

L'OSSATURE METALLIQUE

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

11^{me} ANNÉE

1-2

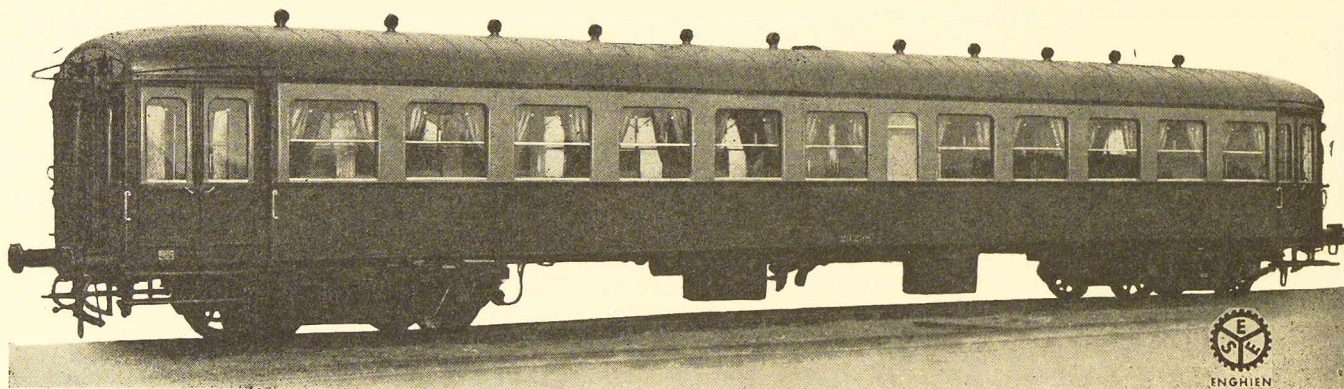
JANVIER-FEVRIER

1946

Société Métallurgique

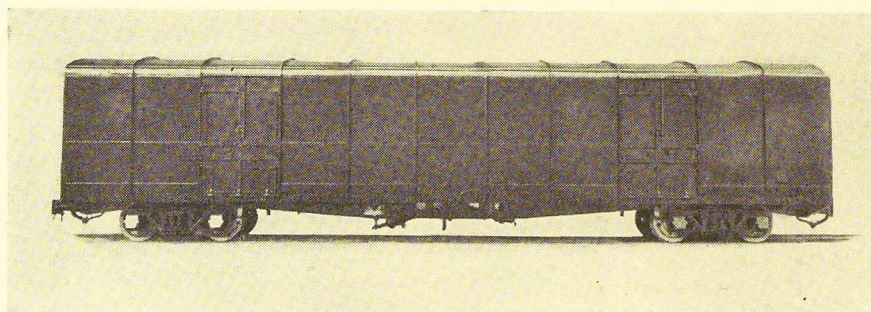
D'ENGHIEN S^T-ELOI

ENGHIEN-Belgique

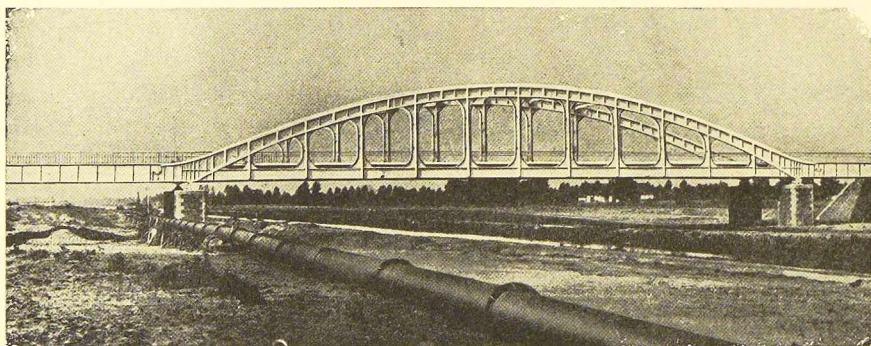


VOITURE
MÉTALLI-
QI' E 22 m.
A BOGIES

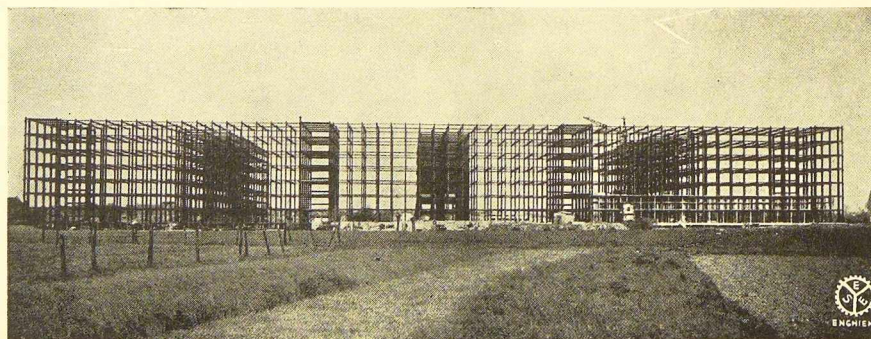
Wagons-Voitures
Ponts - Charpentes - Chaudronnerie - Appareils de levage
Produits de boulonnerie



WAGON FERMÉ MÉTALLIQUE A BOGIES



PONT SOUDÉ DE LUMMEN



HOPITAL ACADÉMIQUE DE L'UNIVERSITÉ
DE GAND. OSSATURE DE 3.000 T.

Imp. G. Thone, Liège (Belgique)

L'OSSATURE MÉTALLIQUE

REVUE MENSUELLE DES APPLICATIONS DE L'ACIER

éditée par

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

38, boul. Bischoffsheim, Bruxelles - Téléph. : 17.16.63 (2 lignes)

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

11^e ANNÉE

N^{os} 1-2

JANVIER-FÉVRIER

1946

S O M M A I R E

L'esthétique des ponts métalliques, par D. B. Steinman	1
Un nouveau système de cheminée métallique soudée	7
Les portiques rigides dans les bâtiments industriels, par O. Bondy	11
Exposition des logements à Bruxelles	17
Les plus beaux ponts métalliques construits aux Etats- Unis en 1941	20
Le nouveau stade couvert de Zurich.	23
Calcul, par la méthode des souplesses, d'une maille plane fermée, sollicitée dans son plan, par L. Blanjean	29
CHRONIQUE : Le marché de l'acier pendant les mois de janvier et février 1945. - Résistance des wagons métalliques au choc. - La consommation d'acier de l'industrie des fabrications métal- liques en Belgique. - Isolation des maisons métalliques. - La pro- duction sidérurgique japonaise.	43
BIBLIOTHÈQUE	45
BIBLIOGRAPHIE	47

ABONNEMENTS 1946 (6 numéros bimestriels) :

Belgique, Grand-Duché de Luxembourg, Congo belge : 100 francs belges.

