elles-mêmes ou redressées et coupées à des longueurs déterminées.

Le feuillard laminé à froid est obtenu par laminage d'un feuillard à chaud sans réchauffage préalable du métal, ce qui permet de donner au métal des qualités de fini et de précision de dimensions qu'on ne peut obtenir avec le feuillard à chaud.

Du fait même de son procédé de fabrication, le feuillard d'acier laminé à froid présente un ensemble de qualités remarquables, qu'il nous semble intéressant de rappeler brièvement.

## Longueur

Le laminage à froid s'effectue sur les bandes de très grande longueur. Il n'est pas besoin d'insister sur l'intérêt que cette longueur présente pour des industries telles que découpage, embou-

tissage, profilage, qui ont trouvé dans le feuillard le matériau qui donne à leurs machines automatiques le rendement maximum. C'est encore grâce au laminé à froid que l'on confectionne en continu l'armature des câbles électriques souterrains et sous-marins, etc. Enfin, la réalisation de pièces de grandes longueurs telles que longerons de wagons en acier inoxydable, bandes transporteuses, ressorts spiraux de fermetures métalliques, ne peut se concevoir qu'à partir du feuillard à froid.

## Epaisseur

Le laminage à froid donne avec une extrême précision et une grande régularité l'épaisseur demandée.

Cette précision et cette régularité présentent une grande importance pour le bon fonctionnement des machines automatiques et en particulier des presses à emboutir. Elles rendent l'emploi du feuillard laminé à froid indispensable pour les pièces dont l'épaisseur doit être obtenue avec des tolérances réduites.

Enfin, le laminage à froid de l'acier permet seul d'obtenir de très faibles épaisseurs allant couramment jusqu'à 0,1 mm et parfois même à 0,03 mm.

## Largeur

Le feuillard laminé à froid est livré à la largeur demandée par le client (en Belgique et au Luxembourg jusqu'à 1,20 m), ce qui évite toute perte anormale par chute.

## Aspect de la surface

Le laminage s'effectuant à froid entre des cylindres parfaitement polis donne au feuillard une surface lisse, propre et régulière. Cette représentation du métal permet l'utilisation du feuillard laminé à froid dans toutes les fabrications pour lesquelles l'aspect présente une grande importance.

Le feuillard d'acier laminé à froid permet : la réduction des frais de manutention, la régularité des fabrications, la durée maximum des outillages, la finition impeccable des pièces, la suppression des opérations de polissage, meulage.

L'utilisateur, grâce à lui, réalise les prix de revient les plus économiques.

BIBLIOGRAPHIE : *La Métallurgie*, n° 11-1950.





**Fig. 1.** Classe IV : Pont sur la Passaic River entre Clifton et Rutherford (New Jersey). Propriétaire : Département des Routes de l'Etat de New Jersey. Ingénieurs-Conseils : Parsons, Brinckerhoff, Hall et Mac Donald. Constructeur : Mt. Vernon Bridge Company.

## LES PLUS BEAUX PONTS METALLIQUES

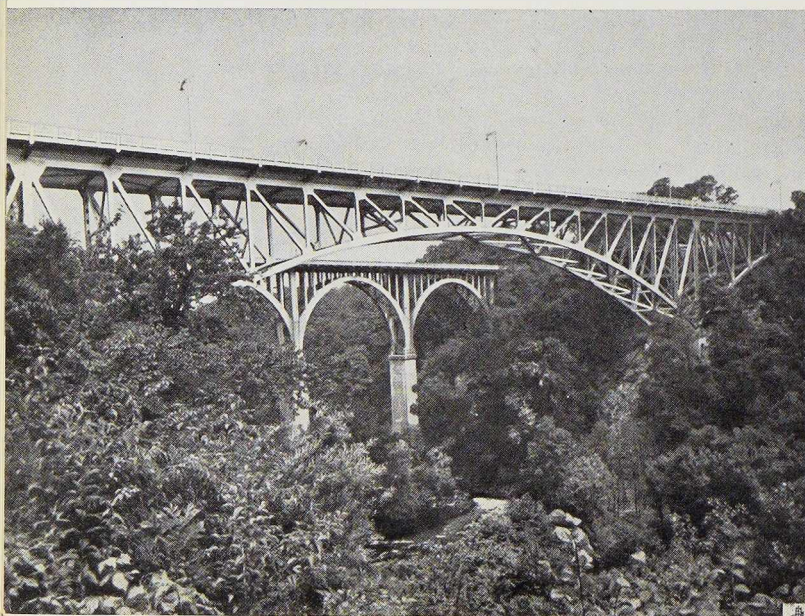
Depuis 1928, l'American Institute of Steel Construction (A. I. S. C.) décerne tous les ans (sauf pendant la guerre) des prix et des mentions honorables aux plus beaux ponts en acier construits pendant l'année précédente.

Un jury composé d'architectes et d'ingénieurs s'est réuni récemment à New-York pour désigner,

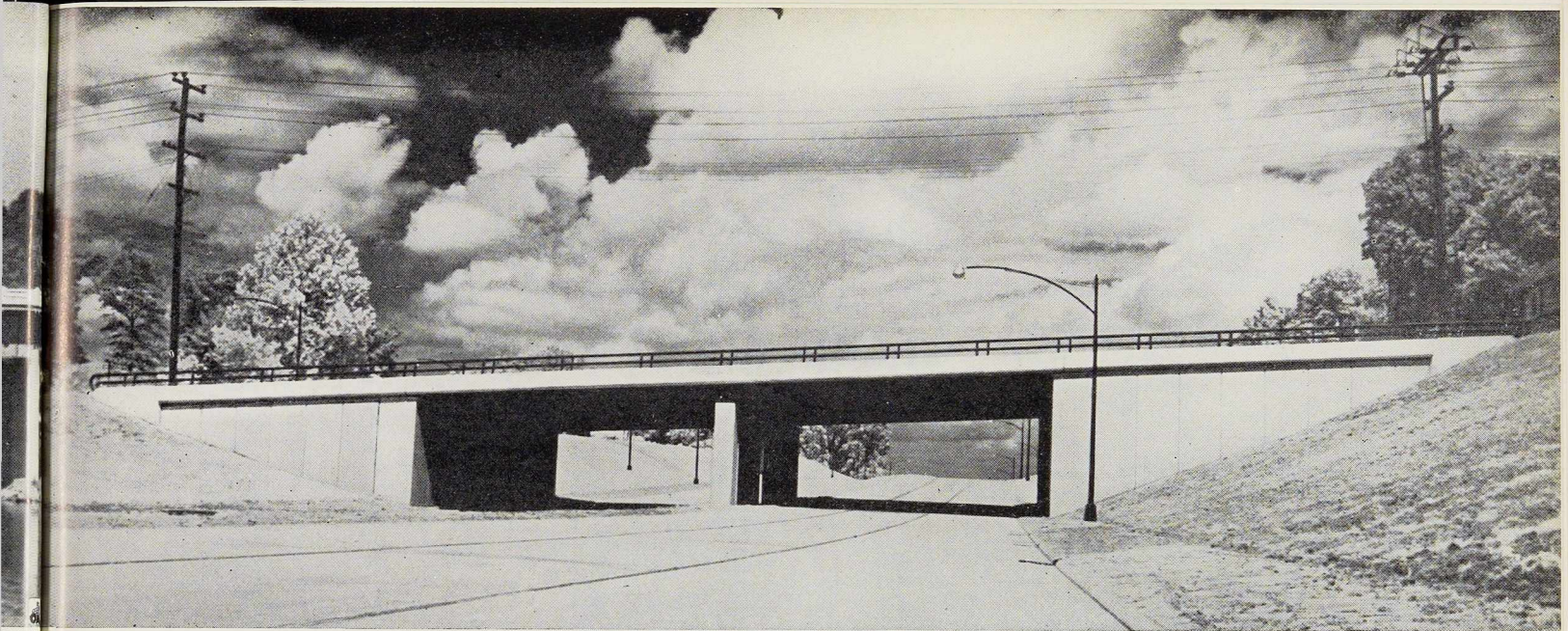
parmi les 46 ponts métalliques ouverts à la circulation en 1949, la réalisation la plus parfaite au point de vue esthétique dans chacune des catégories suivantes :

*Classe I* : Ponts fixes avec portée dépassant 122 mètres (400 pieds).

*Classe II* : Ponts fixes dont la portée est inférieure



**Fig. 2.** Classe III : Pont « Tenth Street Bridge » à Atlanta (Georgie). Propriétaire : Département des Routes de l'Etat de Georgie. Ingénieurs-conseils : Robert & Company Associated. Constructeur : Virginia Bridge Company.



**Fig. 3.** Classe I : Pont « North Main Street High Level Bridge » entre Akron et Cuyahoga Falls (Ohio). Propriétaire : Commission des Routes du Comté de Summit. Ingénieurs-Conseils : Wilhur Watson Associated. Constructeur : Bethlehem Steel Company.

## CONSTRUITS AUX ETATS-UNIS EN 1949

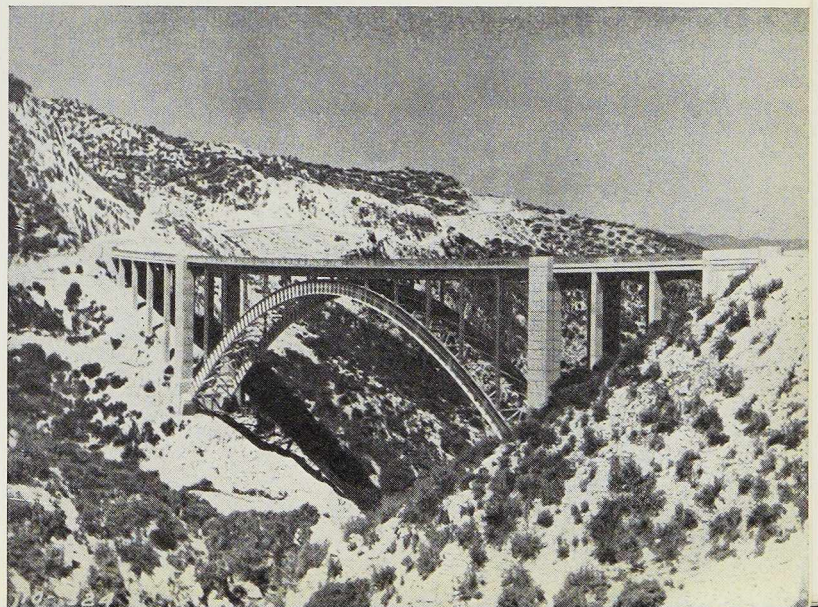
à 122 mètres et dont le coût dépasse un demi-million de dollars (environ 25 millions de francs belges).

*Classe III* : Ponts fixes dont la portée est inférieure à 122 mètres et dont le coût n'atteint pas 500.000 dollars.

*Classe IV* : Ponts mobiles.

Des plaques en acier inoxydable, portant le sceau de l'A. I. S. C., furent apposées sur deux ponts primés tandis que trois autres ponts reçurent des mentions honorables. On trouvera dans cette note les photographies des ponts métalliques primés que nous devons à l'obligeance de l'*American Institute of Steel Construction*.

**Fig. 4.** Classe II : Pont « Pinto Creek Bridge ». Propriétaire : Département des Routes de l'Etat d'Arizona. Constructeur : Allison Steel Manufacturing Company.



A. Wiszniewski,  
Ingénieur hydrotechnicien  
de l'Ecole Polytechnique  
de Varsovie,  
Attaché à la Société d'Etudes  
et d'Urbanisation (Bruxelles)

## Quelques exemples de constructions métalliques soudées en Pologne (1)

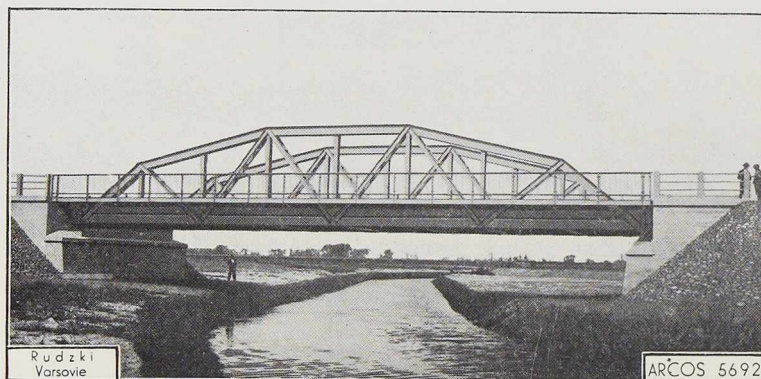


Fig. 1. Pont soudé de Lowicz  
(Pologne).

Cliché Arcos.

La Pologne s'est intéressée aux constructions soudées dès la naissance de cette technique. C'est en effet dans ce pays qu'au cours des années 1928-1929 le Professeur Stefan Bryla a réalisé, sur la rivière Sludwia, près de Lowicz un pont-route de 27 mètres de portée, entièrement soudé, le premier du genre dans le monde (fig. 1). La contribution des constructions métalliques soudées dans la reconstruction et le développement du pays ravagé par la deuxième guerre mondiale est très importante et va en s'accroissant.

En vue de répondre à la demande, la Régie centrale de l'Industrie sidérurgique en Pologne a élaboré les types des profils à nez, dont certains exemples d'application sont donnés à la figure 3. Ces profils doivent remplacer certains profils à larges ailes. Pour commencer, on met sur le marché les profils type 300 en acier K 37. Ultérieurement on prévoit la production de trois types (300, 400 et 500) aussi bien en acier doux K 37 qu'en acier à haute résistance K 52.

Nous donnerons dans cet article quelques exemples des constructions métalliques soudées, les plus importantes réalisées récemment en Pologne.

### Halls d'ateliers de mécanique (fig. 2).

Ces halls mesurent en plan 54 × 84,60 m. L'os-

sure se compose de quatre travées accolées de différentes portées. La capacité des ponts roulants pour les halls varie de 20 à 40 t. Eu égard aux différentes portées des halls, on a utilisé la toiture à deux versants (dans le sens transversal par rapport à la direction des halls). Elle repose sur sept poutres continues en treillis prenant appui sur sept rangées de colonnes qui sont encastées dans leurs fondations et raidies dans le sens parallèle à la direction des nefs par des traverses formant avec les têtes de colonnes des nœuds rigides. Les lanterneaux de toiture représentant 36 % de sa surface en plan. Pour améliorer l'éclairage naturel, les poutrelles secondaires sont interrompues aux endroits des lanterneaux; de plus, dans le même but on a utilisé les éléments constructifs les moins encombrants. Le seul élément en treillis est constitué par les sept poutres-maitresses continues, appuyées sur les colonnes.

La hauteur de chacune de ces poutres est constante, mais variable de l'une à l'autre.

Un élément de la poutre est représenté sur la figure 4. La poutrelle formant panne passe entre deux fers « U », constituant le montant de la poutre en treillis.

Les poutres en treillis furent exécutées à l'atelier en tronçons de 25 m de longueur, qui furent

(1) Adaptation d'articles parus dans les revues polonaises *Inżynieria i Budownictwo* et *Przegląd Budowlany*.



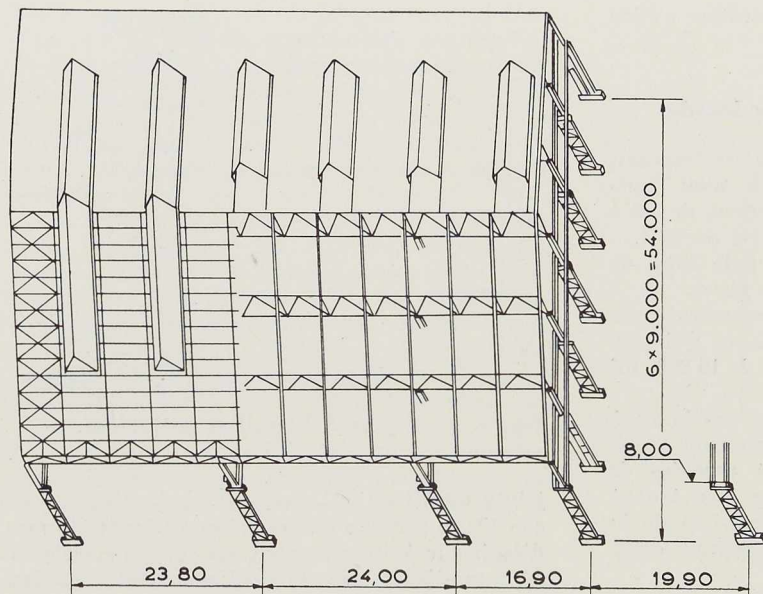


Fig. 2. Charpente métallique d'un hall d'atelier de mécanique.

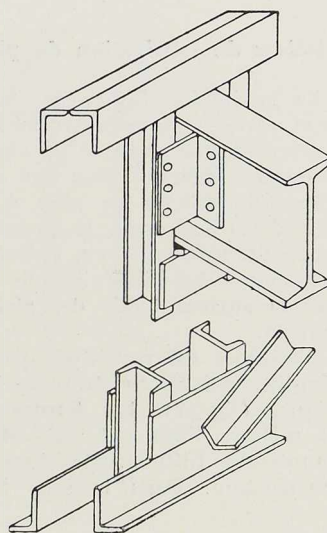


Fig. 4. Éléments de poutres partiellement assemblés par soudure.