France et ses Colonies : 400 francs français, payables au dépositaire général
pour la France : Librairie des Sciences GIRARDOT & Cie, 27, quai des
Grands-Augustins, Paris 6^e (Compte chèques postaux : Paris n^o 1760.73).

Autres pays : 175 francs belges.

Tous les abonnements prennent cours le 1^{er} janvier.

PRIX DU NUMÉRO :

Belgique, Grand-Duché de Luxembourg, Congo belge : francs belges 20,- ;

France : francs français 80,- ; **autres pays** : francs belges 35,-.

DROIT DE REPRODUCTION :

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

Dans la construction navale

LES ELECTRODES

OK



**DES NAVIRES DE
15.000 TONNES ET PLUS
SONT ENTIEREMENT
SOUEDES AVEC NOS
ELECTRODES**

AGRÉÉES PAR LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING
BUREAU VERITAS ET AUTRES SOCIÉTÉS
DE CLASSIFICATION

ESAB

SOCIÉTÉ ANONYME
116-118, rue Stephenson
BRUXELLES Téléphone 15.9126



CENTRE BELGO-LUXEMBOURGEOIS D'INFORMATION DE L'ACIER

ASSOCIATION SANS BUT LUCRATIF

Président d'Honneur : M. Albert D'HEUR.

CONSEIL D'ADMINISTRATION

Président :

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

Vice-Président :

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

Administrateur-Conseil :

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

Membres :

M. Oscar BIHET, Administrateur-Directeur 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. René DEFALQUE, Directeur de la S. A. des Laminoirs, Hauts Fourneaux, Forges, Fonderies et Usines de la Providence;

M. Alexandre DEVIS, Associé commandité de la S. C. S. Alexandre Devis & C^{ie}, Délégué de la Chambre Syndicale des Marchands de Fer et du Groupement des Marchands de fer et poutrelles de Belgique.
M. Hector DUMONT, Administrateur-Directeur de la S. A. des Ateliers de Construction de Jambes-Namur;
M. Emile HOUBAER, Directeur de la Métallurgie de la S. A. John Cockerill;
M. Louis ISAAC, Administrateur délégué de la S. A. Métallurgique d'Enghien-Saint-Eloi;
M. Louis NOBELS, Vice-Président et Administrateur Délégué des Anciens Etablissements Métallurgiques Nobels-Peelman;
M. Henri NOEZ, Directeur Général de la Fabrique de Fer de Charleroi;
M. François PEROT, Administrateur Directeur Général de la S. A. d'Ougrée-Marihaye, Vice-Président du Groupement des Hauts Fourneaux et Aciéries Belges;
M. Henri ROGER, Directeur Général des H. A. D. I. R., à Luxembourg.

LISTE DES MEMBRES

ACIÉRIES BELGES

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

ACIÉRIES LUXEMBOURGEOISES

Aciéries Réunies de Burbach-Eich-Dudelange (Arbed), S. A., avenue de la Liberté, Luxembourg.

Hauts Fourneaux et Aciéries de Differdange, Saint-Ingbert, Rumelange (Hadix), 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).
Emaileries et Tôleries Réunies, S. A., Gosselies.
Usines Gilson, S. A., à La Croyère, Bois-d'Haine.
Laminoirs de Longtain, S. A., à La Croyère, Bois-d'Haine.
La Métal-Autogène, S. A., 490, rue Saint-Léonard, Liège.
Usines de Moncheret, à Acoz, Division de la S. A. des Aciéries et Minières de la Sambre.
Laminoirs de l'Ourthe, S. A., Sauheid-lez-Chênée.
Phénix Works, S. A., 1, rue Paul Borguet, Flémalle-Haute.
Laminoirs et Boulonneries du Ruau, S. A., à Monceau-sur-Sambre.
Travail Mécanique de la Tôle, S. A., 100, avenue des Anciens Etangs, à Forest-Bruxelles.
Usines à Tubes de la Meuse, S. A., à Flémalle-Haute.
Usines à Tubes de Nimy, S. A., Nimy.

ATELIERS DE CONSTRUCTION

Etablissements André & Yernaux, S. A., 51, rue Paul Pastur, Courcelles.
 Société Anglo-Franco-Belge des Ateliers de La Croÿère, Seneffe et Godarville, S. A., à La Croÿère.
 Awans-François, S. A., à Awans-Bierset.
 Mécanique et Chaudronnerie de Bouffiuolx, Bouffiuolx-lez-Châtelineau.
 Ateliers de Construction de la Basse-Sambre, S. A., à Moustier-sur-Sambre.
 Baume et Marpent, S. A., à Haine-Saint-Pierre.
 Ateliers de Bouchout et Thizion Réunis, S. A., 249-253, chaussée de Vleurgat, Bruxelles.
 Ateliers de Construction Alphonse Bouillon, 58, rue de Birmingham, Molenbeck-Saint-Jean.
 Société Anonyme Anciennes Usines Canon-Légrand, 17, rue Terre du Prince, Jemappes-lez-Mons.
 Ateliers de Construction Paul Bracke, s. p. r. l. 30-40, rue de l'Abondance, Bruxelles.
 Usines de Braine-le-Comte, S. A., à Braine-le-Comte.
 La Brugeoise et Nicaise & Delcuve, S. A., à Saint-Michel-lez-Bruges.
 Chaurobel, S. A., à Huyssinghen.
 John Cockerill, S. A., à Seraing-sur-Meuse.
 La Construction Soudée, Anciens Etablissements André Beckers, S. A., chaussée de Buda, Haren.
 « Cribla », S. A., Construction de Criblages et Lavoirs à charbon, 31, rue du Lombard, Bruxelles.
 Compagnie Centrale de Construction, S. A., à Haine-Saint-Pierre.
 Les Ateliers De Meestere Frères, Heule-lez-Courtrai.
 Ateliers de la Dyle, S. A., à Louvain.
 Société Métallurgique d'Enghien-Saint-Eloi, S. A., à Enghien.
 Ateliers de Construction et Chaudronnerie de l'Est, S. A., Marchienne-au-Pont.
 Société Anonyme des Ateliers de Construction Flamen-court & C^o, 112-114, rue des Anciens Etangs, Forest-Bruxelles.
 Ateliers Georges Heine, S. A., chaussée des Forges, Huy.
 Ateliers de Construction Heuze, Malevez & Simon Réunis, S. A., 59, rue des Gloires Nationales, Auvelais.
 Ateliers de Construction de Jambes-Namur, S. A., à Jambes-Namur.
 Constructions Métalliques de Jemeppe-sur-Meuse, S. A., Anc. Ateliers Georges Dubois, à Jemeppe-sur-Meuse.
 L'Industrielle Boraine, S. A., Quiévrain.
 Ateliers Emile Kas, avenue de Mai, 264-266, Woluwe-Saint-Lambert.
 Ateliers de Construction J. Kihn, Rumelange (G.-D.).
 Société Anonyme des Ateliers de La Louvière-Bouvry, La Louvière.
 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).
 Ateliers de Construction de Mortsel et Etablissements Geerts et Van Aalst réunis, S. A., à Mortsel-lez-Anvers.
 Ougrée-Marihaye, S. A., à Ougrée.
 Ateliers Sainte-Barbe, S. A., Eysden-Sainte-Barbe.
 Constructions Métalliques Hub. Simon, 148, rue de Plainevaux, Seraing-sur-Meuse.
 Chaudronneries A.-F. Smulders, S. A., à Grâce-Berleur-lez-Liège.
 Ateliers Arthur Sougniez Fils, 42, rue des Forgerons, Marcinelle.
 Etablissements D. Steyart-Heene, à Eecloo.
 Ateliers du Thiriau, S. A., La Croÿère.
 Ateliers de Construction Mécanique de Tirlemont, S. A., à Tirlemont.
 Ateliers Vanderplanck, s. p. r. l., Fayt-lez-Manage.
 Compagnie Belge des Freins Westinghouse, S. A., 106, rue des Anciens Etangs, Forest-Bruxelles.
 Société Anonyme de Construction et des Ateliers de Willebroeck, à Willebroeck.
 Société Anonyme des Anciens Etablissements Paul Würth, à Luxembourg.
 Chaudronneries et Ateliers de Construction Lucien Xhignesse & Fils, S. A., rue d'Italie, Ans-Liège.