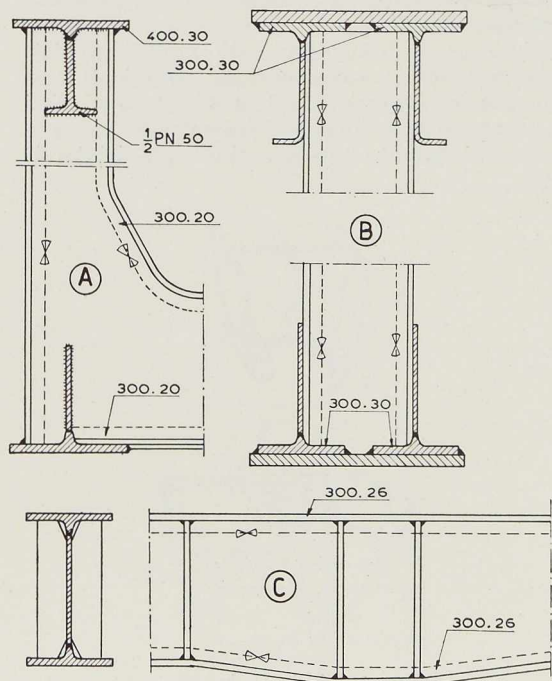


Fig. 3. Profils à nez utilisés pour les constructions soudées en Pologne.

ensuite soudés entre eux lors du montage sur chantier. Les poutrelles-pannes prenant appui sur les poutres en treillis sont espacées toujours de la même distance, sans tenir compte de la différence de portée des halls. Cette solution, caractérisée par l'absence de fermes de toiture, a permis d'obtenir des halls très bien éclairés.

Les poutres de roulement pour les ponts roulants sont à âme pleine et en profils soudés. La hauteur de toutes ces poutres est toujours la même. L'épaisseur des plats de membrures est toutefois fonction de la capacité du pont roulant. De même, les colonnes ont toujours le même profil de base; seule, l'épaisseur des plats est modifiée en fonction des surcharges. Les éléments formant treillis de la colonne sont assemblés directement par soudure aux surfaces intérieures des ailes de cornières. Grâce à cette solution, les colonnes ont des surfaces extérieures unies. Les pieds de colonnes, à assemblage facile et à dimensions permettant l'exécution complète des colonnes en atelier, se composent de deux poutrelles avec quelques éléments supplémentaires en tôle (fig. 5).

L'assemblage sur chantier de la construction métallique était facile, tous les éléments étant exécutés entièrement en atelier. Seuls les tronçons des poutres en treillis devaient être soudés sur place.

Le poids de la construction métallique s'élève à 135 kg par m<sup>2</sup>.

### Ateliers de fabrication de pièces lourdes

La production future de ces ateliers imposait deux niveaux de ponts roulants : le pont supérieur avec une capacité de chargement de 80 t et le pont inférieur avec une capacité de 20 t.

Les dimensions en plan d'un hall sont de 28,2 × 220 m. Dans la première phase, on a construit un hall : on prévoit cependant une extension future jusqu'à trois halls, ce qui portera la surface totale des ateliers à 19 000 m<sup>2</sup> environ.

L'ossature est constituée par des portiques à béquilles articulées et traverses à deux pans symétriques (fig. 7). Les fermes sont espacées de 16 mètres. Elles ont été calculées en tenant compte des futures extensions successives de la construction. Dans le sens longitudinal deux

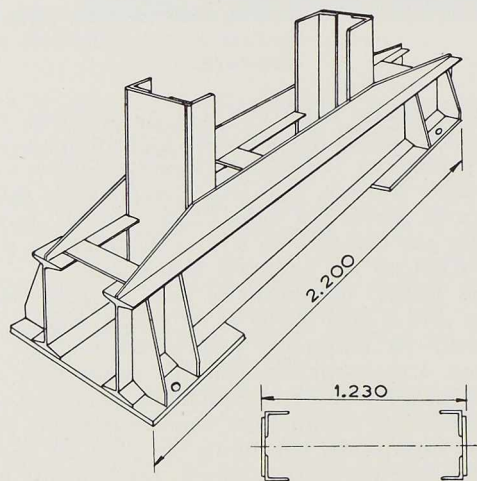


Fig. 5. Pieds de colonnes exécutés entièrement en atelier.

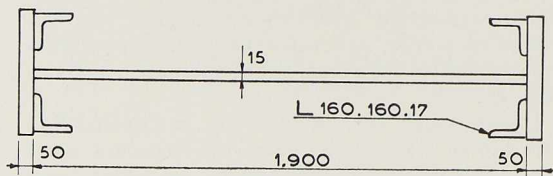


Fig. 6. Profil des colonnes du portique de la figure 7.

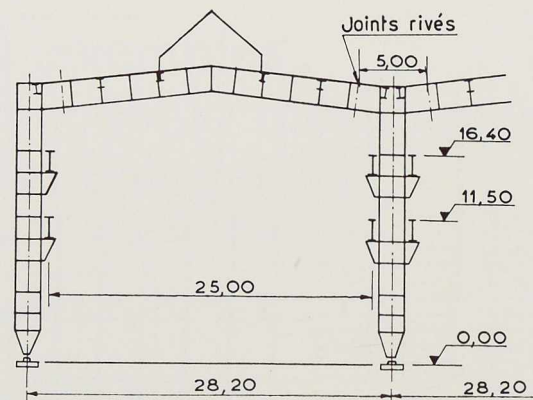


Fig. 7. Portiques à béquilles articulées.

joint de dilatation sont prévus. La traverse est constituée par une poutre à âme pleine de 15 mm d'épaisseur à laquelle sont soudés deux plats de 50 mm d'épaisseur. Les colonnes ont le même profil que la traverse, mais renforcées par quatre cornières 160 × 160 × 7 mm, soudées aux plats (fig. 6). Les portiques sont pourvus d'un joint de montage prévu à une distance telle de l'axe de la colonne que le transport des colonnes, entièrement exécutées à l'atelier, fut possible par les moyens habituels. Vu l'importance du profil des plats pour semelles, les laminoirs ne pouvaient fournir que des tronçons de 6 m de longueur. Ceci a provoqué de nombreux joints soudés transversaux qui furent exécutés, ainsi que joints de

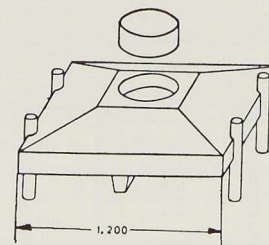
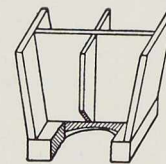


Fig. 8. Pied de la colonne prenant appui sur une rotule sphérique.





l'âme, par soudure en « x », sans couvre-joints.

Le pied de colonne, transmettant une réaction de l'ordre de 330 t, prend appui sur une rotule sphérique (fig. 8). Celle-ci, ainsi que la base de la colonne, est exécutée en acier forgé. La base de semelle est en acier coulé. Elle n'est fixée dans le bloc de fondation que contre un déplacement horizontal.

Les poutres de roulement pour les ponts roulants reposent sur des consoles soudées aux colonnes. Ces consoles ont fait l'objet d'une étude particulière difficile. En effet, les importantes sollicitations dynamiques créaient un effort tranchant et un moment fléchissant importants qui devaient être repris presque entièrement par les soudures. La figure 9 représente l'assemblage des consoles.

Les fermes sont raidies dans le sens longitudinal par des traverses en profil I soudé, qui réalisent des nœuds rigides avec les colonnes de fermes (fig. 10).

Les poutres de roulement pour ponts roulants ont été calculées comme poutres continues à travées multiples. Elles ont la hauteur de 1,60 m. Leur profil reste le même sur toute la longueur du hall. Les joints d'assemblage de ces poutres furent exécutés en dehors des appuis.

Les pannes de toiture sont constituées par des poutrelles laminées en I. L'âme de ces poutrelles fut découpée en deux suivant une ligne brisée et ensuite soudée, afin d'obtenir une hauteur plus grande et de réduire ainsi la flèche. Les nœuds d'assemblage des pannes aux traverses des fermes constituent en même temps le raidissement de

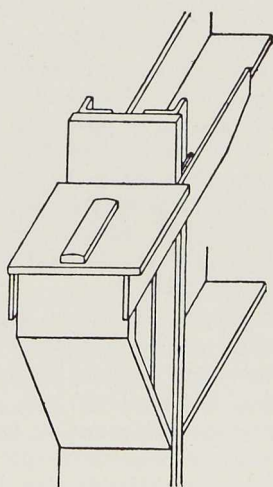


Fig. 9. Assemblage des consoles.

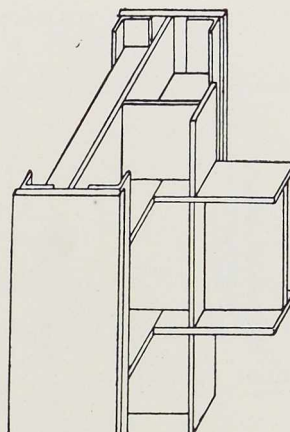


Fig. 10. Ferme raidie dans le sens longitudinal par des traverses en profil I soudé.

l'âme de traverse contre le voilement. Les pannes ont une portée de 16 mètres et sont espacées de 5 mètres. Elles ont été calculées comme poutres partiellement encastrées. Sur les pannes reposent les poutrelles espacées de 2 mètres formant lattes, qui portent des dalles en béton de scorie. Les lanterneaux prennent appui sur les bouts de poutrelles-lattes formant saillies.

Dans la première phase de construction, on a exécuté un seul hall. Cependant, les colonnes du côté prévu pour l'extension ont reçu des consoles à relier ultérieurement aux traverses du hall futur.

L'assemblage sur chantier fut exécuté au moyen de quatre grues. On dressait séparément les colonnes et ensuite on montait les traverses.

Le poids de la construction s'élève pour un

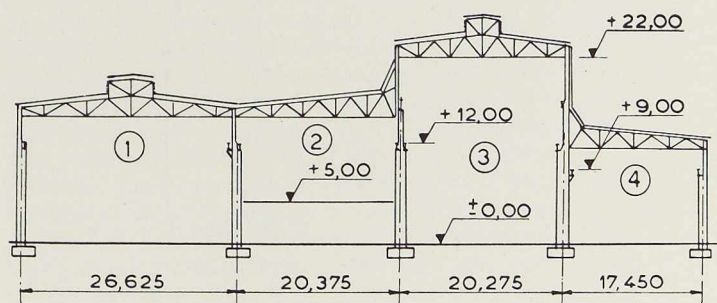


Fig. 11. Schéma des halls d'une aciérie.

1. Matières de chargement.
2. Fours.
3. Coulée.
4. Hall auxiliaire.

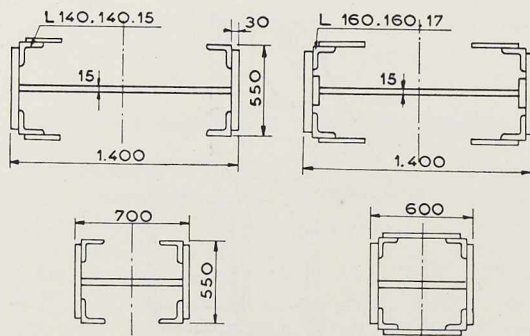


Fig. 12. Sections des colonnes.

seul hall à 350 kg par m<sup>2</sup>. Ce poids unitaire sera moindre pour les halls accolés futurs, vu les rangées de colonnes mitoyennes.

#### Halls d'aciérie

Le bâtiment se compose de quatre halls, à savoir : hall de matières de chargement, hall de fours, hall de coulée, hall auxiliaire (fig. 12). Les ponts roulants ont les capacités de chargement suivantes : pont roulant pour coulage, 120 t; pont roulant à aimant pour ferraille, 15 t;

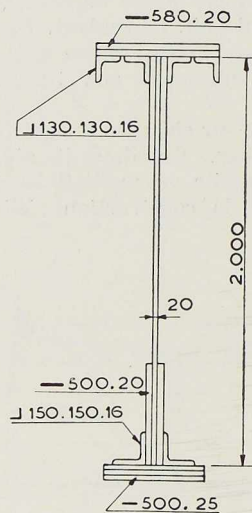


Fig. 13. Section des poutres de 20 mètres de portée portant le pont roulant du hall de coulée.

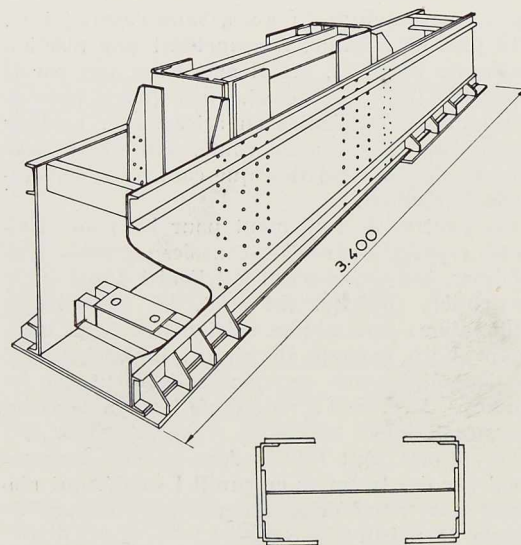


Fig. 14. Détail d'un pied de colonne.

pont roulant de chargement, 5 t. Les forces transmises par les roues des ponts peuvent atteindre jusqu'à 40 t. Les halls ont une longueur de 140 mètres; on prévoit une extension en longueur jusqu'à 250 mètres.

Les colonnes sont encastées dans les fondations. Leur espacement est de 10 mètres sauf dans le hall de fours où, à l'endroit des fours, il s'élève à 20 mètres. Les colonnes sont raidies dans le sens longitudinal par des traverses en treillis. Sur ces dernières prennent appui les fermes de toiture. Les lanterneaux sont fixés aux fermes de toiture par des boulons.

Les rails du pont roulant dans le hall de coulée sont situés dans l'axe des deux rangées de poteaux adjacentes. Ceci a provoqué un désaxement de 0,60 m des poutres en treillis longitudinales, des deux côtés de ce hall, par rapport aux colonnes. Les fermes de toiture dans ce hall prennent appui du côté du hall des fours, sur les montants prolongés vers le haut de la poutre en treillis longitudinale.

Les poutres, portant les ponts roulants, sont exécutées en profils rivés à âme pleine et calculées comme librement appuyées aux deux extrémités.

La restriction de hauteur des poutres de 20 mètres de portée soutenant le pont roulant du hall de coulée a nécessité l'application des semelles de section considérable (fig. 13). D'autre part, la réduction de hauteur de ces poutres sur les appuis et l'effort tranchant important à ces



endroits ont provoqué le renforcement d'épaisseur de l'âme, au moyen de tôles supplémentaires soudées.

Les colonnes sont conçues en sections à âme pleine (fig. 12). Le moment fléchissant atteint 660 tm pour les colonnes de rive et 1.000 tm pour les colonnes intérieures. Les forces axiales correspondantes sont de 370 t et de 640 t. Les colonnes et leurs pieds, exécutés séparément à l'atelier, furent assemblés sur chantiers par des rivets. Le pied de la colonne est représenté sur la figure 14. Les pièces d'ancrage sont placées à l'intérieur du pied.

Le poids unitaire de la construction métallique des halls intérieurs s'élève à 322 kg par m<sup>2</sup>.

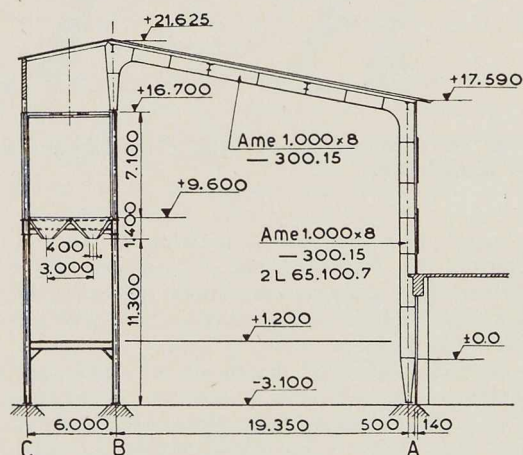


Fig. 15. Ossature métallique d'une chaufferie.

#### Agrandissement de chaufferie

La transformation d'une importante chaufferie comportait l'établissement de nouvelles chaudières avec modification permettant d'alimenter l'usine en charbon. Avant la transformation, le transport du charbon s'effectuait au moyen de raccordement de chemin de fer à voie étroite, qui se trouvait sur un viaduc au niveau + 5,60 m. Les accumulateurs à charbon étaient installés en dessous du viaduc. D'après le nouveau projet, un parc à charbon est installé près de la ligne ferroviaire principale et au niveau inférieur de celle-ci (fig. 16). De cet entrepôt le charbon est transporté par l'élévateur et le transporteur placé au niveau + 16,70 m jusqu'aux silos se trou-

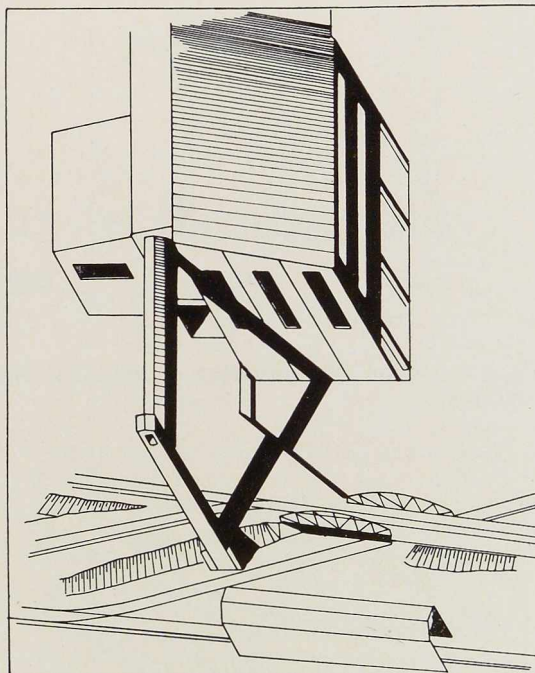


Fig. 16. Schéma d'une chaufferie d'usine. Le charbon est transporté de l'entrepôt par l'élévateur et le transporteur aux silos.

vant dans le bâtiment. L'emplacement de nouvelles chaudières exigeait que les silos soient situés au-dessus de la voie de raccordement existante, pénétrant en même temps, partiellement à l'intérieur de l'ancien bâtiment des chaudières. Cette situation des nouveaux silos, la nécessité du maintien de la circulation sur la voie de raccordement jusqu'au moment de leur mise en marche, les importantes différences de niveau du sol, ainsi que la grande envergure de travaux de démontage à exécuter parallèlement aux travaux de montage, ont exigé l'élaboration détaillée des phases successives du programme de construction. Etant donné que l'exécution de l'échafaudage et du coffrage pour le béton armé aurait présenté de grandes difficultés, on a décidé d'exécuter la charpente portant les silos, en acier enrobé de béton (fig. 15).

L'ossature est constituée par l'ensemble rigide des silos et par les fermes, appuyées d'un côté sur les silos et de l'autre côté sur les fondations au niveau 3,10 m. Les traverses et les béquilles

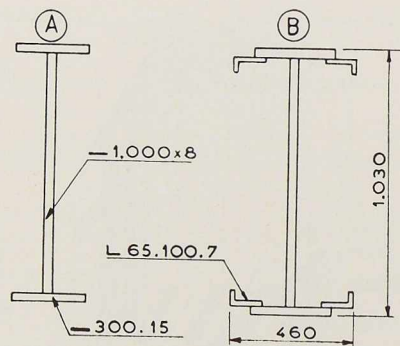


Fig. 17. Section des traverses et béquilles du portique.

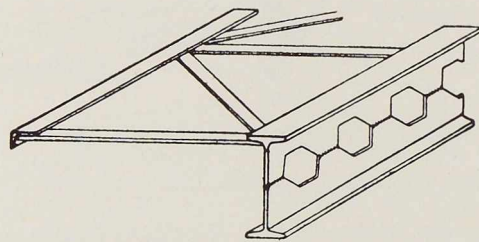


Fig. 18. Poutrelles ajourées utilisées pour les pannes.

sont conçues en section à âme pleine (fig. 17) renforcée par quatre cornières à la partie inférieure des béquilles pour diminuer l'éclatement de la pièce. Les fermes ne sont sollicitées que par le poids mort de la toiture et par le vent. L'articulation du pied de béquille est exécutée en tôles soudées de forte épaisseur. Les pannes de toiture, de 10,40 m de longueur, sont en poutrelles laminées dont l'âme fut découpée en deux suivant une ligne brisée et ensuite soudée sur une plus grande hauteur, afin de diminuer la flèche (fig. 18). Les pannes de rive formant un seul élément de montage, avec le contreventement en treillis, se trouvent dans le plan de la toiture. L'ossature du bâtiment est raidie, en outre, dans le sens longitudinal par des traverses, allant d'une béquille à l'autre (fig. 19). On a prévu également des raidisseurs en treillis, liés aux béquilles de rive, conçus en dimensions telles que leur entière exécution à l'atelier fut possible. Les silos sont portés par trois portiques de 12,70 m de hauteur. Une rangée de neuf

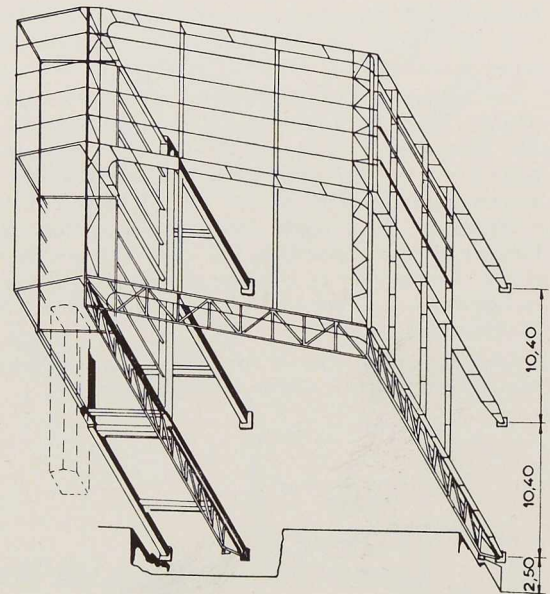


Fig. 19. Ossature métallique du bâtiment de la chaufferie.

poteaux en acier fut placée au-dessus de ces fermes dans l'alignement de la paroi des silos. A ces poteaux furent fixées les armatures de paroi exécutées en béton armé.

Lors de l'exécution des plans, on a pris spécialement en considération la question du montage, vu les difficultés spéciales du chantier. La plupart des éléments ont été entièrement exécutés à l'atelier et assemblés ensuite sur chantier par soudure et par un certain nombre de boulons. Un assemblage partiel garantit la stabilité de construction et le montage de l'ossature fut mené sans interrompre la marche des chaudières existantes.

Le pont en treillis, soutenant le transporteur, fut exécuté à l'atelier en deux tronçons, donc avec un seul joint de montage. Le pont fut assemblé au chantier au-dessus des silos et ensuite ripé vers une tour à ossature en treillis érigée d'avance. Celle-ci fut fournie au chantier en tronçons entièrement préfabriqués à l'atelier.

Le poids total de la construction métallique s'est élevé à 205 tonnes.

Ces quelques exemples montrent les services que la soudure peut rendre à la construction d'ouvrages industriels.

A. W.



J. Dutheil,  
Ingénieur A. & M. et I. E. G.,  
Lauréat de l'Académie  
des Sciences  
Dijon (France)

## Etude sur le flambement des tubes

Les Règles de vérification au flambement des barres prismatiques droites, soumises à une compression axiale, sont en principe applicables aux tubes à section circulaire.

Il faut cependant faire une réserve.

On sait que le problème du flambement est en réalité un problème de flexion composée. On constate, en effet, expérimentalement, qu'une barre droite articulée à ses deux extrémités et soumise à une compression axiale, prend une position d'équilibre fléchie pour une charge très inférieure à celle sous laquelle elle s'affaisse. Cette flexion prématurée est due surtout à l'inhomogénéité du matériau, et dans une certaine mesure, aux défauts de forme (défauts de rectitude, de centrage, de symétrie de la section, etc.).

Dès qu'elle est fléchie, la barre se trouve soumise simultanément à une compression et un moment de flexion d'où il résulte une contrainte qui est maximum dans la fibre extrême la plus comprimée de la section médiane.

Lorsque cette contrainte maximum atteint la valeur de la limite d'écoulement du métal, la flèche croît plus rapidement qu'à l'état élastique, ce qui entraîne une croissance encore plus rapide du moment de flexion. Si l'on néglige les effets de l'adaptation de plasticité, il n'y a plus d'équilibre possible. C'est bien ce que l'on constate dans le cas d'une barre prismatique pleine, ou d'un tube circulaire dont l'épaisseur est suffisamment grande par rapport à son rayon moyen.

Ce processus du flambement suppose qu'aucun autre phénomène ne vient provoquer un accroissement inélastique de la flèche, avant que la limite d'écoulement n'apparaisse.

Un tel phénomène se produit dans le cas où la barre considérée est composée de membrures

assemblées par des treillis par exemple. Le tronçon de membrure de la section médiane le plus sollicité peut avoir un élanement assez grand, pour que sa pression d'affaissement soit notablement inférieure à la limite d'écoulement. Or c'est cette pression d'affaissement du tronçon qui détermine l'affaissement de l'ensemble.

De même, si la barre considérée est un tube d'épaisseur suffisamment faible par rapport à son rayon moyen, il peut se produire un plissement dans la région de la section médiane, alors que la contrainte maximum correspondante, calculée comme dans une barre prismatique, est inférieure à la limite d'écoulement, et ce plissement provoque l'affaissement de l'ensemble du tube.

Quelle est la valeur limite du rapport entre l'épaisseur du tube et son rayon moyen pour que ce phénomène ne soit pas à craindre, comment le prendre en compte quand il se produit, tels sont les problèmes que nous nous proposons de résoudre.

### Etude du flambement symétrique élastique des tubes courts sous l'action d'une pression axiale uniforme

Ce problème a été résolu par M. Timoshenko (*Théorie de la stabilité élastique*, p. 423), si l'on considère que le tube est en matériau parfaitement et indéfiniment élastique et résistant,

Considérons un tube supposé parfait de forme et de structure, de rayon moyen  $r$ , d'épaisseur  $e$ , et de longueur  $l$ . Ce tube étant soumis à une pression axiale uniforme, il peut se produire un flambement symétrique du tube suivant figure 1, pour une pression inférieure à la pression critique d'Euler, calculée pour l'ensemble du tube considéré comme une barre prismatique, si l'élanement est suffisamment petit.



En admettant que cette condition soit réalisée, M. Timoshenko a établi que la charge critique, correspondant à l'état d'équilibre en ondulations symétriques, suivant la figure 1, est donnée par

$$N_{cr} = D \left( \frac{m^2 \pi^2}{l^2} + \frac{E \varepsilon l^2}{r^2 D m^2 \pi^2} \right) \quad (1)$$

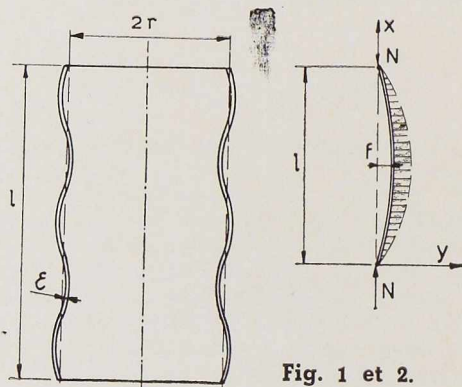


Fig. 1 et 2.

expression dans laquelle :

D est la raideur d'une bandelette élémentaire de largeur 1, découpée dans le tube suivant une génératrice

$$D = \frac{E \varepsilon^3}{12(1 - \eta^2)} \quad (2)$$

$\eta$  coefficient de Poisson.

m nombre de demi-ondes sur la longueur l.

La longueur d'une demi-onde est donnée par

$$\frac{l}{m} = \pi \sqrt[4]{\frac{r^2 D}{E \varepsilon}} \quad (3)$$

De ces expressions, on peut déduire la pression critique

$$n_{cr} = \frac{E \varepsilon}{r \sqrt{3(1 - \eta^2)}} \quad (4)$$

qui, avec  $\eta = 0,3$ , devient

$$n_{cr} = 0,605 E \frac{\varepsilon}{r} \quad (5)$$

Avec cette même valeur de  $\eta$ , la longueur d'une demi-onde :

$$\delta = \frac{l}{m} = 1,72 \sqrt{r \varepsilon} \quad (6)$$

Les essais montrent que la valeur de  $n_{cr}$  mesurée est, en général, très inférieure à la valeur calculée par (5).

Des expériences de Donnell sur des tubes minces en acier, on peut conclure que pour ce matériau la concordance est suffisante en prenant

$$n_{cr} = 0,2 E \frac{\varepsilon}{r} \quad (7)$$

Pour le duralumin, il résulte des essais de Lundquist qu'on peut admettre

$$n_{cr} = 0,3 E \frac{\varepsilon}{r} \quad (8)$$

la limite de validité de ces deux valeurs étant déterminée par  $\frac{\varepsilon}{r} > \frac{1}{700}$ , condition très largement satisfaite pour les tubes employés en construction.

#### Assimilation à l'étude d'une barre prismatique soumise à une compression axiale, dans un milieu élastique

Dans l'expression (2) de D,  $\frac{\varepsilon^3}{12}$  représente le moment d'inertie I de la bandelette élémentaire. En posant par ailleurs

$$E' = \frac{E}{1 - \eta^2} \quad \text{et} \quad \beta = \frac{E \varepsilon}{r^2}$$

l'expression (1) peut s'écrire

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E' I}{l^2} \left( m^2 + \beta \frac{l^4}{m^2 \pi^4 E' I} \right) \quad (9)$$

On voit que cette expression de la charge critique est entièrement analogue à celle concernant une barre prismatique de moment d'inertie I, présentant un module d'élasticité E', et soumise à une compression axiale dans un milieu élastique de constante  $\beta$  (TIMOSHENKO, *Théorie de la stabilité élastique*, p. 105).

La longueur de la demi-onde est donnée par

$$\frac{l}{m} = \sqrt[4]{\frac{\pi^4 E' I}{\beta}} \quad (10)$$

soit en remplaçant E' et  $\beta$  par leur valeur

$$\frac{l}{m} = 1,72 \sqrt{r \varepsilon}$$

expression identique à (6).



Le problème du flambement symétrique du tube peut donc être ramené à celui du flambement de la barre prismatique constituée par la bandelette élémentaire, soumise à une compression axiale, dans un milieu élastique de constante  $\beta = \frac{E\varepsilon}{r^2}$ .

Le fait qu'il n'y ait pas concordance expérimentale, comme nous l'avons remarqué précédemment, est dû à diverses causes qu'il serait trop long d'analyser ici. Quelles que soient ces causes, on peut interpréter simplement leur effet en admettant que la constante du milieu élastique est en réalité non pas  $\beta$ , mais

$$\beta' < \beta.$$

Dans le cas des tubes en acier, on est ainsi amené à prendre

$$\beta' = \frac{\beta}{9}$$

d'où il résulte que la longueur de la demi-onde devient, d'après l'expression (10),

$$\left(\frac{l}{m'}\right) = 1,72 \sqrt{3} \sqrt{r\varepsilon}$$

soit sensiblement

$$\frac{l}{m'} = 3 \sqrt{r\varepsilon} \quad (11)$$

et la longueur de la demi-onde étant multipliée par  $\sqrt{3}$ , la pression critique théorique est divisée par 3, ce qui donne bien la valeur (7).

De même, pour le duralumin, on prendra  $\beta' = \frac{\beta}{4}$ , ce qui donnera

$$\frac{l}{m'} = 2,43 \sqrt{r\varepsilon} \quad (12)$$

et pour la pression critique la valeur (8).

#### **Etude du flambement symétrique des tubes courts sous l'action d'une pression axiale uniforme, compte tenu de la ductilité du métal**

Dans l'étude qui précède, nous avons supposé le métal parfaitement homogène, indéfiniment élastique et résistant, et les formules qui précèdent ne sont valables que dans cette hypothèse.

En réalité, les métaux, qu'il s'agisse d'acier ou de duralumin, sont ductiles, et présentent une limite apparente d'élasticité, ou limite d'écou-

lement. Ils sont d'ailleurs inhomogènes, et les pièces considérées présentent certaines déficiences de formes.

On conçoit que ces circonstances soient de nature à influencer sur le problème du flambement symétrique des tubes courts, et qu'il soit important d'analyser cette influence, pour donner une solution pratique aux problèmes qui se posent en construction.

a) *Analyse du processus du flambement d'une barre prismatique en matériau ductile, soumise à une compression axiale dans un milieu élastique.*

Considérons une barre prismatique initialement droite de longueur  $l$ , soumise à une compression axiale, et en position d'équilibre légèrement fléchie en une seule demi-onde dans un milieu élastique de constante  $\beta$  (fig. 2).

Sa ligne élastique peut être considérée sans erreur appréciable comme sinusoïdale, son équation est donc

$$y = f \sin \frac{\pi}{l} x.$$

Dans la compression axiale  $N$ , correspondant à l'équilibre, on peut distinguer deux parties distinctes :

a)  $N_c$  charge critique d'Euler de la barre supposée libre, et pour le moment indéfiniment élastique;

b) Une charge complémentaire  $N_1$ , provenant des réactions du milieu élastique.

Le système de forces constitué par  $N_1$ , et les réactions du milieu élastique qui l'équilibrent, ne produisent aucun moment fléchissant dans la barre, car le travail de la force  $N_1$  dans son déplacement est égal au travail des réactions élastiques (l'augmentation de potentiel interne due au raccourcissement de la barre est négligeable).

On peut donc exprimer  $N_1$  en fonction de  $\beta$ , en écrivant que le moment dans la section médiane est nul.

La réaction du milieu élastique sur un élément  $dx$  de la barre est

$$\beta y dx = \beta f \sin \frac{\pi}{l} x \times dx.$$

La somme des réactions élastiques est

$$P = \int_0^l \beta f \sin \frac{\pi}{l} x \times dx = \beta f \frac{2l}{\pi}$$

le moment de ces réactions, par rapport à la section médiane, est

$$M_0 = \frac{Pl}{2\pi} = \beta f \frac{l^2}{\pi^2}.$$

On peut donc écrire

$$N_1 f = \beta f \frac{l^2}{\pi^2}.$$

$$N_1 = \beta \frac{l^2}{\pi^2} \quad (13)$$

La charge critique totale de la barre sera donc

$$N_{cr} = N_c + N_1 = \frac{\pi^2 EI}{l^2} \left( 1 + \beta \frac{l^4}{\pi^4 EI} \right) \quad (14)$$

on retrouve bien ainsi l'expression de  $N_{cr}$ , avec  $m=1$ , établie par M. Timoshenko par la méthode de l'énergie.

Il est important de remarquer que  $N_1$  ne dépend, pour une barre de longueur donnée, que de la constante du milieu élastique  $\beta$ , et que pour une charge  $\leq N_1$ , il y a position d'équilibre rectiligne de la barre qui travaille en compression simple.

Revenons maintenant à la barre réelle avec sa limite élastique et ses défauts de structure et de forme, et considérons les pressions provenant des charges considérées ci-dessus.

La pression critique théorique s'exprime par

$$n_{cr} = n_c + n_1.$$

Désignons par  $n_e$  la limite d'écoulement du métal.

Si la constante du milieu élastique est telle que  $n_1 \geq n_e$ , il y a *compression simple*. La barre s'écrasera en restant rectiligne, au moins tant que la plastification ne sera pas complète, ce qui pourra se produire pour une pression notablement  $> n_e$  en raison d'un phénomène analogue au freinage et par lequel les fibres extérieures gênent l'écoulement des fibres intérieures. Après quoi il pourra se produire un fléchissement amorçant l'affaissement. Peu importe d'ailleurs, car la barre, après dépassement de sa limite élastique, aura subi une déformation importante, et de nature à causer des perturbations dans le système dont elle fait partie, voire sa ruine. Il faut donc considérer la barre comme ruinée dès qu'elle atteint sa limite élastique, et prendre le coefficient de sécurité par rapport à cet état critique.

Si la constante du milieu élastique est telle que  $n_1 < n_e$ , il y a équilibre rectiligne tant que la pression appliquée est  $< n_1$ , puis lorsqu'elle dépasse  $n_1$ , position d'équilibre fléchi.

Comment déterminer la pression probable d'affaissement? La « méthode Dutheil » de calcul au flambement fournit la solution immédiate à ce problème. Il y aura affaissement quand la contrainte maximum au bord de la section médiane de chaque petite demi-onde atteindra la limite d'écoulement  $n_e$ .