CHÂSSIS MÉTALLIQUES

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

MEUBLES MÉTALLIQUES

Maison Desoer, S. A., (meubles métalliques ACIOR), 17-21, rue Ste-Véronique, Liège, 16, rue des Boiteux, Bruxelles.

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 Humbek, 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, 4, quai Van Meteren, Anvers.
 Gilsoco, S. A., La Louvière.
 Société Commerciale d'Ougrée, S. A., Ougrée.
 Ucométal (Union Commerciale Belge de Métallurgie), 24, rue Royale, Bruxelles.

MARCHANDS DE FER ET DE POUTRELLES

Individuellement :
 Ets Georges L.-J. Alexis, 31, rue Dartois, Liège, (Aciers Martin Siemens & Spéciaux exclusivement).
 Alexandre Devis & C^o, 43, rue Masui, Bruxelles.
 Métaux Galler, S. A., 22, avenue d'Italie, Anvers.
 Etablissements Geerts et Van Aalst réunis, S. A., à Mortsel-lez-Anvers.
 Etablissements Gilot Hustin, 14, rue de l'Etoile, à Namur.
 J. Libouton & C^o, S. A., 15, rue Zénobe Gramme, Charleroi.
 Util, s. p. r. l. 404-412, avenue Van Volxem, Bruxelles.
 Fers et Aciers Pante et Masquelier, S. A., 30, rue du Limbourg, Gand.
 Peeters Frères, 10, Marché-au-Poisson, Louvain.
 Collectivement :
 Groupement des Marchands de fer et poutrelles de Belgique, 2, rue Auguste Orts, Bruxelles.
 Chambre Syndicale des Marchands de fer, 2, rue Auguste Orts, Bruxelles.

BUREAUX D'ÉTUDES ET INGÉNIEURS-CONSEILS

Bureau d'Études Industrielles Fernand Courtoy, S. A., 43, rue des Colonies, Bruxelles.
 MM. C. et P. Molitor, Construction métallique et soudure électrique, 5, boulevard Emile Bockstael, Bruxelles.
 M. G. Moressée, ingénieur-conseil (A.I.Lg.), Le Petit Beaumont, Ham, Esneux.
 M. J. F. Van der Haeghen, ingénieur-conseil (U.I.Lv.), 104, boulevard Saint-Michel, Bruxelles.
 MM. J. Verdeyen et P. Moenaert, ingénieurs-conseils (A.I.Br.), 5, rue Jean Chapelié, Bruxelles.
 Protection contre la corrosion, Acémita, S. A., 64, avenue Rittweger, Haren-Bruxelles.

MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

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

MEMBRES INDIVIDUELS

M. Eug. François professeur à l'Université de Bruxelles, 110, boulevard Auguste Reyers, Bruxelles.
 M. Jean François, membre associé de la firme François, 43, rue du Cornet, Bruxelles.

MARIGRÉE

SOCIÉTÉ COMMERCIALE D'OUGRÉE

Monopole de vente des produits de la
S. A. D'OUGRÉE-MARIHAYE A OUGRÉE (BELGIQUE)

Toute la gamme des produits laminés:

MATERIEL DE VOIE

BANDAGES

FIL MACHINE

PALPLANCHES

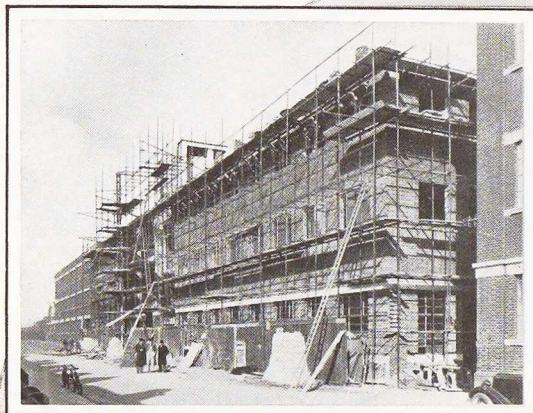
FEUILLARDS QUI SONT APPRÉCIÉS
DANS LE MONDE ENTIER

TOLES GALVANISÉES PLANES ET ONDULÉES

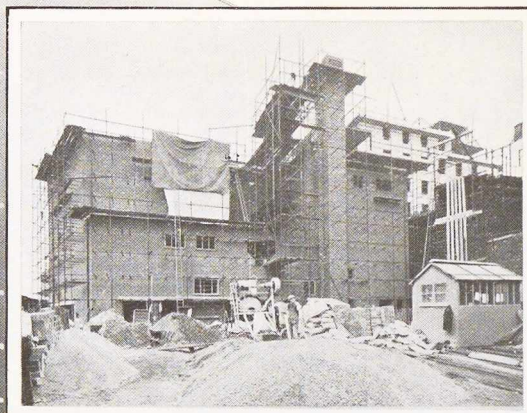
MARQUES « MERCURE » ET « CENTAURE »

CHARPENTES SOUDÉES ET RIVÉES, ETC.