Mais la section se trouve déjà soumise à une compression simple  $n_1$ , qui est invariable pour une valeur donnée de  $\beta$ . Il faut donc que la contrainte complémentaire, provenant à la fois de la pression complémentaire et du moment de flexion qui lui correspond, soit égale à  $n_e' = n_e - n_1$ .

Tout se passe alors, au point de vue du flambement, comme si la barre, tout en conservant son module d'élasticité  $E$ , avait une limite d'écoulement  $n_e'$ .

La pression complémentaire d'affaissement se calcule, dans ces conditions, immédiatement par

$$n' = n_4 - \sqrt{n_4^2 - n_c n_e'}$$

avec

$$n_4 = \frac{1}{2} (n_c + n_0 + n_e') \quad n_0 = \frac{n_e'}{12}$$

et la pression totale d'affaissement sera

$$n_1 + n'.$$

Il est intéressant de remarquer qu'on a ainsi tenu compte de la ductilité du métal tout en n'effectuant que des calculs d'élasticité, en négligeant toutefois l'adaptation de plasticité qui n'a ici qu'une influence très faible.

La pression totale d'affaissement ainsi calculée n'a d'intérêt qu'au point de vue de la vérification expérimentale. Elle ne pourrait servir de base qu'à une conception empirique de la sécurité. Pour rendre cette conception rationnelle, il suffit de déterminer, au lieu et place de  $n'$ , la pression  $n_s'$  ou pression complémentaire limite au-dessous de laquelle l'affaissement ne pourra se produire qu'exceptionnellement. On calcule  $n_s'$  par les mêmes formules que  $n'$ , mais en prenant

$$n_0 = \frac{n_e'}{2,4}$$

La pression critique limite totale sera donc

$$n'_{cr} = n_1 + n_s' \quad (15)$$





et l'affaissement ne pourra se produire pour une pression inférieure à  $n'_{cr}$ , qu'exceptionnellement, et avec une probabilité suffisamment faible pour être négligeable. On pourra donc prendre, par rapport à  $n'_{cr}$ , le même coefficient de sécurité que dans le cas précédent, c'est-à-dire le coefficient de sécurité par rapport à la limite élastique :

$$\sigma = \frac{n_e}{R}$$

R étant la contrainte admissible à la traction ou compression simple.

b) *Application, au problème du flambement symétrique, des tubes courts*

Nous avons vu que ce problème s'identifie avec celui de la barre prismatique comprimée en milieu élastique. La prise en compte de la ductilité du métal se fera donc par la même méthode, et tout ce qui est exposé dans le paragraphe qui précède s'applique aux tubes. Dans les formules donnant  $n'_s$  et  $n'_d$ , la pression critique d'Euler sera celle de la bandelette élémentaire, prise sur la longueur d'une demi-onde. Cette longueur est donnée par la formule (11).

Il est toutefois intéressant de rechercher pour quelle valeur limite du rapport  $\frac{\varepsilon}{r}$  le tube court s'affaissera par dépassement de la limite élastique, au lieu de s'affaisser par plissement. Pour que cette condition se réalise, il suffit que

$$n_1 \geq n_e.$$

**Tubes en acier**

Nous avons vu que dans le cas d'une barre prismatique on avait

$$N_1 = \beta \frac{l^3}{\pi^2}$$

dans le cas du tube, il faut prendre pour  $l$  la longueur  $\delta$  d'une demi-onde. Par ailleurs, la bandelette élémentaire ayant une largeur  $1$ , pour obtenir  $n_1$ , il suffit de diviser  $N_1$  par  $\varepsilon$ , d'où

$$n_1 = \frac{\beta}{\varepsilon} \frac{\delta^2}{\pi^2}$$

qui avec

$$\beta = \frac{E\varepsilon}{9r^2} \text{ et } \delta = 3\sqrt{r\varepsilon}$$

donne

$$n_1 = \frac{E}{\pi^2} \frac{\varepsilon}{r}$$

On aura donc affaissement du tube par dépassement de la limite élastique si

$$\frac{E}{\pi^2} \frac{\varepsilon}{r} \geq n_e$$

ou

$$\frac{\varepsilon}{r} \geq \frac{\pi^2}{E} n_e \quad (16)$$

En prenant  $E = 21\,000 \text{ kg/mm}^2$ ,

$$\frac{\varepsilon}{r} \geq 0,00047 n_e \quad (17)$$

$n_e$  étant la limite d'écoulement en  $\text{kg/mm}^2$ . Pour l'acier doux ordinaire, avec  $n_e = 28,6 \text{ kg/mm}^2$ , on obtient

$$\frac{\varepsilon}{r} \geq 0,0135 \quad (18)$$

On voit que cette condition est satisfaisante pour tous les tubes courants du commerce employés en construction.

**Tubes en duralumin**

On a

$$\beta = \frac{E\varepsilon}{4r^2} \quad \delta = 2,43\sqrt{r\varepsilon}$$

d'où

$$n_1 = \frac{5,92}{4} \frac{E}{\pi^2} \frac{\varepsilon}{r}$$

la condition est ici

$$\frac{\varepsilon}{r} \geq 0,676 \frac{\pi^2}{E} n_e$$

ou, avec  $E = 7\,500 \text{ kg/mm}^2$ ,

$$\frac{\varepsilon}{r} \geq 0,0089 n_e \quad (19)$$

soit avec  $n_e = 26 \text{ kg/mm}^2$

$$\frac{\varepsilon}{r} \geq 0,0232 \quad (20)$$

Cette condition plus dure que pour l'acier est cependant encore satisfaite pour tous les tubes du commerce.



### Tubes à paroi très minces

Si l'on avait affaire à des tubes en acier ou en duralumin ne satisfaisant pas aux conditions (18) ou (19), on calculerait sans difficulté la pression critique limite :

$$n'_{cr} = n_1 + n'_s \quad (21)$$

comme nous l'avons exposé à propos des barres prismatiques comprimées en milieu élastique.

### Flambement des tubes d'éclatement quelconque soumis à une compression axiale, compte tenu de la ductilité du métal et de son inhomogénéité

a) Tubes répondant à la condition

$$\frac{\varepsilon}{r} \geq A \frac{\pi^2}{E} n_e \quad (22)$$

A coefficient dépendant du matériau :

$$\begin{aligned} A &= 1 \text{ pour l'acier;} \\ A &= 0,676 \text{ pour le duralumin.} \end{aligned}$$

Ces tubes se comportent comme des barres prismatiques pleines, puisque la limite d'écoulement apparaît au bord de la section médiane, sans risque de plissement. La méthode Dutheil s'applique donc classiquement.

b) Tubes très minces tels que

$$\frac{\varepsilon}{r} < A \frac{\pi^2}{E} n_e$$

M. Timoshenko a démontré (*Théorie de la stabilité élastique*, p. 447) que dans le cas de tubes soumis simultanément à la compression et à la flexion, on arrive à une approximation suffisante et que l'on reste dans les valeurs de sécurité en supposant que le flambement se produit lorsque la contrainte maximum de compression devient égale à la tension critique calculée pour le flambement symétrique.

Or de l'hypothèse fondamentale de notre méthode, il résulte précisément que l'instabilité au flambement a lieu dans un état de flexion et de compression simultanées par dépassement d'une certaine contrainte au bord de la section médiane.

Comme par ailleurs les calculs qui découlent de cette hypothèse se font jusqu'à l'état critique, en élasticité pure, la conclusion de M. Timoshenko s'applique parfaitement.

Il en résulte que notre méthode s'applique encore classiquement, il suffit, dans les formules

d'application, de remplacer  $n_e$  par  $n'_{cr}$  déterminé par (21).

Il y a analogie complète avec le flambement des barres composées de membrures assemblées par treillis, et pour lesquelles on remplace, dans les formules d'application,  $n_e$  par  $\frac{n_e}{kt}$ ,  $kt$  étant le coefficient de flambement du tronçon de membrure.

### Vérification expérimentale

A notre connaissance, il n'y a pas d'essais de flambement sur tubes d'acier dont les dimensions se rapprochent de la condition (16).

Par contre, dans la construction aéronautique, on emploie couramment des tubes en duralumin qui se rapprochent de la condition (20).

Un certain nombre d'essais ont été effectués récemment par la S.N.C.A.N. sur des tubes de duralumin avec l'échantillonnage suivant :

Dimensions théoriques	$\frac{\varepsilon}{r}$
40 × 1,25	0,0646
50 × 1	0,0408
50 × 1,25	0,0513
64 × 1,25	0,04

$$E = 7\,500 \text{ kg/mm}^2.$$

$$\text{Limite élastique moyenne : } 26 \text{ kg/mm}^2.$$

Il résulte de la présente étude que ces tubes doivent se comporter au flambement comme des barres prismatiques pleines. Leur pression d'affaissement probable se calcule donc par la formule suivante :

$$n' = n_4 - \sqrt{n_4 - n_e n_c} \quad (23)$$

avec

$$n_4 = \frac{1}{2} (n_c + n_0 + n_e)$$

$$n_0 = \frac{n_e}{12} \quad n_c = \frac{\pi^2 E}{\gamma^2}$$

$\gamma$  éclatement du tube.

Sur la figure 3, nous avons indiqué, par des points, les résultats d'essais correspondant aux différents échantillons essayés, leur éclatement  $\gamma$  se lit en abscisse. Nous avons, par ailleurs, tracé la courbe de  $n'$  en fonction de  $\gamma$  donnant les valeurs probables de la pression d'affaissement.



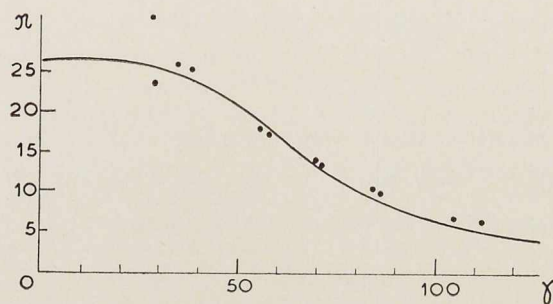


Fig. 3. Résultats d'essais.

On voit que cette courbe passe sensiblement par la moyenne des points d'essais, en éliminant celui de ces points qui se situe anormalement haut, la concordance est aussi bonne que pour des barres prismatiques pleines. La dispersion des résultats pour les petits élancements n'est due qu'à la variation inévitable de la valeur de la limite élastique, et aux défauts diverses de forme et de structure des échantillons essayés.

Ceci démontre suffisamment que les tubes courants du commerce peuvent être considérés, du point de vue de la résistance au flambement, comme des barres prismatiques pleines.

Les formules de vérification au flambement des tubes employées en Amérique, telles que les formules de Johnson, ou des formules du genre Tetmayer, ne tiennent d'ailleurs pas compte de la valeur de  $\frac{\varepsilon}{r}$ .

Il serait sans doute souhaitable d'entreprendre de nouveaux essais sur des tubes plus minces, pour une vérification plus précise de nos résultats, si toutefois de tels tubes peuvent avoir un intérêt du point de vue constructif.

#### Remarques sur la formule de Strand

Quand il s'agit de vérifier des tubes au flambement, on fait en France ordinairement usage de la formule de Strand, qui se présente sous la forme

$$n_{cr} = n_r e^{-\left(\frac{\gamma}{m}\right)^2} \quad (24)$$

$n_{cr}$  = charge critique de flambement (rupture) de la pièce droite à section constante, d'élancement  $\gamma$ .

$n_r$  = contrainte d'écrasement d'une pièce de même section, mais d'élancement suffisamment petit pour qu'il y ait compression simple.

$$e = 2,7182.$$

$$m = \pi \sqrt{\frac{Ee}{n_r}}$$

$E$  = module d'élasticité.

Cette formule, d'ailleurs considérée comme valable pour toutes pièces comprimées, est réputée tenir compte de la forme de section. S'il en est bien ainsi, c'est par le terme  $n_r$  que la forme de section intervient. On peut supposer  $n_r$  déterminé expérimentalement pour une section donnée. On aura donc sensiblement pour  $\gamma=0$

$$n_{cr} = n_r.$$

Comme à partir d'un élancement plus ou moins grand, la courbe de Strand est tangente à l'hyperbole d'Euler, on aura, pour la valeur de l'élancement correspondant au point de tangence,  $n_{cr} = n_c$ ,  $n_c$  étant la pression critique d'Euler. La formule de Strand se trouve ainsi vérifiée expérimentalement pour les deux valeurs extrêmes du domaine d'élancement où elle est applicable. Mais le sera-t-elle pour toute valeur comprise dans ce domaine et dans tous les cas? C'est moins évident, car il ne s'agit que d'une formule mathématique de raccordement, comme on peut en imaginer d'autres, et qui ne repose sur aucun fondement physique.

Il apparaît même que la concordance expérimentale puisse être a priori contestée, car  $n_r$  n'est pas toujours un facteur déterminant pour le flambement.

Considérons par exemple le cas des barres prismatiques à section pleine en acier doux ordinaire, pour lequel on dispose de nombreuses expériences, en particulier de celles de Tetmayer. On sait que les barres essayées fléchissent dès le début de l'application de la charge et que, travaillant ainsi à la flexion composée, leur affaissement se produit très sensiblement quand la contrainte d'écoulement fait son apparition au bord de la section médiane, au moins pour des élancements  $> 25$ , que cela ne soit pas tout à fait vrai pour des élancements plus petits, en raison de certains phénomènes annexes, cela n'a aucune importance pratique. On voit cependant que dans le domaine très important des élancements moyens, l'affaissement ne dépend nullement de  $n_r$  qui a ici pour valeur 40 kg/mm<sup>2</sup> environ, mais avant tout de la limite d'écoulement dont la valeur moyenne est :  $n_c = 28,6$  kg/mm<sup>2</sup>.

Il est donc douteux que la formule de Strand puisse donner une concordance expérimentale.

Prenons par exemple  $\gamma=40$ , élancement pour lequel la formule de Tetmayer, qui est purement expérimentale, donne une pression d'affaissement

de 26,4 kg/mm<sup>2</sup>. Pour ce même élanement, avec  $n_r = 40$  kg/mm<sup>2</sup>, la formule de Strand donne une pression d'affaissement de 36 kg/mm<sup>2</sup>, soit une valeur de 36 % supérieure à celle de Tetmayer. Même si l'on considère que 26,4 kg/mm<sup>2</sup> ne correspond pas très exactement à la moyenne des points d'essais, qui est d'environ 27,5 kg/mm<sup>2</sup>, l'écart reste de 30 %.

Si l'on trace la courbe de Strand dans son domaine d'application, soit ici pour les élanements compris entre 0 et 110, elle passe au-dessus de tous les points d'essais de Tetmayer. Il en résulte que la conception de la sécurité correspondante est tout à fait insoutenable.

Étudions maintenant le cas des tubes en acier doux ordinaire. Les essais d'écrasement sur tubes courts font apparaître pour  $n_r$  des valeurs qui vont en décroissant, à mesure que le rapport  $\frac{\varepsilon}{r}$  de l'épaisseur du tube à son rayon moyen va lui-même en décroissant. Ce résultat se conçoit, car l'effet de fretage qui s'oppose à l'écoulement du métal est d'autant plus faible que la paroi est mince. La section se plastifie donc d'autant plus rapidement qu'elle est plus mince, et c'est cette plastification, d'où il résulte des déformations dissymétriques, qui provoque l'affaissement. Si cependant le rapport  $\frac{\varepsilon}{r}$  est très petit, l'affaissement peut se produire par flambement symétrique pour une pression inférieure à la limite élastique.

Pour employer la formule de Strand, il faut connaître la valeur de  $n_r'$  à prendre en compte, et qui peut être notablement inférieure à  $n_r$ .

Pratiquement, on détermine le plus souvent  $n_r'$  par la formule empirique suivante, dont on admet qu'elle donne une concordance expérimentale suffisante :

$$n_r' = \frac{n_r}{1 + 3 \frac{n_r r}{E \varepsilon}} \quad (25)$$

Or, pour qu'il y ait affaissement du tube court par dépassement de limite d'écoulement, il suffit que

$$\frac{n_r}{1 + 3 \frac{n_r r}{E \varepsilon}} \geq n_c \quad (26)$$

soit

$$\frac{\varepsilon}{r} \geq \frac{3 n_c n_r}{E (n_r - n_c)} \quad (27)$$

et avec  $n_c = 28,6$   $n_r = 40$   $E = 21\,000$ .

$$\frac{\varepsilon}{r} \geq 0,0143 \quad (28)$$

Or, nous avons nous-mêmes déterminé cette valeur limite de  $\frac{\varepsilon}{r}$  par une autre méthode et nous étions arrivés (formule 16, p. 91) à :

$$\frac{\varepsilon}{r} \geq \frac{\pi^2}{E} n_c$$

qui avec  $n_c = 28,6$  et  $E = 21\,000$  donne

$$\frac{\varepsilon}{r} \geq 0,0135$$

valeur très voisine de (28), ce qui confirme d'ailleurs notre calcul si tant est que la concordance expérimentale de (25) soit bien vérifiée.

Mais ce qu'il est important de remarquer, c'est que pour un tube tel que

$$\frac{\varepsilon}{r} = 0,0143$$

c'est-à-dire à paroi beaucoup plus mince que les tubes employés en construction, ou que les tubes du commerce, on prend dans la formule de Strand (24)

$$n_r = n_c.$$

Si l'on trace la courbe de Strand avec  $n_r = 28,6$  kg/mm<sup>2</sup>;  $E = 21\,000$ , on remarque qu'elle passe suffisamment près de la courbe moyenne des points d'essais de Tetmayer.

Ceci signifie que, d'après la formule de Strand elle-même, un tube tel que  $\frac{\varepsilon}{r} = 0,0143$ , c'est-à-dire à paroi extrêmement mince, se comporte, du point de vue du flambement, comme une barre prismatique à section pleine de même élanement.

Tous les tubes du commerce satisfaisant très largement à la condition

$$\frac{\varepsilon}{r} > 0,0143$$

doivent se comporter eux-mêmes, a fortiori, comme des barres prismatiques pleines.

Mais il est bien évident qu'ils ne peuvent admettre, à élanement égal, une pression critique d'affaissement supérieure à celle d'une barre à section pleine.

C'est cependant le résultat auquel conduit la



formule de Strand, combinée soit avec les essais sur tubes courts, soit avec la formule (25).

Il y a là une anomalie irréductible qui suffit à montrer que la formule de Strand n'est pas meilleure que toutes les autres formules de raccordement, et qu'il est tout à fait illusoire de penser qu'elle prend en compte la forme de section. On arrive à une conclusion identique en ce qui concerne les tubes en duralumin.

Peut-être pourrait-on admettre qu'elle est valable pour des tubes extrêmement minces, mais c'est alors dans un domaine purement théorique, et d'ailleurs la formule de Rankine donnerait des résultats aussi bons, avec l'avantage d'une plus grande simplicité.

Quoi qu'il en soit, ni l'une ni l'autre ne permettent ni une conception rationnelle de la sécurité, ni la résolution de problèmes plus complexes de flambement, tels que ceux par exemple qui concernent les tubes simultanément fléchis et comprimés.

Notre méthode permet au contraire de résoudre rationnellement tous les problèmes de flambement simples ou complexes concernant les tubes, et pour toutes valeurs du rapport  $\frac{\varepsilon}{r}$  et de l'élanement.

### Conclusion

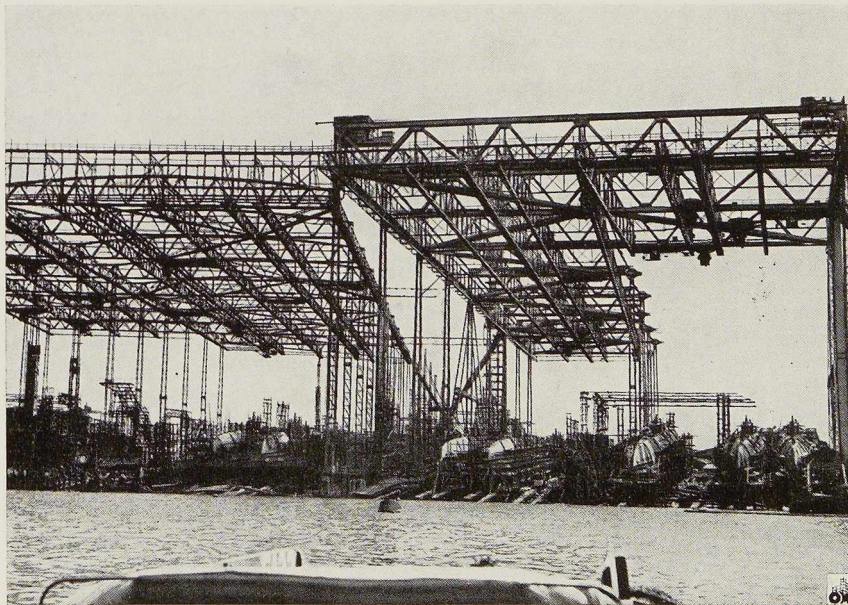
Nous pensons avoir suffisamment montré que, contrairement à une opinion très répandue, la formule de Strand est très loin de donner une solution réelle au problème du flambement des tubes.

Nous avons proposé à ce problème une solution rationnelle qui, d'ores et déjà, peut être considérée comme confirmée pour tous les tubes du commerce, qu'il s'agisse d'acier ou de duralumin. Son application pratique est beaucoup plus simple que l'emploi de la formule de Strand, et permet la résolution de problèmes plus complexes.

Pour les tubes plus minces, la confirmation ne pourrait résulter que d'une confrontation avec de nouveaux essais, tous ceux qui existent à notre connaissance correspondant à des valeurs trop grandes de  $\frac{\varepsilon}{r}$ .

Il reste à déterminer si l'on peut être amené à employer, en construction, des tubes aussi minces que ceux qui correspondraient aux limites calculées pour  $\frac{\varepsilon}{r}$ , et si, par conséquent, les nouveaux essais à entreprendre auraient réellement un intérêt pratique.

J. D.



Charpente métallique des ateliers d'assemblage de sous-marins à Hambourg après le démantèlement.

Photo Vogt.

# CHRONIQUE

## Le marché de l'acier pendant le mois de décembre 1950

	Production acier lingot en tonnes		
	Belgique	Luxembourg	Total
Décembre 1950	377 051	225 622	602 673
Novemb. 1950	367 939	240 286	608 225
Janvier-déc. 1950	3 734 785	2 450 689	6 185 474
Jan.-déc. 1949	3 781 512	2 271 858	6 053 370

La production se maintient à un niveau assez élevé et le tonnage atteint en décembre se situe

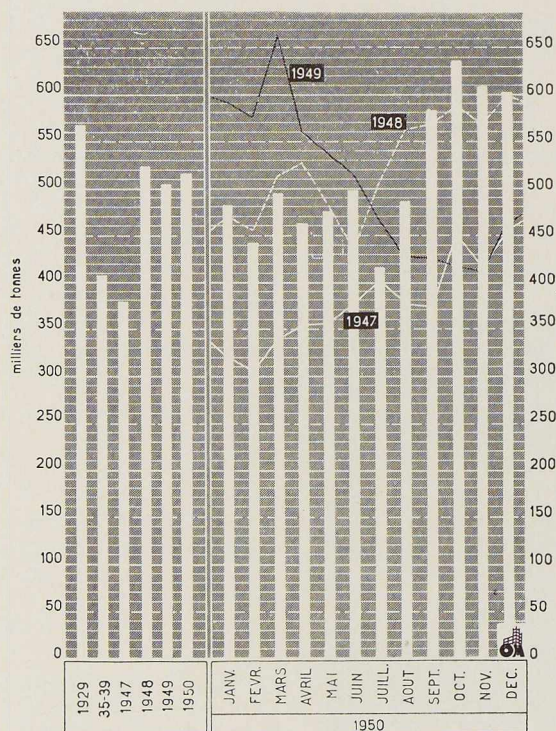


Fig. 1. Production mensuelle des aciéries belges et luxembourgeoises.

au-dessus du palier de 600 000 tonnes, malgré un nombre réduit de journées de travail. Le total de l'année dépasse de 132 000 tonnes celui de 1949, mais est en arrière de près de 100 000 tonnes par rapport au chiffre de 1948. La cadence de production des trois derniers mois de l'année correspond à un tonnage annuel d'environ 7 400 000 tonnes.

Une telle production, qui atteint presque les limites de capacité de nos installations, pose évidemment des questions d'approvisionnement en matières premières. Les pourparlers belgo-suédois ont eu pour résultat de nous assurer la fourniture de 1 200 000 tonnes de minerai, alors que la demande était de 2 millions de tonnes. En ce qui concerne les mitrailles, elles sont fortement demandées, malgré les prix qui ont pratiquement doublé depuis peu de mois. Les grands froids du mois de décembre ont, d'autre part, paralysé le travail dans les chantiers, pendant une quinzaine de jours. Le Comité du Charbon de la Commission Economique pour l'Europe a réussi à établir un plan de répartition du charbon et du coke.

A Espérance-Longdoz on a inauguré, fin décembre, le nouveau laminoir semi-continu dont le financement a demandé environ un milliard de francs, dépensé d'ailleurs en majeure partie dans le pays. Ce laminoir transformera en partie des lingots des usines Cockerill et on a souligné cet exemple de collaboration technique et économique de deux sociétés gardant toutefois leur complète indépendance.

### Marché intérieur

La Belgique et le Luxembourg ont participé à la création d'une Fédération internationale des négociants en acier. Les autres pays fondateurs sont la France, la Hollande, l'Italie et la Finlande.

L'approvisionnement du marché intérieur est assuré selon les principes connus. Les constructeurs dont les carnets de commande sont, d'une façon générale, suffisamment garnis, rencontrent parfois des difficultés dans l'établissement de leurs offres à l'exportation, en raison de la mobi-



lité des prix des aciers destinés à l'exportation indirecte.

Les expéditions de Fabrimétal ont atteint, en novembre, le total de 150 890 tonnes, comprenant notamment :

	Novembre	Octobre
Produits de la tôle . . . . .	28 085	29 402
Accessoires métalliques du bâtiment . . . . .	9 703	11 445
Ponts et charpentes . . . . .	15 000	19 824
Matériel de chemins de fer et tramways . . . . .	6 300	2 715

On constate une amélioration sensible en constructions électriques, en tréfilerie et chez les transformateurs de tôles. Les constructeurs de matériel roulant souffrent toujours d'une forte concurrence et enregistrent peu de commandes intéressantes. Signalons ici que des constructeurs hollandais ont reçu de l'Argentine une commande de 200 millions de florins de locomotives Diesel électriques, de wagons climatisés et de voitures de chemin de fer.

Au Congo belge vient de s'installer une nouvelle société *Mélotte Congo*, au capital de 10 millions de francs. D'autre part, on signale la création de *UTEMA*, Société de tubes et entreprises diverses, capital 5 millions de francs, avec comme principal actionnaire les Usines à Tubes de la Meuse. D'autre part, la division « Galvanisés » de Cobega est entrée en activité au début de l'année, avec une fabrication initiale de 1 000 seaux par jour.

### Marché extérieur

Les carnets de commande sont garnis à la limite de ce qui peut être considéré comme acceptable et les usines doivent souvent décliner de nouvelles propositions d'affaires. Les besoins à l'exportation sont d'autant plus pressants que les concurrents français et allemands sont, soit hors marché, soit obligés de demander des délais démesurés allant jusqu'à 12 mois en France et 24 mois en Allemagne pour les tôles fines notamment.

Les prix des marchés dits organisés sont redevenus libres, mais sont maintenus néanmoins à un niveau sensiblement inférieur à ceux des autres marchés. Pour ceux-ci les cotations marquent une avance de 5 à 10 % sur celles d'il y a un mois.

Les exportations belgo-luxembourgeoises ont atteint, pour les onze premiers mois de 1950, un total de 3 149 000 tonnes. Tout fait prévoir que nous maintiendrons, pour l'année 1950, la position du premier exportateur d'acier du monde.

## La sidérurgie dans le monde

### Etats-Unis

L'état d'alerte étant décrété, un immense effort est fait pour préparer le pays à la défense militaire. Les budgets votés à cette fin dépassent tous ceux connus jusqu'ici. Le projet de blocage des prix et salaires semble abandonné. Les mineurs viennent de se voir accorder 10 % de majoration de salaire, et les prix du charbon, et par conséquent de l'acier, en seront évidemment affectés.

La production totale de l'année 1950 a atteint le record absolu de 87 000 000 de tonnes métriques, contre 70 742 000 en 1949 et 80 414 000 en 1948. Le Gouvernement a approuvé un plan affectant 470 000 000 de dollars au développement de la production d'acier de 18 compagnies. Le but à atteindre est une capacité nouvelle de 5,5 millions de tonnes. D'autre part, il est permis aux sociétés qui investissent des capitaux dans de nouvelles installations pour la défense nationale, d'amortir celles-ci en cinq années.

*United States Steel Corporation*, entre autres, a commencé à construire une nouvelle usine en Pennsylvanie. Le prix de revient sera de l'ordre de 350 millions de dollars; la capacité de production prévue est de 1 800 000 tonnes lingots. Par ailleurs, une nouvelle société est en formation pour la coulée en continu de l'acier. Elle pourra être en activité fin 1951 et coulera des brames au rythme d'une tonne par minute.

Les chutes de neige ont entraîné des arrêts d'usines à Pittsburgh et Cleveland, avec une perte de production de 1/2 million de tonnes. Le manque d'acier devient de plus en plus sensible dans le secteur privé. M. Ford estime que la production automobile pourrait bien être réduite de 50 % par rapport à 1950. Au marché « gris », on cite des prix invraisemblables allant jusqu'à 600-700 dollars la tonne pour les tôles fines et le fer blanc.

### Angleterre

La sidérurgie anglaise aura atteint en 1950, dernière année peut-être avant sa nationalisation, une production record, soit 16 292 700 tonnes mais dès décembre, certains signes critiques apparaissent. La production charbonnière est déficitaire et le pays doit importer du charbon étranger, ce qui l'empêche, pour diverses raisons et notamment à cause du manque de frêt, de recevoir suffisamment de minerais. Le courant électrique s'avère insuffisant et le mauvais temps et le manque de wagons créent des difficultés de transport.



Dans certains centres, la production de fonte a été fortement réduite et une aciérie de Colville, à Clydebridge, a été arrêtée pour cause de manque de matières premières.

Les sociétés sidérurgiques continuent cependant la modernisation de leurs usines. La *Consell Iron Cy* a reconstruit sept hauts fourneaux sur neuf et elle entamera prochainement la transformation de ses laminoirs et installations de stockage de minerai. La *South Durham Steel & Iron Cy* prévoit de nouveaux investissements d'un total de 3 millions de livres. La capacité de production du pays augmentera en 1951 d'au moins 500 000 tonnes, mais il paraît peu probable que la production effective puisse dépasser le total de 1950.

On redoute notamment le manque de mitrilles. En 1950, on a importé d'Allemagne 2 millions de tonnes et les fournitures indigènes ont atteint 4 millions de tonnes. Il paraît que l'Allemagne ne pourra fournir qu'un million de tonnes en 1951. On prévoit une hausse des salaires des mineurs et du prix du charbon. Les frêts ont également subi de fortes hausses.

#### France

La production totale de la France en 1950 aura atteint environ 8 650 000 tonnes et celle de la Sarre 1 900 000 tonnes, soit un total de 10 500 000. La cadence des trois derniers mois correspond cependant à une production annuelle de 12 millions de tonnes.

Le train continu à bandes à chaud de 66" (1 676 mm) de Denain a été mis en marche le 27 décembre 1950. Le train à froid correspondant à Montataire était déjà en activité. La production annuelle de ces trains pourra atteindre 700 000 tonnes et permettra l'exportation de tôles fines. Pour la modernisation des aciéries de Longwy et de Dilling (Sarre), on dispose d'un crédit Marshall de 4 560 000 dollars, permettant l'installation de nouveaux laminoirs à tôles d'une capacité d'environ 1 million de tonnes par an. Le total de l'aide ECA à la sidérurgie française atteint 37 894 000 dollars dont 49 360 000 pour SOLLAC. La Société Métallurgique de Normandie, complètement détruite en juin 1944, est en partie reconstruite. Le 11 décembre, un premier haut fourneau a commencé la production.

Les exportations franco-sarroises, mitrilles comprises, ont atteint, en novembre, 485 224 tonnes. Des commandes importantes ont été enregistrées pour le Pakistan : il s'agit de demi-produits, de traverses et de wagons, pour une valeur de 5-6 milliards de francs français.

Les pourparlers au sujet du Plan Schuman ont

repris à Paris. Il reste notamment à mettre définitivement au point le problème de décartellisation et à vaincre certaines réticences italiennes. Il semble que la signature des six partenaires, France, Allemagne, Italie et pays de Benelux, peut être attendue pour la fin du mois de janvier. Le traité devra ensuite être entériné par les Gouvernements des mêmes pays.

#### Allemagne

La question des matières premières se pose également dans ce pays. Le Ministre de l'Economie avait demandé à la Haute Commission Alliée de réduire de 500 000 tonnes les exportations de charbon pour décembre et, si possible, davantage encore pour janvier. Cette proposition n'a pu être satisfaite. Les expéditions de mitrilles ont fortement diminué et le Gouvernement s'est vu amené à accorder une prime de 19 DM à la tonne, jusqu'au 31 mars 1951.

La production d'acier est tombée de 1 112 000 tonnes en novembre, à environ 900 000 tonnes en décembre. Les sidérurgistes se plaignent de la fixation trimestrielle des quotas de production, ce principe rendant particulièrement difficile l'approvisionnement en matières premières. Ces mêmes milieux estiment nécessaire une production de 15 millions de tonnes d'acier brut, pour les besoins intérieurs et l'exportation de l'Allemagne de l'Ouest.

#### Japon

L'arrêt des exportations vers la Chine pourrait mettre en cause le plan de production de 4 000 000 de tonnes prévu pour 1951. L'industrie sidérurgique souffre, d'autre part, du manque de charbon et de minerai, antérieurement fournis par la Chine, et des frêts importants dont seront grevées les importations de source plus lointaine.

#### Union Indienne

On a élaboré un programme d'extension prévoyant 450 000 tonnes d'acier par an et un investissement de 3,5 milliards de francs belges.

#### Autriche

Les Aciéries de Leoben, d'une capacité annuelle de 900 000 tonnes, sont entrées en exploitation.

#### Hongrie

Un plan quinquennal prévoit de porter la production d'acier de 890 000 en 1950 à 1 600 000 en 1954.





## Chili

L'usine nationale de Huachipato, mise en exploitation en juillet 1950, a exporté, en octobre, 8 100 tonnes d'acier, à destination des Etats-Unis, du Pérou, de l'Argentine et de l'Equateur. On prévoit son extension par la construction d'un troisième four Siemens-Martin et d'un troisième laminoir.

## Suède

Ce pays a produit pendant les neuf premiers mois de 1950, 1 050 000 tonnes d'acier lingot. Les importations ont atteint, pendant cette période, 440 000 tonnes. La proportion de minerais suédois consommés par les pays de l'Europe de l'Ouest marque des progrès ainsi qu'il résulte de la comparaison suivante :

millions de tonnes	1947	1949
Consommation de minerai de fer des pays ouest-européens . . . . .	36,2 t Fe	28,5 t Fe
Quote-part des livraisons suédoises . . . . .	35 %	43 %

## Voitures de tramway type 500

Récemment ont eu lieu, entre Bruxelles et Ter-rueren, les essais d'un nouveau type de rames de tramways. Ces rames, désignées sous la dénomination de rames type 500, sont composées de deux motrices accouplées (fig. 2).

Ces voitures qui sont actuellement en exploitation sur le réseau de l'Electricité Lille-Roubaix-Tourcoing (E. L. R. T.) ont donné toute satisfaction. Elles seront prochainement fabriquées en Belgique par la S. A. Baume et Marpent, de Haine-Saint-Pierre, et la Société d'Electricité et de Mécanique (S. E. M.), de Gand.