ECHAFAUDAGES TUBULAIRES "BURTON"



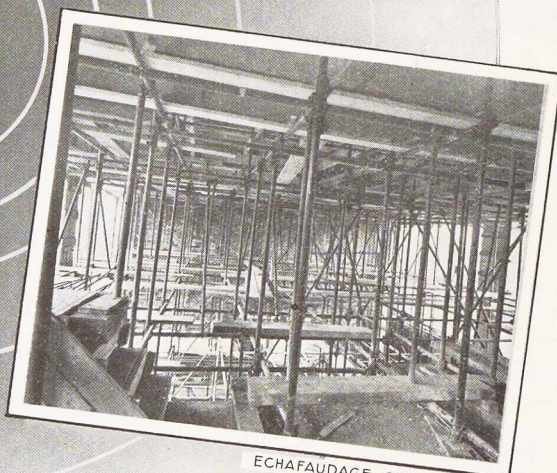
ECHAFAUDAGE INDEPENDANT



ECHAFAUDAGE SIMPLE

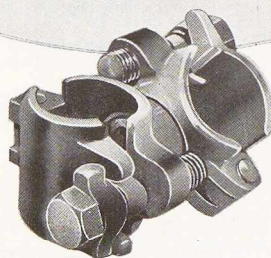


ECHAFAUDAGE INTERIEUR



ECHAFAUDAGE SERVANT D'ÉTANÇON

Systeme "DOUBLE-GRIP" en acier forgé-estampé



RAPIDITÉ

SÛRETÉ

Concessionnaires exclusif pour la Belgique, le G.-D. de Luxembourg et le Congo Belge

ALEXANDRE DEVIS & C^{IE}

SOCIÉTÉ EN COMMANDITE SIMPLE

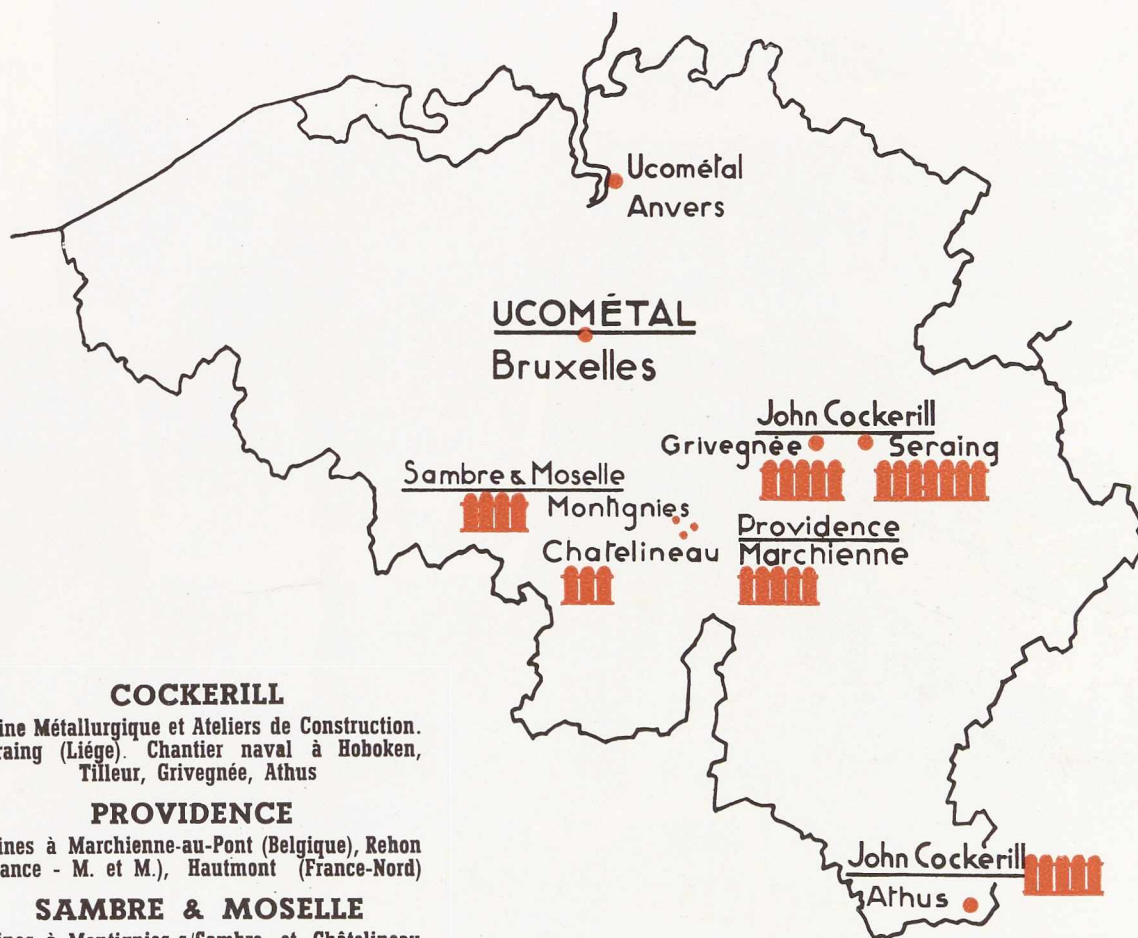
43 rue Masui
BRUXELLES
Tél. 15.49.40 (4 lignes)

296, rue Saint-Denis
FOREST
Tél. 44.48.50 (3 lignes)

45 rue Goffart
IXELLES
Tél. 11.76.38 - 11.76.98

Les constructions tubulaires « Burton » sont brevetées en Belgique et à l'étranger

La Belgique travaille !



COCKERILL

Usine Métallurgique et Ateliers de Construction.
Seraing (Liège). Chantier naval à Hoboken,
Tilleur, Grivegnée, Athus

PROVIDENCE

Usines à Marchienne-au-Pont (Belgique), Rehon
(France - M. et M.), Hautmont (France-Nord)

SAMBRE & MOSELLE

Usines à Montignies-s/Sambre et Châtelineau

Capacité de production : 3 millions de tonnes par an.

ACIER BESSEMER BASIQUE (Thomas)