## Soudeuses spéciales par points pour l'assemblage de voitures métalliques de chemin de fer

La Société Electromécanique à Bruxelles a fourni récemment aux Ateliers Métallurgiques de Nivelles, une soudeuse au point mobile pour

Fig. 2. Rame type 500 composée de deux motrices accouplées.

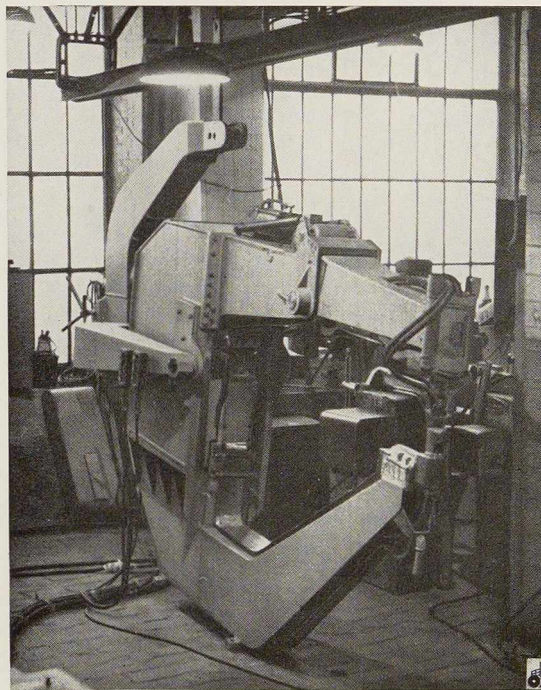


Fig. 3. Soudeuse spéciale par points.

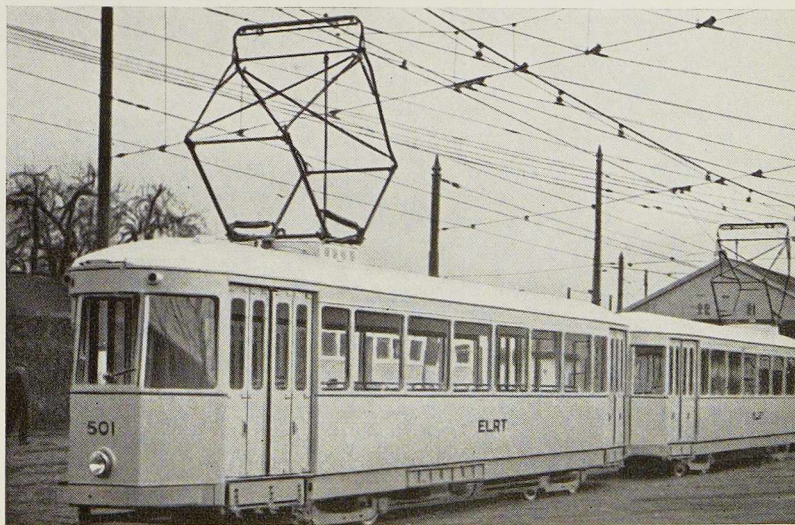
l'assemblage de toitures et longs pans de voitures métalliques (fig. 3).

C'est une machine construite suivant un principe nouveau : alimentation en courant alternatif triphasé, soudure en courant redressé obtenu par adjonction au transformateur d'un redresseur sec.

La capacité de soudure de la machine, dite soudeuse type P.W. 200, est de  $2 \times 8$  mm en acier doux et de  $2 \times 4$  mm en alliage léger.

Le poids de la soudeuse, dont la puissance est de 200 K.V.A., est de 2 tonnes.

Elle est complétée d'une armoire de commande et d'une armoire de contrôle électronique A. C. E. C.



## Cinquantième anniversaire des Ateliers du Thiriau

Les Ateliers du Thiriau ont célébré, le 23 décembre 1950, le 50<sup>e</sup> anniversaire de leur fondateur. A cette occasion, une cérémonie s'est déroulée à l'Hôtel de Ville de Bois-d'Haine, en présence des édiles communaux.

## Conférence de M. H. Dumont

M. Hector Dumont, Administrateur-Délégué de la S. A. des Ateliers de Construction de Jambes, Administrateur du C. B. L. I. A., a fait à la Section de Namur de l'A. I. Lg., une conférence sur « La poésie de l'Art de l'Ingénieur ».

Au cours de cette intéressante conférence, l'auteur a rappelé les aspects techniques multiples du métier de l'ingénieur et s'est attaché à en faire ressortir le caractère noble et profondément humain.

## Nouveau pylône-antenne de l'I. N. R.

La S. A. « La Construction Soudée », à Haren-Bruxelles, a été chargée, par l'Institut National Belge de Radiodiffusion (I. N. R.), de la construction et du montage d'un nouveau pylône-antenne destiné à augmenter la puissance des émissions du programme régional flamand.

Le pylône, de section transversale triangulaire, a 100 mètres de hauteur et comporte une nappe de trois haubans au niveau de 62 mètres (fig. 5).

Afin d'assurer un achèvement rapide de la construction, le montage a dû être exécuté en plein hiver, malgré les circonstances atmosphériques extrêmement défavorables. Il a été terminé en décembre 1950.

Fig. 4. Nouveaux accumulateurs à minerais de la Société John Cockerill.

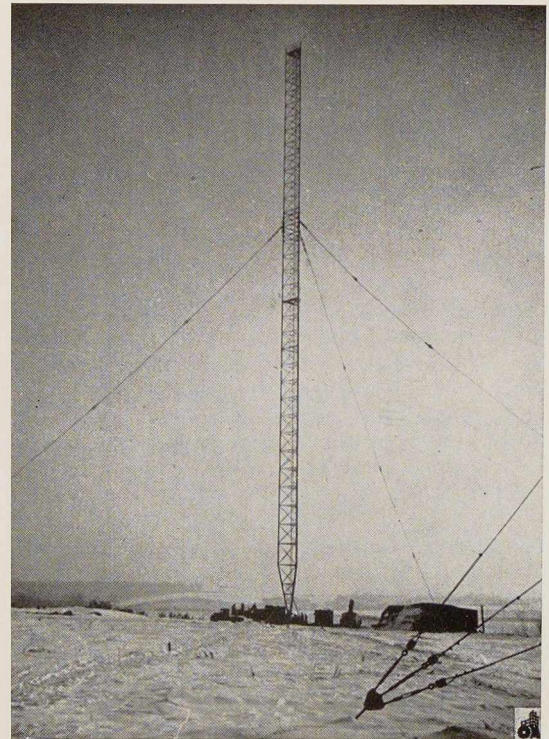
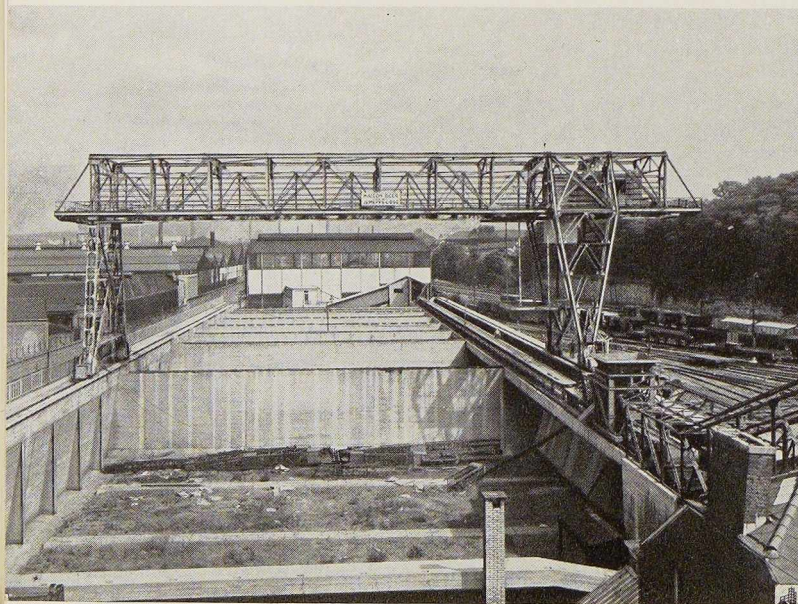


Fig. 5. Nouveau pylône-antenne de l'I. N. R.

## Inauguration de nouvelles installations aux usines John Cockerill

Poursuivant son programme de rééquipement destiné à abaisser les coûts de production et à améliorer la qualité des produits et les conditions de travail, la Société Cockerill vient d'inaugurer une série de nouvelles installations.

Cette inauguration a eu lieu le 25 janvier en présence de nombreuses personnalités.

Parmi les installations qui viennent d'être mises en service à l'usine de Seraing, il convient de mentionner une nouvelle batterie de fours à coke, un haut fourneau modernisé, sans charpente extérieure, dont le squelette est constitué par son propre blindage, un nouvel atelier pour fabriquer les cadres de mines, etc.

D'autre part, de nouvelles installations ont été inaugurées à la Société Ferblatil :

Un laminoir de réduction à froid; une cage quarto dit Skin-Pass; une ligne de cisailage, une ligne de dégraissage électrolytique, une ligne d'étamage électrolytique, etc.

## Bibliothèque

Nouvelles entrées <sup>(1)</sup>

### **Esempi di Architettura Moderna di tutto il mondo - Negozi d'oggi** (Exemples d'architecture moderne à travers le monde - Immeubles commerciaux d'aujourd'hui)

par R. ALOI.

Un ouvrage de 277 pages, format 22 × 27 cm, illustré de 550 figures. Edité par Ulrico Moepli, Milan, 1950. Prix : 4 000 liras.

Le livre de M. Roberto Aloï, préfacé par le professeur Ant. Cassi-Ramelli, contient une intéressante documentation sur les magasins et autres immeubles commerciaux. Cet ouvrage, dont le texte est rédigé en anglais, français et italien, est accompagné d'une abondante illustration. Il sera particulièrement utile aux architectes chargés de dresser les plans d'immeubles commerciaux.

### **Safe Load Tables** (Tables de charges admissibles)

Un ouvrage de 385 pages, format 12 × 19 cm. Edité par la *British Iron and Steel Federation*, Londres, 1950.

Ces tables ont été calculées et préparées par la *British Constructional Steelwork Association* et les usines sidérurgiques britanniques. Elles ont été établies conformément au Standard BS 449-1948.

L'ouvrage donne les caractéristiques et les charges admissibles pour divers profils laminés.

### **Iron and Steel Directory and Handbook 1950** (Annuaire et manuel du fer et de l'acier) 6<sup>e</sup> édition (envoyé par le British Council)

Un volume relié de 302 pages, format 14 × 22 cm. Edité par Louis Cassier Co. Ltd., Londres, 1950. Prix : 10 s 6 d.

A côté d'une liste d'adresses de différents producteurs sidérurgiques britanniques, cet ouvrage contient une partie technique donnant de nombreux renseignements utiles à l'ingénieur et au métallurgiste.

(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).

### **Les Techniques** (Almanach 1951)

Une brochure de 64 pages, format 10 × 14 cm, illustrée de plusieurs figures. Editée par l'Association des Industriels de Belgique (A. I. B.), Bruxelles, 1951. Prix : 7 francs.

L'Association des Industriels de Belgique pour la prévention des accidents de travail vient d'éditer un petit almanach (en français et en flamand) destiné à mettre le personnel des établissements industriels en garde contre les accidents. La brochure, illustrée par un dessinateur spécialisé, contient des conseils de sécurité et d'hygiène.

### **Le Katanga physique**, 2<sup>e</sup> édition

par Maurice ROBERT.

Un volume de 248 pages, format 18,5 × 23 cm, illustré de plusieurs figures et cartes. Edité par les Editions Montana, Bruxelles, 1950. Prix : 280 francs.

La deuxième édition de l'ouvrage du professeur M. Robert a été publiée sous les auspices du Comité Spécial du Katanga (C. S. K.) à l'occasion de son cinquantième anniversaire.

L'auteur, spécialiste des questions coloniales, met l'accent sur le rôle qu'est appelé à jouer le Katanga dans l'économie mondiale, et les directives qui doivent présider à son évolution.

Cet excellent livre vient à son heure, il sera apprécié par tous ceux qui s'intéressent au Katanga et à son économie.

### **Agenda technique Jouret**

Un volume relié de 579 pages, format 10 × 14 cm, illustré de plusieurs figures. Edité par les Etablissements Jouret, Pont-à-Celles (Luttre), 1950.

L'*Agenda Technique Jouret*, présenté avec soin, contient de nombreux renseignements utiles aux architectes, ingénieurs et entrepreneurs.

On y trouve, à côté des tableaux des poids, sections et résistances, des profils laminés, des chapitres d'arithmétique, géométrie, trigonométrie, résistance des matériaux, etc.

A signaler également le chapitre consacré à la construction métallique.



# Bibliographie

## Résumé d'articles (1)

### 20.12a. — Pont métallique de 193 mètres de longueur, sur la Loire, à Balbigny (Loire)

G. LEINEKUGEL LE COCQ, *Le Génie Civil*, 15 octobre 1950, pp. 388-390. 8 figures.

Le nouveau pont de Balbigny, sur la Loire, a été inauguré le 2 juillet 1950, par le Ministre des Travaux Publics de France.

Le pont se compose essentiellement de deux poutres continues droites de 193 mètres de longueur totale, de 6,50 m de hauteur, divisées en panneaux de 9,65 m de longueur. Le projet d'un nouveau type a été établi par Courbon, ingénieur aux Ponts et Chaussées, pour tenir compte de l'augmentation des surcharges concentrées entraînées progressivement par le développement des transports routiers.

Le nouveau pont diffère des modèles anciens par deux caractéristiques spéciales: la première consiste dans la suppression complète d'un contreventement supérieur pour des poutres de 6,50 m de hauteur, hors semelles, et de 193 mètres de longueur; la deuxième, qui découle de la première, est l'économie substantielle de métal dans la constitution de cet ouvrage. Le tonnage de la charpente s'est élevé à 487 tonnes, ce qui représente seulement par mètre courant 2.500 kilos, en chiffres ronds.

Les éléments constitutifs de cette charpente sont les suivants :

Les entretoises distantes entre elles de 4,825 m sont composées d'une âme de  $100 \times 9$ , de quatre cornières de  $100 \times 100 \times 10$  et de deux semelles de  $380 \times 10$ .

Un longeron axial réunit les entretoises; il est formé par une âme de  $700 \times 9$  et quatre cornières de  $90 \times 90 \times 9$ . Deux autres longerons latéraux distants de 3,25 m du longeron axial, comprennent chacun une âme de  $600 \times 8$  et quatre cornières de  $80 \times 80 \times 8$ .

Quant aux deux poutres de rive, elles sont distantes d'axe en axe de 8,60 m et leur hauteur, hors semelles, est de 6,50 m.

La constitution des poutres de rive comprend, en général, pour chaque membrure inférieure,

deux âmes verticales de  $500 \times 10$  écartées de 420 mm.

A l'extrémité inférieure de chaque âme sont rivées deux cornières de  $80 \times 80 \times 8$  et une semelle de  $300 \times 8$  et à l'extrémité supérieure une cornière de  $85 \times 85 \times 8$ . Pour la membrure supérieure, on a également deux âmes verticales de  $500 \times 10$ , deux cornières à l'extrémité supérieure de ces âmes, une seule à la partie inférieure et les quatre cornières rivées à une semelle de  $600 \times 9$ .

Les montants sont également de section variable. Un contreventement inférieur comporte des barres formées de cornières doubles, fixées sur les membrures inférieures et sur les entretoises de sections variables.

La chaussée, de 6 mètres de largeur, est formée d'un hourdis en béton armé de 16 cm d'épaisseur, recouvert d'une chape en asphalte de 1 cm et portant la surface d'usure de gravillons enrobés de 5 cm d'épaisseur.

Pour le montage du pont, on a adopté des méthodes de lancement différentes pour chacune des deux rives.

Sur la rive gauche, le montage s'est effectué par la méthode classique vers la travée centrale, les quatre travures venant de la rive gauche.

Sur la rive droite on a adopté une autre solution. On a monté sur la pile de rive droite deux pylônes de 12 mètres de hauteur, réunis par une poutre transversale et écartés suffisamment pour laisser passage au nouvel ouvrage. On lança en avant et en arrière de la pile une plateforme supportée par des poutrelles armées, système Arnodin. On put alors disposer symétriquement sur cette plateforme, tant dans la travée centrale que dans la travée de rive droite, six travures, trois de chaque côté de la pile, utilisant les câbles de retenue. Le montage a été achevé au moyen de deux ponts roulants aériens de part et d'autre de la pile de rive droite; on a placé ainsi les travures restantes, vers la rive et vers la travée centrale.

Le pont de Balbigny a été construit pour le Service des Ponts et Chaussées de la Loire. L'usinage a été effectué dans les Ateliers de la Société de Constructions métalliques de la Corrèze et les Etablissements F. Arnodin réunis.

(1) Les numéros d'indexation indiqués correspondent au système de classification dont le tableau a été publié dans le N° 10-1948 de *L'Ossature Métallique*.