ACIER MARTIN-SIEMENS

ACIER ELECTRIQUE

FONTES

Demi-Produits, Aciers Marchands

PROFILES, TOLES, RAILS

FIL MACHINE · RONDS A BETON

FEUILLARDS ET BANDES A TUBES

CIMENT METALLURGIQUE

ORGANISME DE VENTE

UCOMETAL

SOCIETE ANONYME

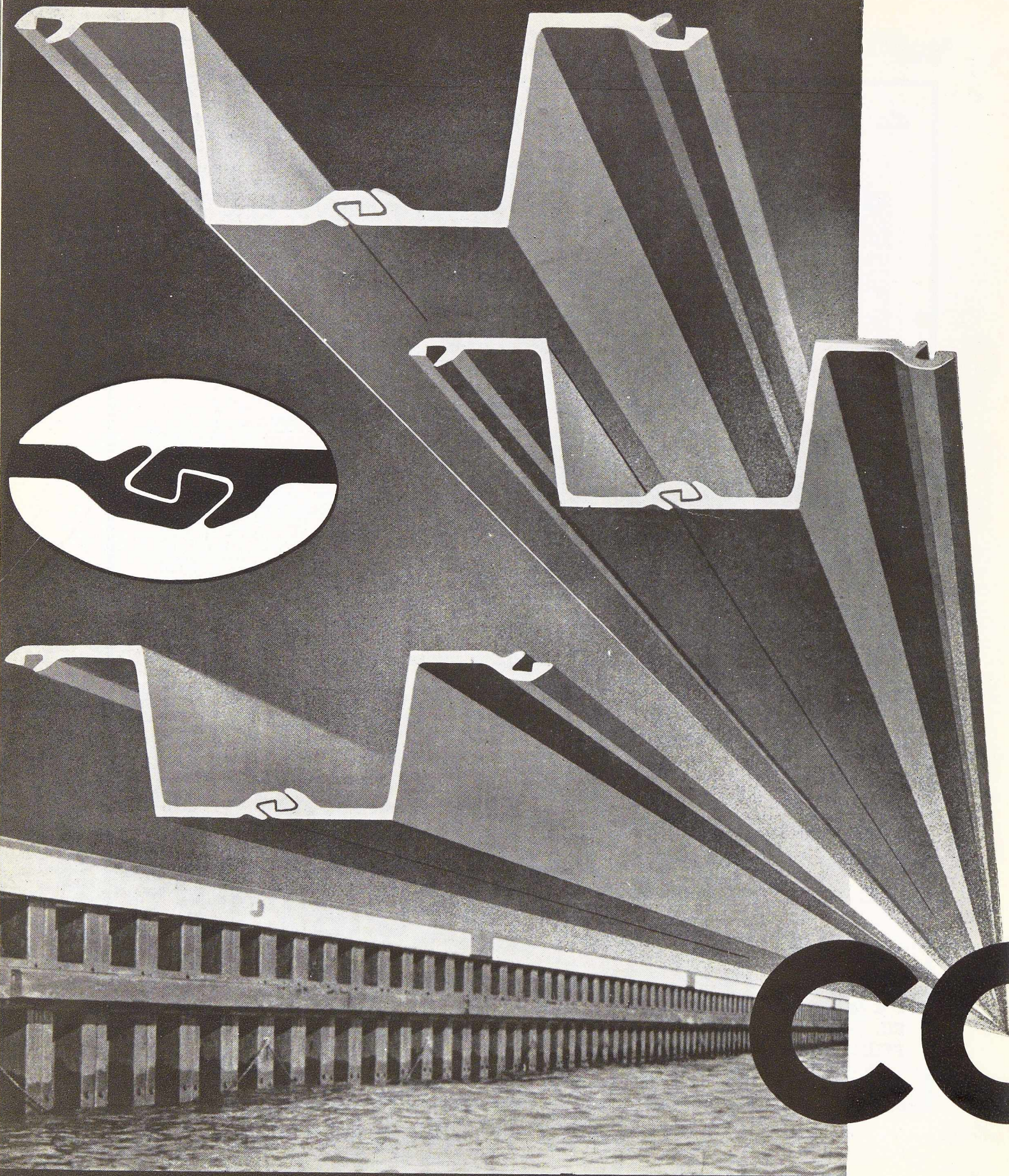
UNION COMMERCIALE

BELGE DE METALLURGIE

24, rue Royale, BRUXELLES

P

C



MEHLEN

PALPLANCHES BELVAL

Le nouveau programme des profils ondulés de l'usine de Belval comprend :

1. **Profils normaux »N«** -- Profils d'un module de 700 à 2350 cm³ pouvant suffire pour la plupart des travaux courants. Ces profils, laminés en cycle régulier par l'usine, sont livrables à très court délai.

2. **Profils renforcés »R«** — Profils normaux renforcés spécialement par rapport aux ailes et à la diagonale. Ces profils sont désignés pour le battage dans des terrains difficiles et là où une plus grande sécurité contre la corrosion est requise.

3. **Profils spéciaux.** — Dans ce groupe sont classés tous les autres profils d'une application moins fréquente. Leur laminage est sujet à l'accord préalable de l'usine.

Profitant d'une longue expérience, l'usine de Belval a **perfectionné l'emboîtement** des profils **Belval - Z** en se basant sur une conception nouvelle. Une plus grande solidité a été réalisée par une modification des bourrelets et par le renforcement de leurs tenants à la base; en plus, les bourrelets ont été arrondis à la pointe de façon à obtenir un enfilage et un glissement plus faciles.

Une brochure spéciale donnant des indications détaillées sur les trois types de profils ondulés:

Belval-Z, Terres Rouges et Belval-O est envoyée sur demande.

Pour la Belgique, s'adresser à

LA BELGO-LUXEMBOURGEOISE S.A.

11, QUAI DU COMMERCE, BRUXELLES

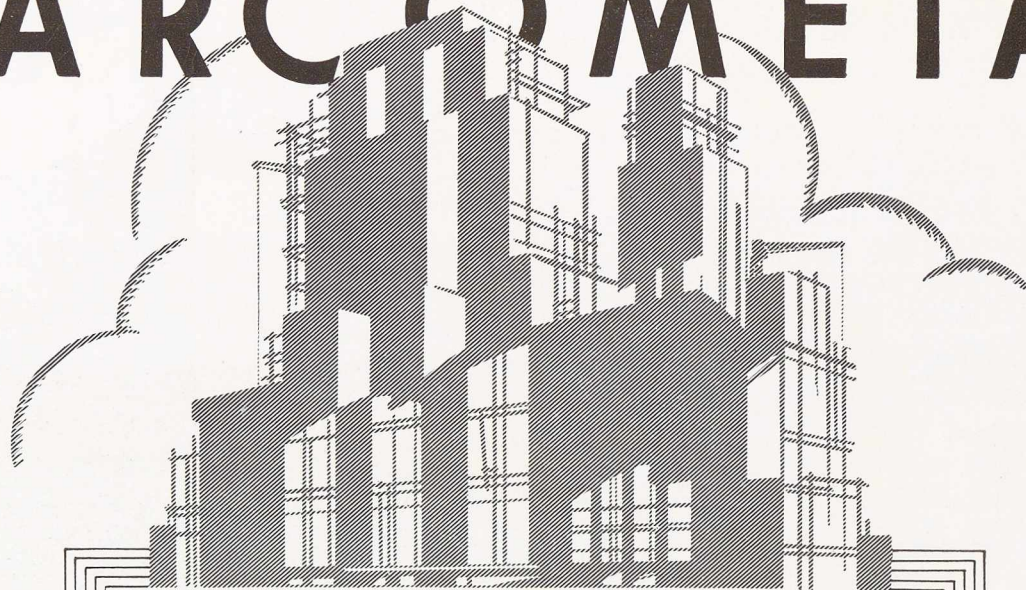
Tél. 17.22.46 - Adr. Tél. BELGOLUX BRUXELLES



DLUMETA

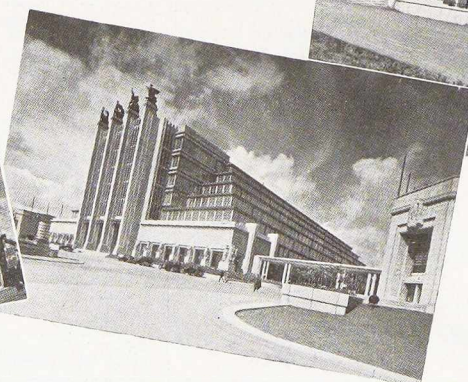
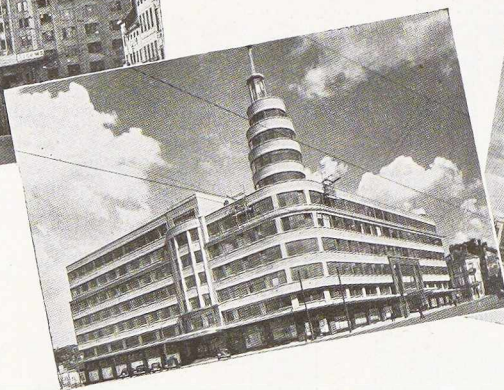
COMPTOIR MÉTALLURGIQUE LUXEMBOURGEOIS S.A. LUXEMBOURG

FARCOMETAL



Armature - coffrage métallique pour béton armé et lattis métallique léger pour cloisons et plafonds. • Supprime le bois de coffrage et tous ses inconvénients. " Accroche " le béton et les enduits de façon parfaite.

Demandez-nous, sans engagement, notre notice détaillée.



ATELIERS DE BOUCHOUT & THIRION RÉUNIS

SIÈGE SOCIAL : 249-253, CHAUSSÉE DE VLEURGAT, BRUXELLES • TEL. 44.48.80 (4 LIGNES)

USINES A BOUCHOUT ET VILVORDE



DYNASTEEL



FABRICATION BELGE

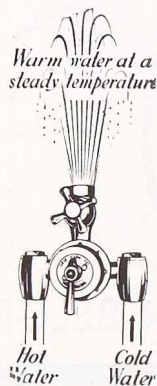
L'ACIER DE QUALITÉ
POUR L'OUTIL DE QUALITÉ



DU FOUR ELECTRIQUE
DANS VOTRE MAIN

EXCLUSIVITÉ DE VENTE

STÉ A^{ME} GILSOCO • LA LOUVIÈRE



Une température constante et réglée par les

MÉLANGEURS THERMOSTATIQUES LEONARD

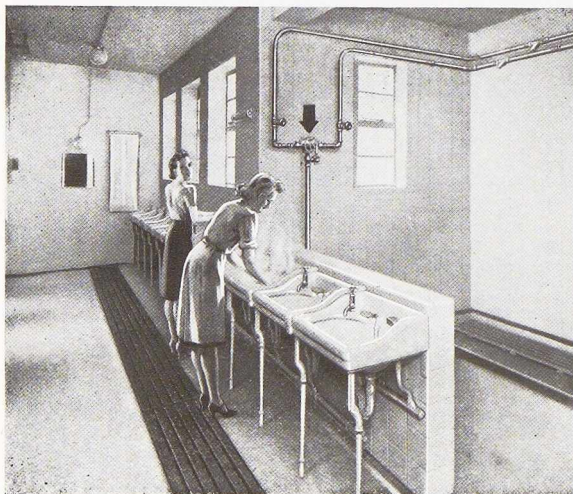
pour eau chaude et froide

ou pour vapeur et eau froide

Dans les lavoirs d'usines, il n'est plus nécessaire d'avoir de l'eau chaude et de l'eau froide. Personne ne se sert de l'eau froide si ce n'est pour amener l'eau chaude à une température agréable. Alors, pourquoi ne pas prévoir dès le début l'eau à une température agréable et n'avoir qu'un seul robinet (un jet de préférence) au lieu de deux? Il en résultera une économie d'eau, de charbon, de tuyauterie et de temps.

Le procédé moderne consiste à amener l'eau chaude et l'eau froide jusqu'aux cuvettes et les faire passer par une **VALVE THERMOSTATIQUE LEONARD**. Au moyen d'un thermostat à action rapide placé dans la chambre de mélange, la **VALVE THERMOSTATIQUE LEONARD** ne laissera passer l'eau qu'à la température à laquelle elle a été réglée. Peu importe les fluctuations de pression dans les conduites d'amenée, l'eau est débitée aux cuvettes ou aux douches à la température prescrite.

Les **VALVES THERMOSTATIQUES LEONARD** sont employées sur une grande échelle dans les usines, pour bains douches, lavemains, lavabos d'usines et tout autre équipement de lavage, ainsi que pour divers usages industriels dans les boulangeries, tanneries, blanchisseries, etc...



AGENTS GÉNÉRAUX :

J. & G. DAVIS

80 - 84, rue Terre-Neuve

BRUXELLES

TÉLÉPHONE : 12.43.86



BUNGALOW MÉTALLIQUE

S. A. DES ATELIERS DE CONSTRUCTION DE
JAMBES-NAMUR

Anciens Établissements Th. FINET

JAMBES

PONTS
CHARPENTES
GROSSES TUYAUTERIES
OSSATURES DE BATIMENTS
MAISONS MÉTALLIQUES



NOS SPÉCIALITÉS :

Brides de tuyauteries pour hautes pressions
Tôles et accessoires galvanisés
Embouts lourds et moyens
Ressorts - Am'Acier - Pièces en acier moulé
et pièces forgées (brutes et parachevées)