# 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


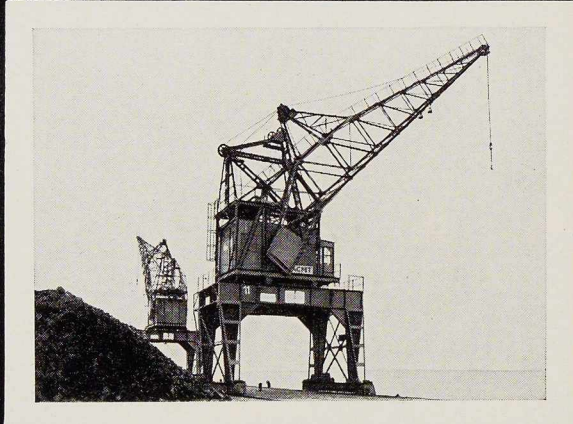
**ORGANISME DE VENTE DE**  
SOCIÉTÉ ANONYME D'OUGRÉE-MARIHAYE, à Ougrée  
S. A. MINIÈRE ET MÉTALLURGIQUE DE RODANGE, à Rodange (G.-D. LUXEMBOURG)  
S. A. ACIÉRIES ET MINIÈRES DE LA SAMBRE, à Monceau-sur-Sambre  
SOCIÉTÉ ANONYME LAMINOIRS D'ANVERS, à Schoten-lez-Anvers

**TOUTE LA GAMME DES PRODUITS SIDÉRURGIQUES**



Office Technique de Publicité

P&D

MATERIEL POUR SUCRERIES ET INDUSTRIES CHIMIQUES • APPAREILS DE LEVAGE  
 INSTALLATIONS DE MANUTENTION • GROSSE CHAUDRONNERIE  
 MOTEURS DIESEL A GRANDE VITESSE • REDUCTEURS DE VITESSE « DEBIAC »  
 POMPES A VIDE ET SURPRESSEURS A ANNEAU LIQUIDE « HYDRO »  
 MATERIEL DE RECUPERATION « IWEL » • INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES

## ATELIERS DE CONSTRUCTION MECANIQUE DE TIRLEMONT

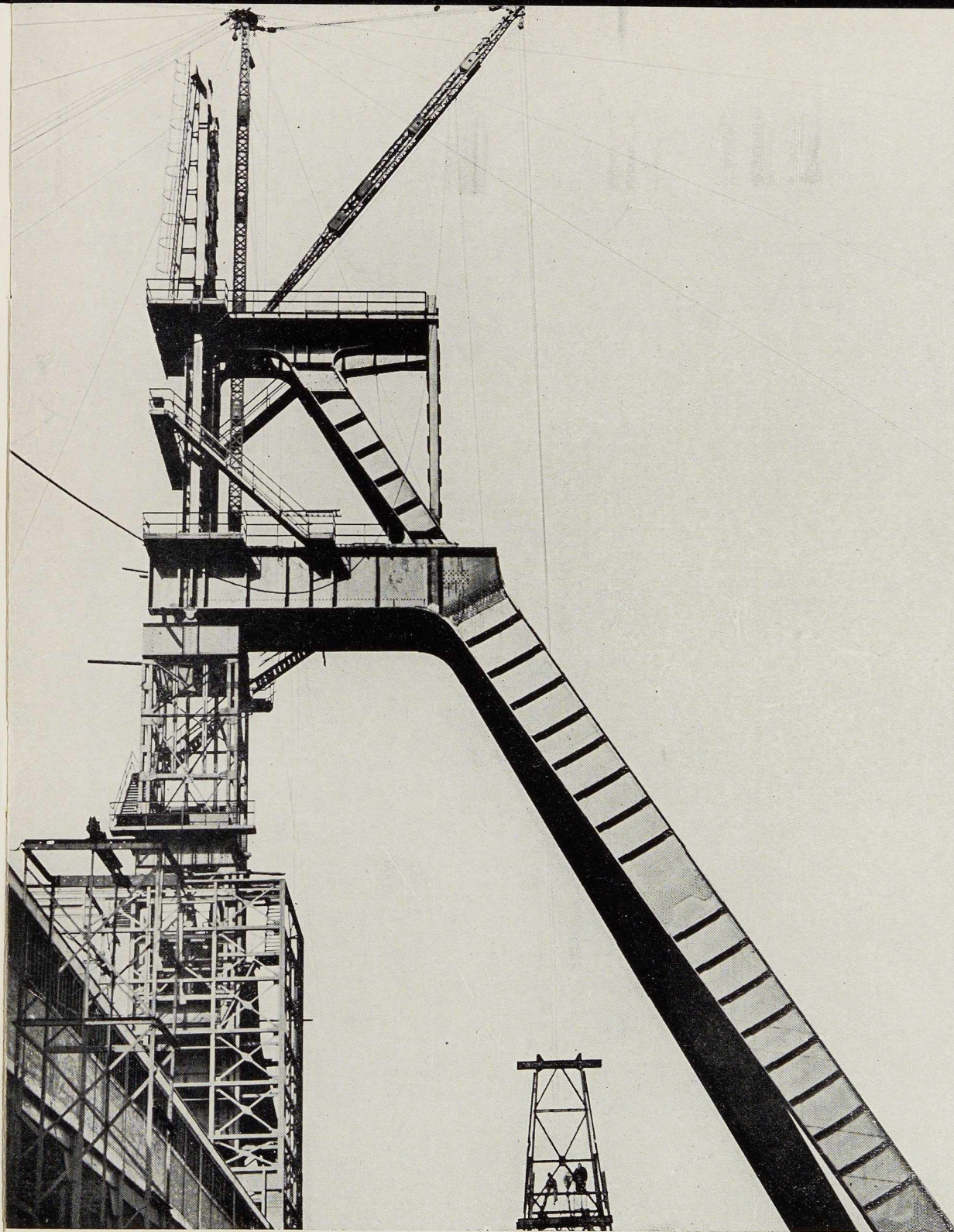
*Anciennement Ateliers J. J. Gilain*

COUVERTURES  
MÉTALLIQUES

# J. CROISÉ

6, SQUARE MARGUERITE  
TÉL. : 33.66.45  
BRUXELLES

INSTALLATIONS SANITAIRES  
PRIVÉES ET INDUSTRIELLES



Le premier chevalement de mine construit au puits Marie-José, des Charbonnages de Maurage. Le deuxième est en construction par la

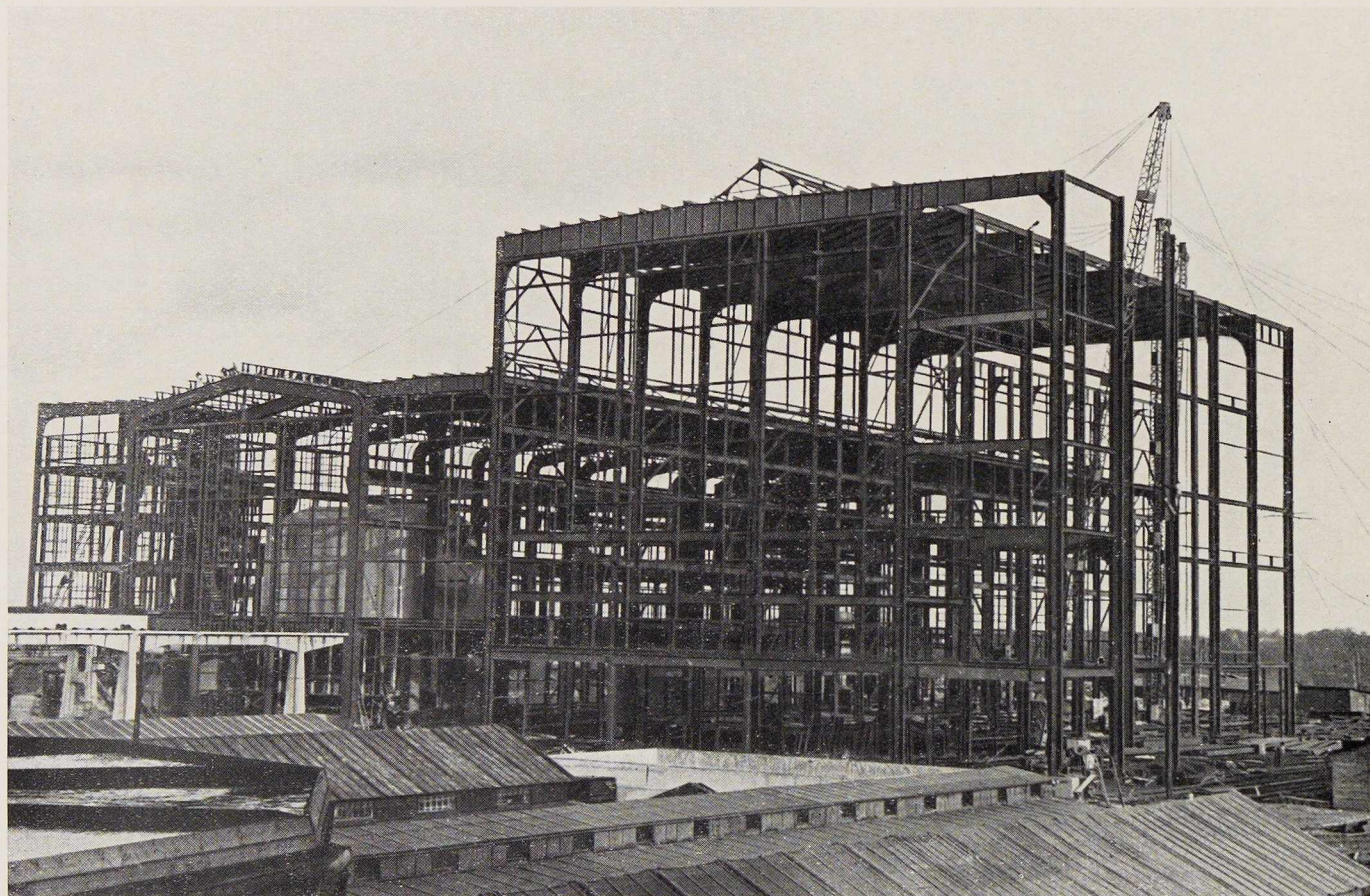
**SOCIÉTÉ ANONYME  
DES ATELIERS  
DE CONSTRUCTION DE**

**JAMBES-NAMUR**

ANCIENS ÉTABLISSEMENTS TH. FINET

(Tél. 233.55 Namur)

**JAMBES (BELGIQUE)**



CENTRALE ÉLECTRIQUE, EN COURS DE MONTAGE, DES CHARBONNAGES ANDRÉ-DUMONT A WATERSCHEI

**OSSATURE MÉTALLIQUE ENTIÈREMENT SOUDÉE**  
EXÉCUTÉE PAR NOS SOINS, EN COLLABORATION  
AVEC LE SERVICE D'ÉTUDES DES CHARBONNAGES  
ANDRÉ-DUMONT, A WATERSCHEI, ET LE  
BUREAU TECHNIQUE CRIBLA, S. A., BRUXELLES

**POIDS 6 000 TONNES**



SOCIÉTÉ ANONYME DES

ANCIENS ÉTABLISSEMENTS

**PAUL WURTH  
LUXEMBOURG**

TÉLÉPHONE : 23.22 - 23.23    ADRESSE TÉLÉGRAPHIQUE : PEWECO - LUXEMBOURG





# ARCOS STABILIS

**BLINDAGE DE  
HAUT FOURNEAU**

**S. A. John Cockerill**

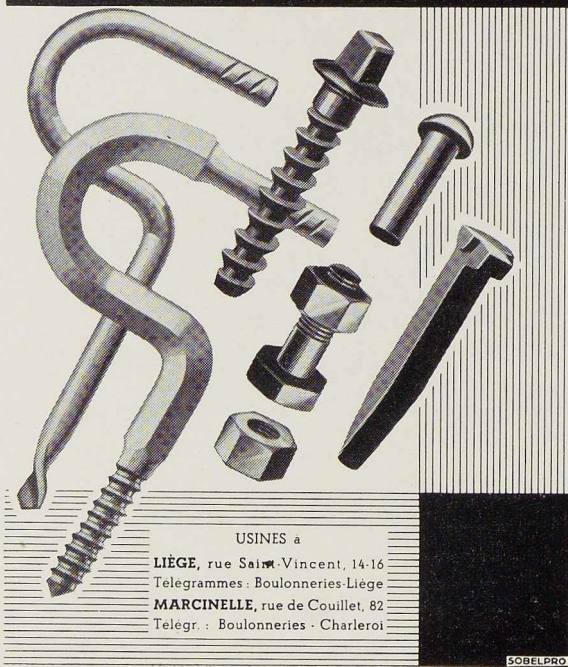
**CONSTRUCTEUR : Chaudronnerie J. Hermesse, à Jemeppe-sur-Meuse**  
**SOUDEGE SUR PLACE : Gobiet Frères, à Seraing-sur-Meuse**

**LA SOUDURE ÉLECTRIQUE AUTOGÈNE, S. A.**  
58-62, RUE DES DEUX GARES • TÉLÉPHONE : 21.01.65 • BRUXELLES

**Editions du Centre Belgo-Luxembourgeois d'Information de l'Acier :**

1. Abaques et Tableaux pour le calcul rapide des constructions métalliques, par H. M. SCHNADT . . . . .		Epuisé
2. Tableaux pour le calcul rapide des poutres à âme pleine, par O. HOUBRECHTS . . . . .	Fr. belges	150,—
3. Catalogue de la Bibliothèque du C. B. L. I. A. . . . .		40,—
4. Album de Macrographies pour la réception des tôles et larges plats en acier calmé, par la Commission Mixte des Aciers . . . . .		40,—
5. Abaque général de flambage, par H. M. SCHNADT . . . . .		40,—
6. Catalogue des profilés laminés par les usines belges et luxembourgeoises . . . . .		100,—
7. Essais spéciaux pour les aciers soudables, par la Commission Mixte des Aciers . . . . .		50,—
8. Tableaux pour le calcul rapide des fermes métalliques, par V. BATAILLE . . . . .		90,—
9. Essai de flexion, par la Commission Mixte des Aciers . . . . .		10,—
10. Catalogue des aciers pour constructions mécaniques, par la Commission des Aciers . . . . .		60,—
11. Normes de qualité pour les aciers soudables, par la Commission Mixte des Aciers . . . . .		Epuisé
12. Le calcul des constructions mixtes acier-béton, par V. FORESTIER . . . . .		90,—
13. Calcul des systèmes hyperstatiques : les portiques continus — la poutre Vierendeel, par E. ROLAND . . . . .		180,—
14. La méthode des foyers appliquée au calcul des systèmes hyperstatiques, par V. ROISIN, A. SARIBAN et S. ZACZEK . . . . .		160,—
15. Calcul des poutres continues sous l'effet des charges roulantes, par I. TOTH . . . . .		75,—
16. Acier, Fer, Fonte dans le bâtiment. Considérations générales à l'usage des architectes, par F. BODSON . . . . .		En préparation

**STÉ A ME DES BOULONNERIES DE LIÈGE ET DE LA BLANCHISSERIE**



**ASSOCIATION INTERNATIONALE  
 DES PONTS ET CHARPENTES**

Congrès de Liège 1948

**PUBLICATION PRÉLIMINAIRE**

1 vol., 697 pages  
 Frs belges 400,—

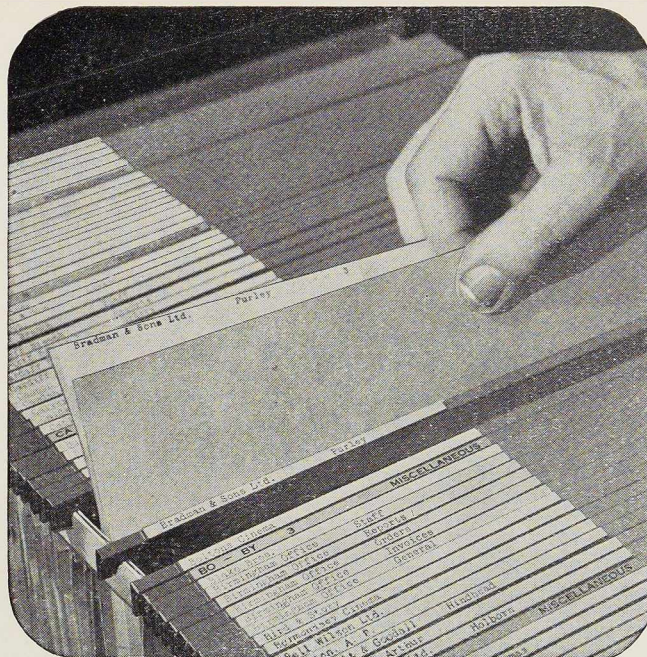
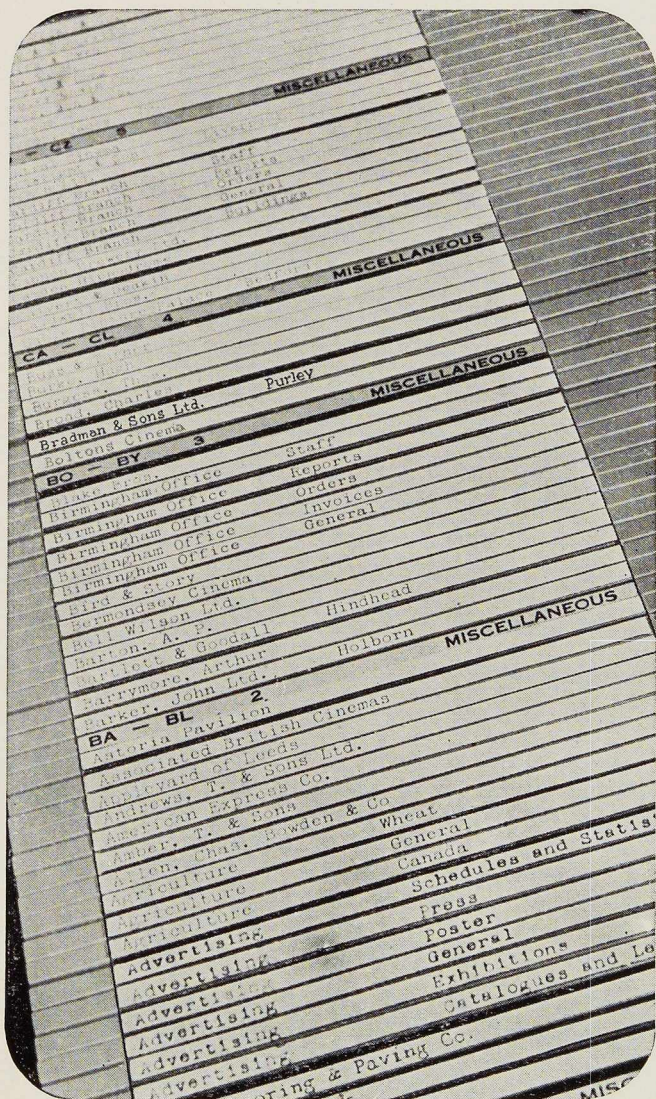
**RAPPORT FINAL**

1 vol., 736 pages  
 Frs belges 550,—

Veillez adresser vos commandes à la revue  
**L'Ossature Métallique**, 154, avenue Louise,  
 Bruxelles.