LES ATELIERS MÉTALLURGIQUES S.
A.
NIVELLES

USINES A NIVELLES - TUBIZE - LA SAMBRE - MANAGÉ

Locomotives - Tenders - Wagons - Voitures - Ponts - Grues - Charpentes

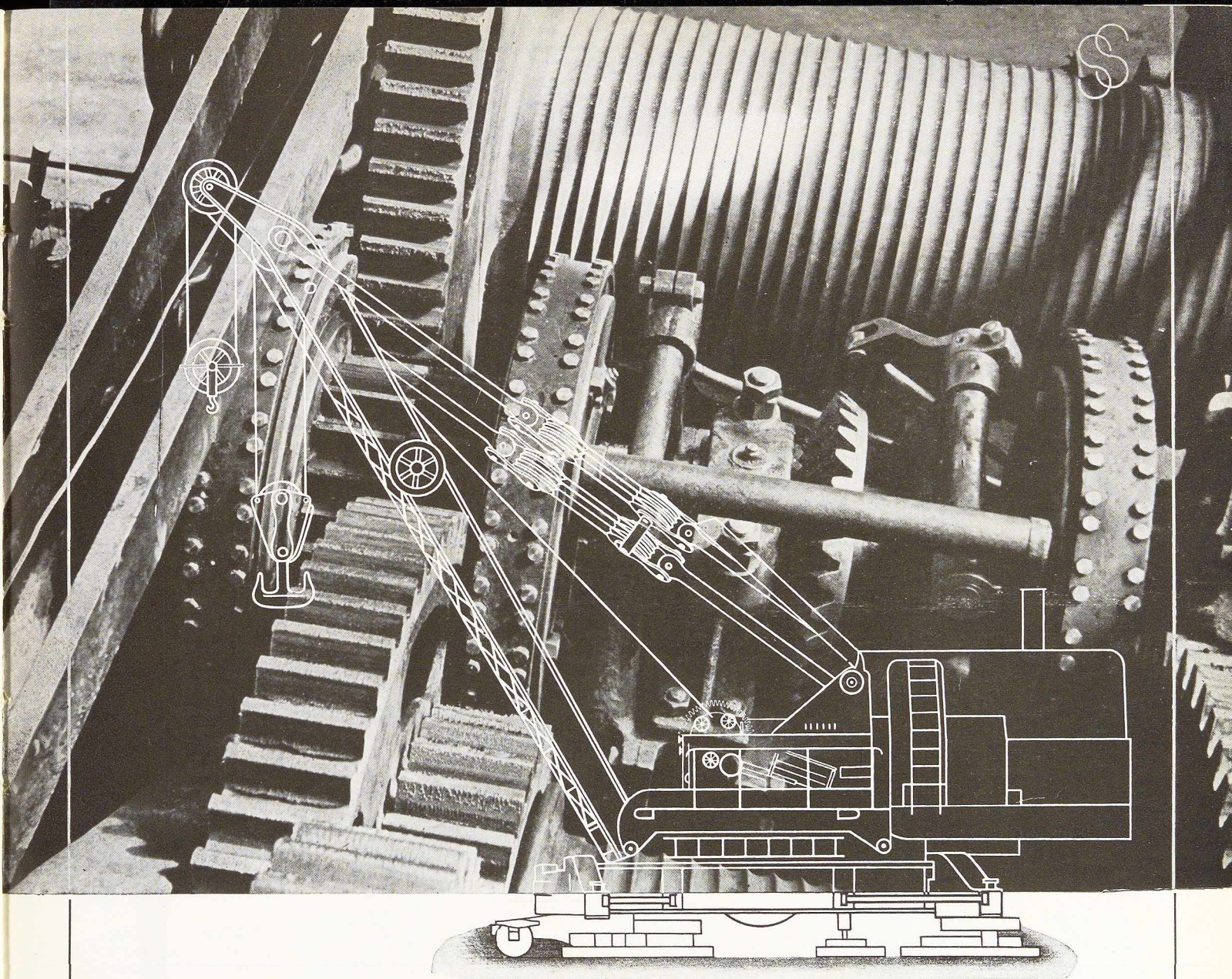


MONTAGES - SOUDURE ÉLECTRIQUE.
EN ATELIER. SUR CHANTIER.

TÉL : 210.04

12, RUE DU BRÉSIL.

ANVERS.



DETAIL DU MECANISME D'UNE GRUE ROULANTE DE
150 Tonnes FOURNIE AUX CH. D. F. FRANÇAIS

COCKERILL

SERAING

Studio Simar-Stevens

APPAREILS DE LEVAGE, DE MANUTENTION ET DE TRACTION ÉLECTRIQUE



Grues de port. Grues pour chantiers navals.
Grues industrielles à crochet et à grappin.
Grues de façade pour entrepreneurs.

Ponts roulants en tous genres à crochets et à
grappins. Ponts spéciaux de métallurgie : strip-
peurs, mélangeurs, enfourneurs de Fours Martin,
pitts, défourneurs.

Cabestans. Grappins automatiques, etc.
Installations de manutention en tous genres :
transporteurs à courroies, transporteurs à ra-
clettes, élévateurs à godets, vis d'Archimède, etc.

SOCIÉTÉ ANONYME

LE TITAN ANVERSOIS

H O B O K E N

BELGIQUE

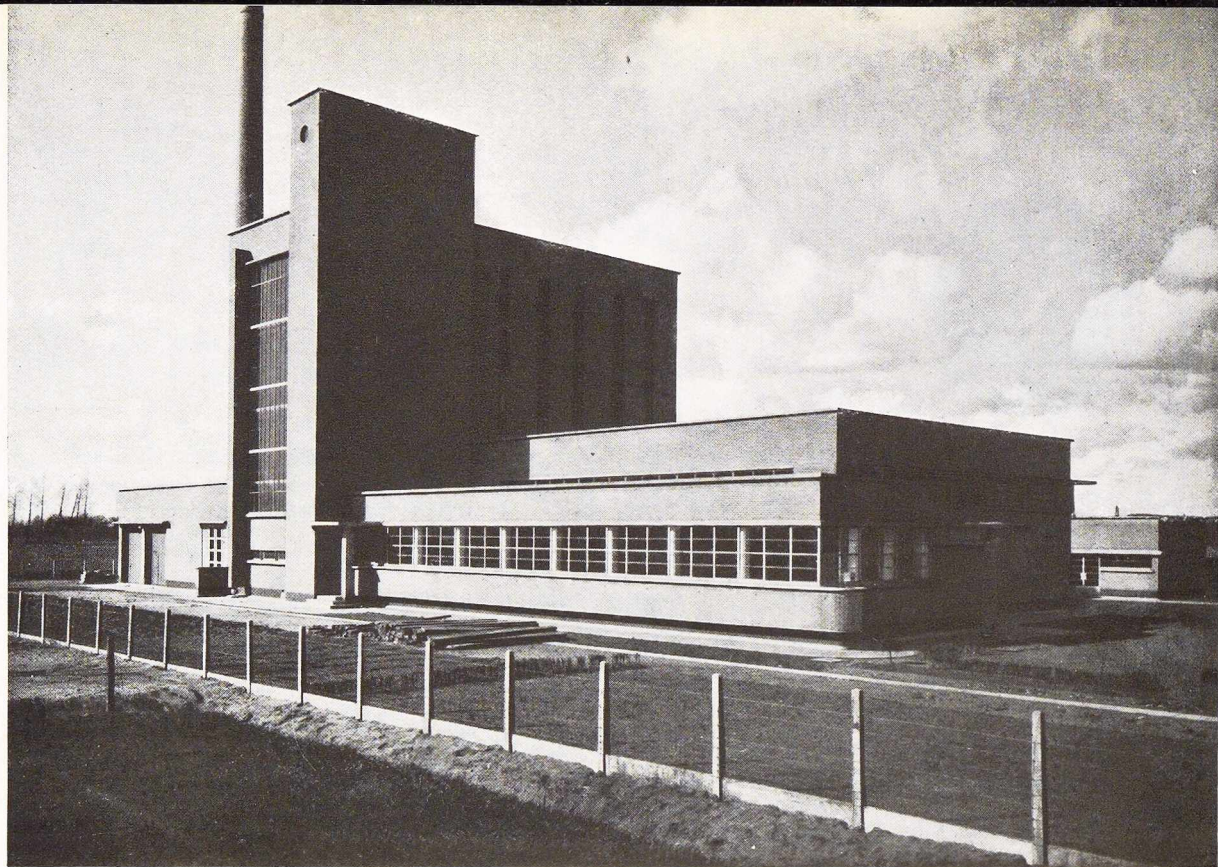


DE DIFFERDANGE

AGENCE DE VENTE POUR LA BELGIQUE ET LE CONGO BELGE
DAVUM, S. A., 22, rue des Tanneurs, 22, Anvers.
Téléphone 299.17. (5 lignes) — Télégramme Davumport