C. C. P. 340.17

BIEN  
CLASSE



VITE  
TROUVE

Le système **RONEO « VISIBLE 80 »** met fin à tous les soucis et ennuis du classement. Au lieu d'un chaos de dossiers éparpillés, il présente un arrangement parfait de pochettes. Au lieu d'un pêle-mêle de noms, les titres sont inscrits sur une barre de suspension — un seul regard suffit pour trouver le dossier désiré. Le système « **VISIBLE 80** » résout tous les problèmes du classement; les cas même les plus compliqués deviennent simples. Il y aurait un soupir de soulagement dans tout le bureau, si vous faisiez appel à Roneo pour installer le système de classement

**RONEO**

“**VISIBLE-80**”

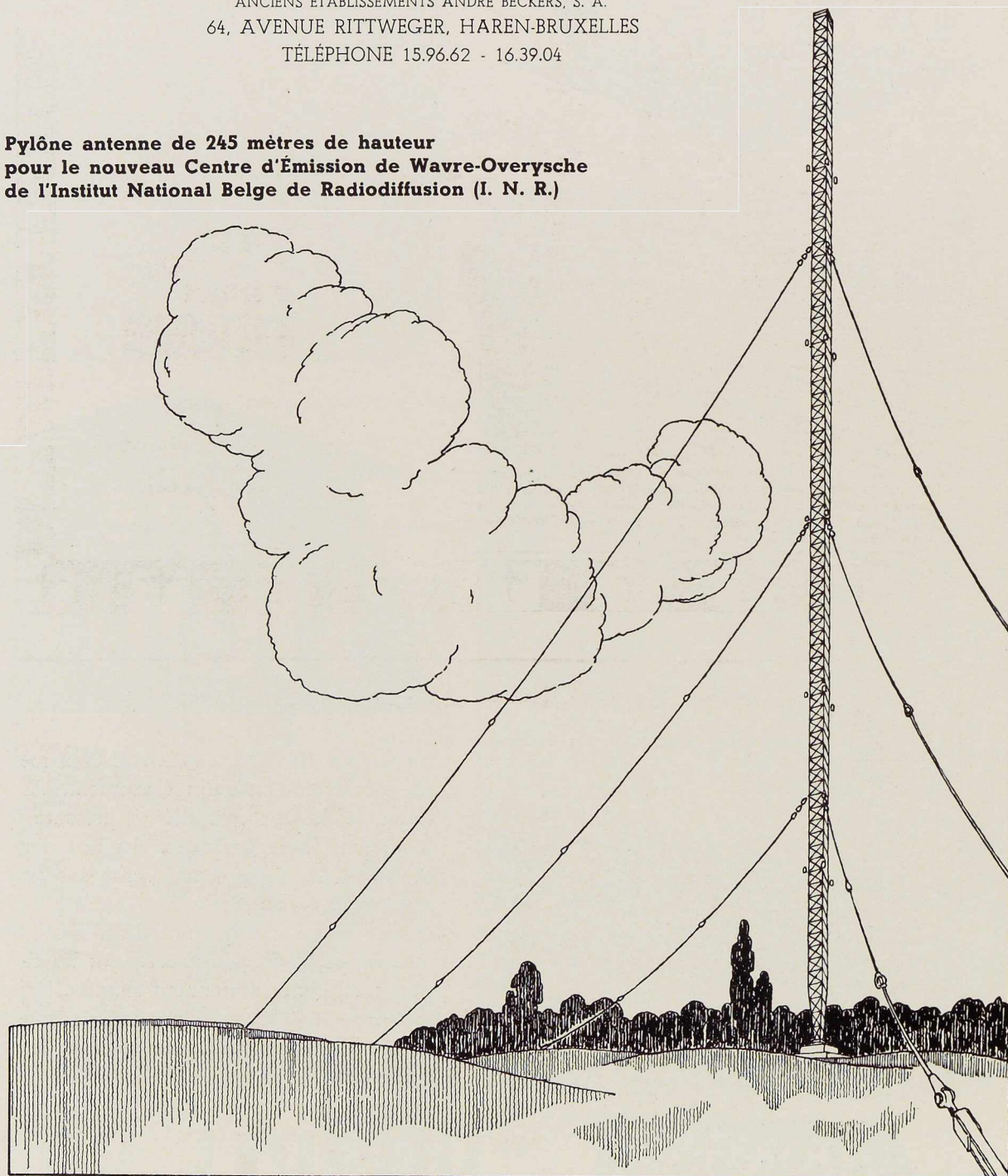
FAITES APPEL A RONEO POUR UNE ORGANISATION PARFAITE

HERINCX-RONEO, S. A., 8-10, RUE MONTAGNE-AUX-HERBES-POTAGÈRES, BRUXELLES - Tél. 17.40.46 (3 lignes)  
 SUCCURSALES : ANVERS, Téléphone : 334.41 - LIÈGE, Téléphone : 23.81.08 - GAND, Téléphone : 504.19  
 GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG : G. FABER - MERSCH - Tél. 75

# LA CONSTRUCTION SOUDÉE

ANCIENS ÉTABLISSEMENTS ANDRÉ BECKERS, S. A.  
64, AVENUE RITTWEGER, HAREN-BRUXELLES  
TÉLÉPHONE 15.96.62 - 16.39.04

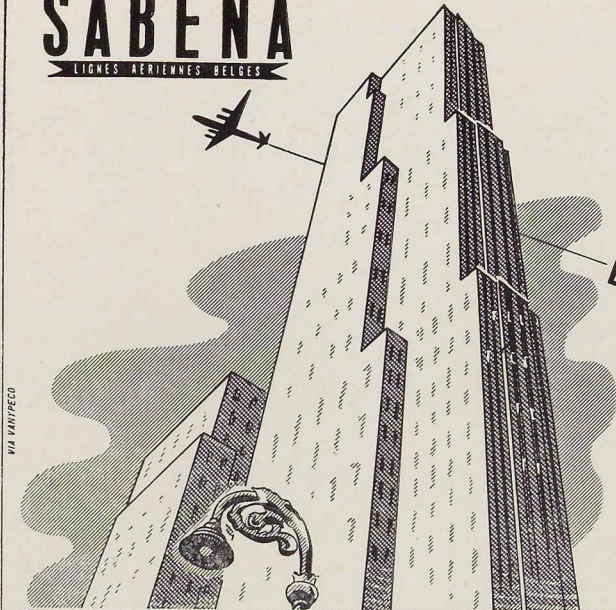
**Pylône antenne de 245 mètres de hauteur  
pour le nouveau Centre d'Émission de Wavre-Overysche  
de l'Institut National Belge de Radiodiffusion (I. N. R.)**



PYLONES - CHARPENTES - APPAREILS DE LEVAGE  
CHAUDRONNERIE

# SABENA

LIGNES AERIENNES BELGES



VIA VANPECO

BRUXELLES — NEW-YORK  
*et retour*

**22.025 FB**

RENSEIGNEMENTS :

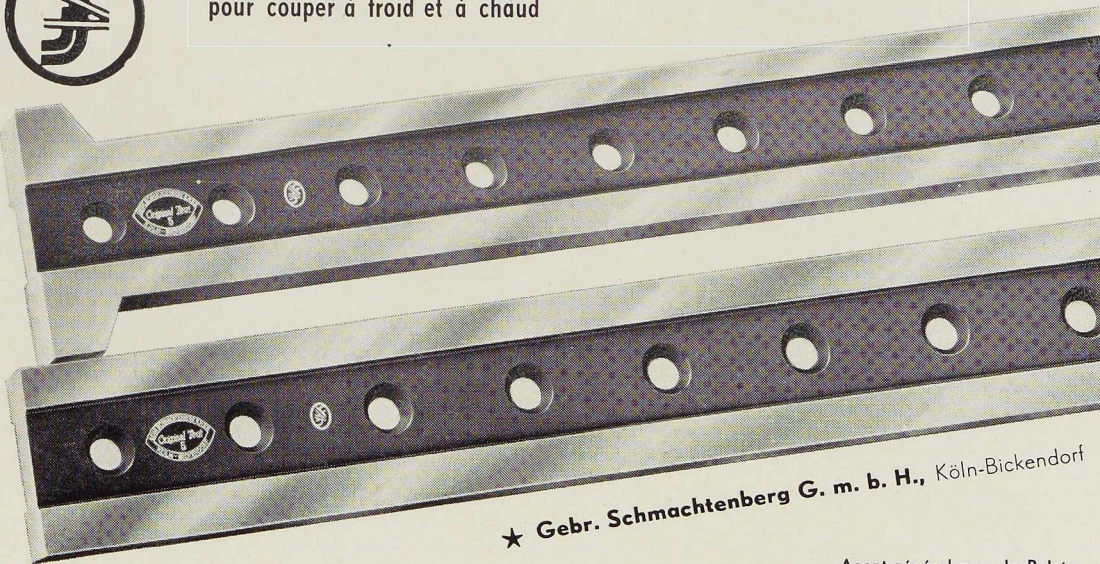
TOUTES AGENCES DE VOYAGES

ET BUREAUX SABENA

La SABENA poursuit sa politique de réduction des tarifs et se fait un plaisir de vous annoncer qu'elle accordera en 1951 pendant les mois de janvier, février et mars une ristourne de 40 % sur le prix des billets aller-retour vers NEW-YORK. Ces billets seront valables 15 jours.



**Lames de cisaille** en notre qualité originale « Teut »  
pour couper à froid et à chaud



★ Gebr. Schmachtenberg G. m. b. H., Köln-Bickendorf

Agent général pour la Belgique :  
**M. BURTON FILS, A HUY, 20, RUE DU VIEUX-PONT. TÉL. 110.56**

Les Ateliers de Construction

**P. BRACKE**

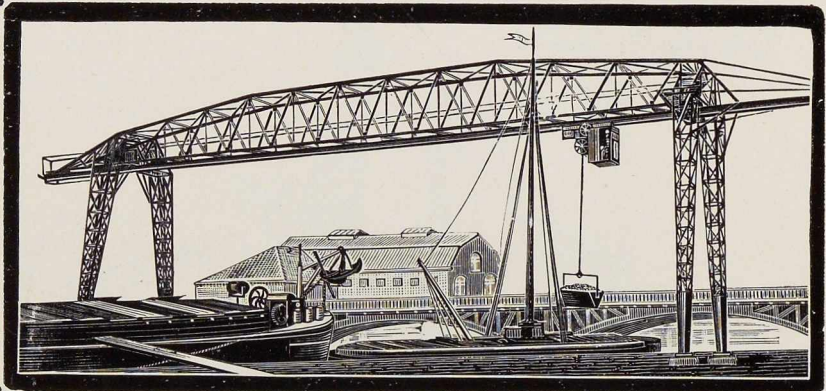
S. P. R. L.

30-40, rue de l'Abondance  
BRUXELLES

Tél. 17.39.66 R. C. B. 303

Les spécialistes  
du levage  
et de la manutention

à main et électrique



## INDEX DES ANNONCEURS

	Pages		Pages
<b>A</b>		<b>J</b>	
A. C. M. T. . . . .	34	S. A. Ateliers de Construction Jambes Namur . . . . .	35
A. E. M. B. . . . .	23	Constructions Métalliques de Jemeppe- sur-Meuse, S. A. . . . .	26
L'Air Liquide . . . . .	6	Jouret . . . . .	15
Arcos, « La Soudure Electrique Auto- gène » . . . . .	37	<b>L</b>	
<b>B</b>		S. A. L. Leemans & Fils . . . . .	21
Baume et Marpent . . . . .	5	Laminoirs de Longtain . . . . .	16
S. A. Beeckmans . . . . .	18	<b>M-N</b>	
Usines Gustave Boël . . . . .	28	Manutention Automatique . . . . .	12
Ateliers de Bouchout et Thirion Réunis . . . . .	10	Anc. Ets Nobels-Peelmanns, S. A. . . . .	32
Boulonnerie de Liège et de la Blanchis- serie . . . . .	38	<b>O</b>	
Bracke . . . . .	42	Ougrée-Marihaye . . . . .	7
La Brugeoise et Nicaise & Delcuve couv. . . . .	III	L'Oxydrique Internationale . . . . .	14
<b>C</b>		<b>S</b>	
P. & M. Cassart . . . . .	2	Sabena . . . . .	41
C. B. L. I. A. . . . .	38	Gebr. Schmachtenberg . . . . .	41
Cockerill . . . . .	31	Siderur . . . . .	33
Columeta . . . . .	8-9	Soudométal . . . . .	11
Construction soudée . . . . .	40	<b>T</b>	
Croisé . . . . .	34	Titan Anversois . . . . .	27
<b>D</b>		S. A. Hauts Fourneaux, Forges et Aciéries de Thy-le-Château et Marcinelle . . . . .	19
Davum . . . . .	13	Usines à Tubes de la Meuse . . . . .	22
Alexandre Devis & C <sup>o</sup> . . . . .	17-29	<b>U-V</b>	
<b>E-F</b>		Ucométal . . . . .	24-25
Société Métallurgique d'Engbien Saint- Eloi . . . . . couv. . . . .	IV	Ateliers Vanderplanck, S. P. R. L. . . . .	30
E. S. A. B. . . . . couv. . . . .	II	<b>W</b>	
Foire Internationale de Liège . . . . .	20	Anciens Ets Paul Würth . . . . .	36
<b>H-I</b>			
Herincx-Roneo, S. A. . . . .	39		

SPÉCIALISTES  
des grands travaux...



# LA BRUGEOISE ET NICAISE & DELCUVE

SOCIÉTÉ ANONYME

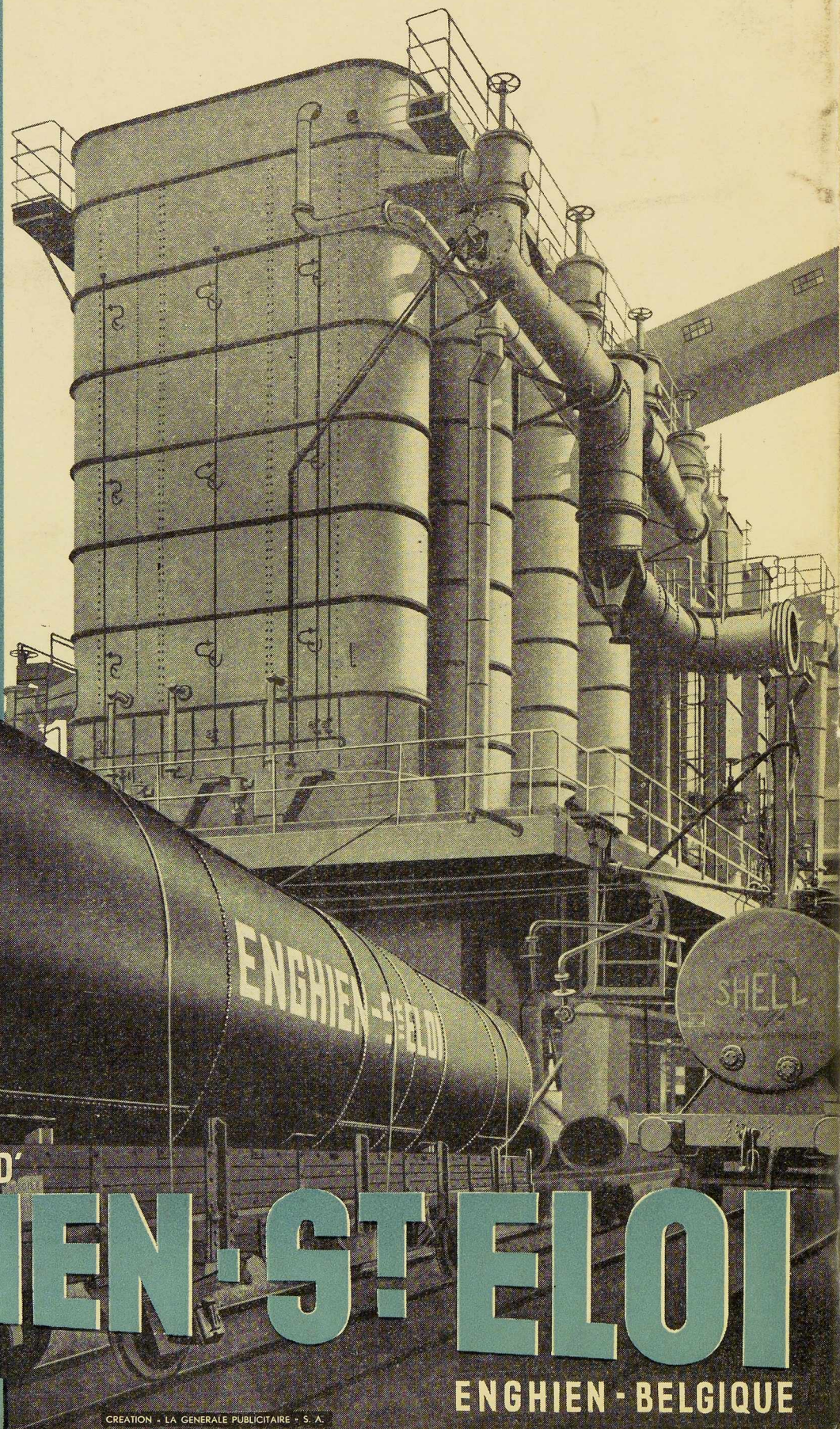
ACIÉRIES, FORGES ET ATELIERS DE CONSTRUCTION  
USINES : A SAINT-MICHEL-LEZ-BRUGES ET A LA LOUVIÈRE (BELGIQUE)





## CHAUDRONNERIE

PONTS ET CHARPENTES  
WAGONS ET VOITURES  
APPAREILS DE LEVAGE  
PRODUITS DE BOULONNERIE



SOCIÉTÉ MÉTALLURGIQUE D'

# ENGHIEN - ST ELOI

ENGHIEN - BELGIQUE