Pont sur le Rhin construit en poutrelles GREY, en un délai de 8 jours,
par le Génie militaire allié.





Usine à Terdonck

Architecte : J. Lippens, Gand

SOCIÉTÉ MÉTALLURGIQUE DE BAUME S. A.

SOMIEBA

TÉLÉPHONES : 279 LA LOUVIÈRE
15.81.57 BRUXELLES

LA LOUVIÈRE

MENUISERIES MÉTALLIQUES

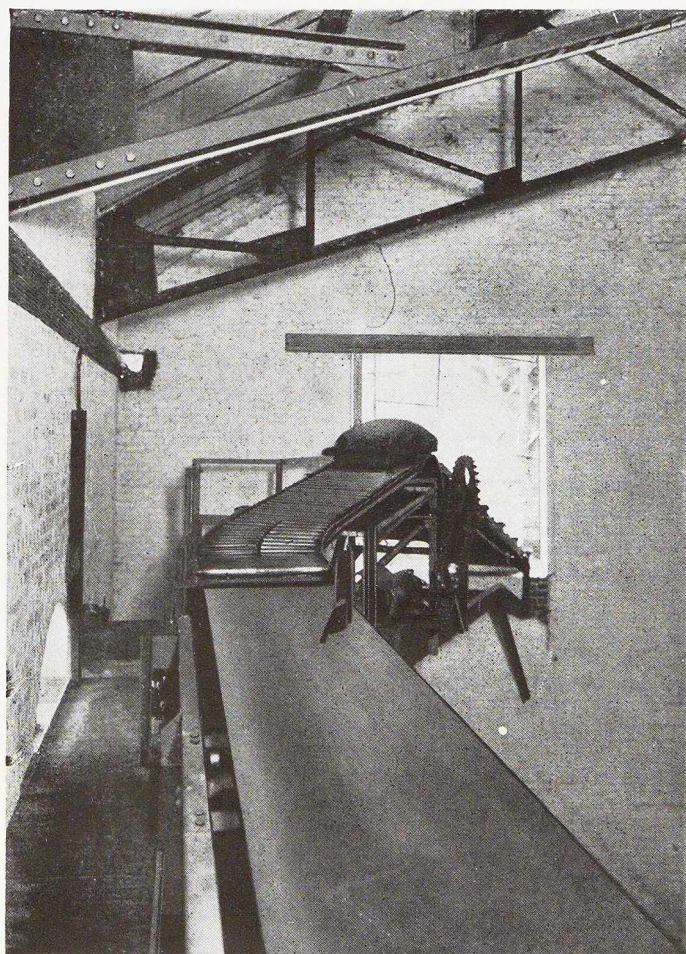
CHASSIS, PORTES, CLOISONS EN ACIER
ANTICORODAL ET BRONZE
CHAMBRANLES ET TOLERIES
SABLAGE, PARKÉRISATION
MÉTALLISATION

CONSTRUCTION

CHARPENTES, RÉSERVOIRS
TUYAUTERIES, POTEAUX
SOUDURE ÉLECTRIQUE

REGISTRE DE COMMERCE : MONS 378

ELÉVATEURS
TRANSPORTEURS
GERBEURS
TOBOGGANS
A SACS



**INSTALLATION
DE STOCKAGE ET DE DÉCHARGEMENT DE SACS**

comprenant :

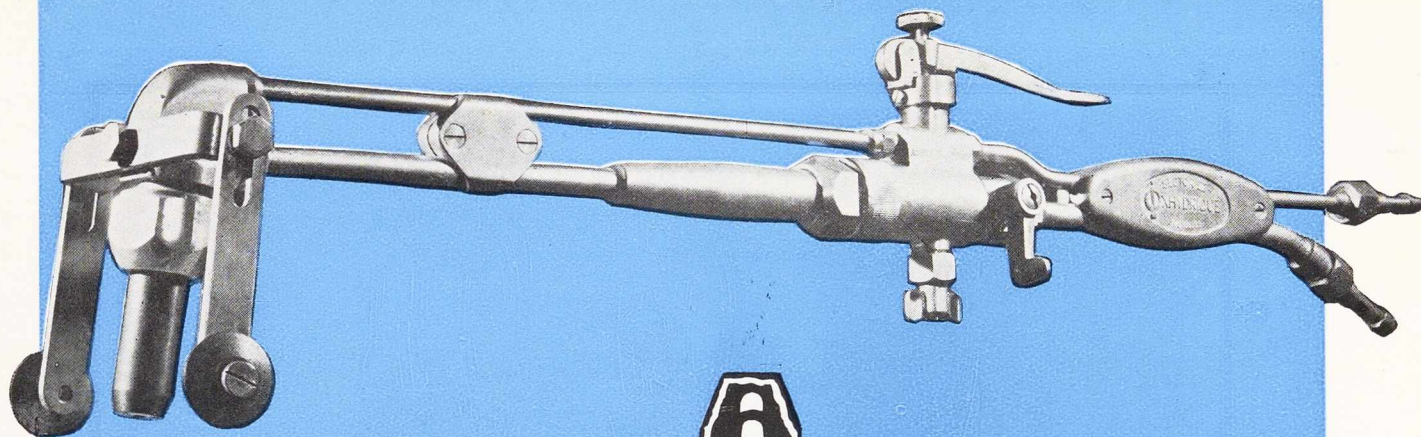
- Transporteur à courroie caoutchouc
- Table à rouleaux
- Transporteur à bande Sandvick le long du bâtiment
- Transporteur à bande Sandvick sur pont roulant
- Gerbeur de stockage et de reprise
- Toboggan de chargement de wagons et camions

**ATELIERS DE CONSTRUCTION
MECANIQUE DE TIRLEMONT S.A.**

ANCIENNEMENT ATELIERS J.-J. GILAIN. TÉLÉPHONE 12

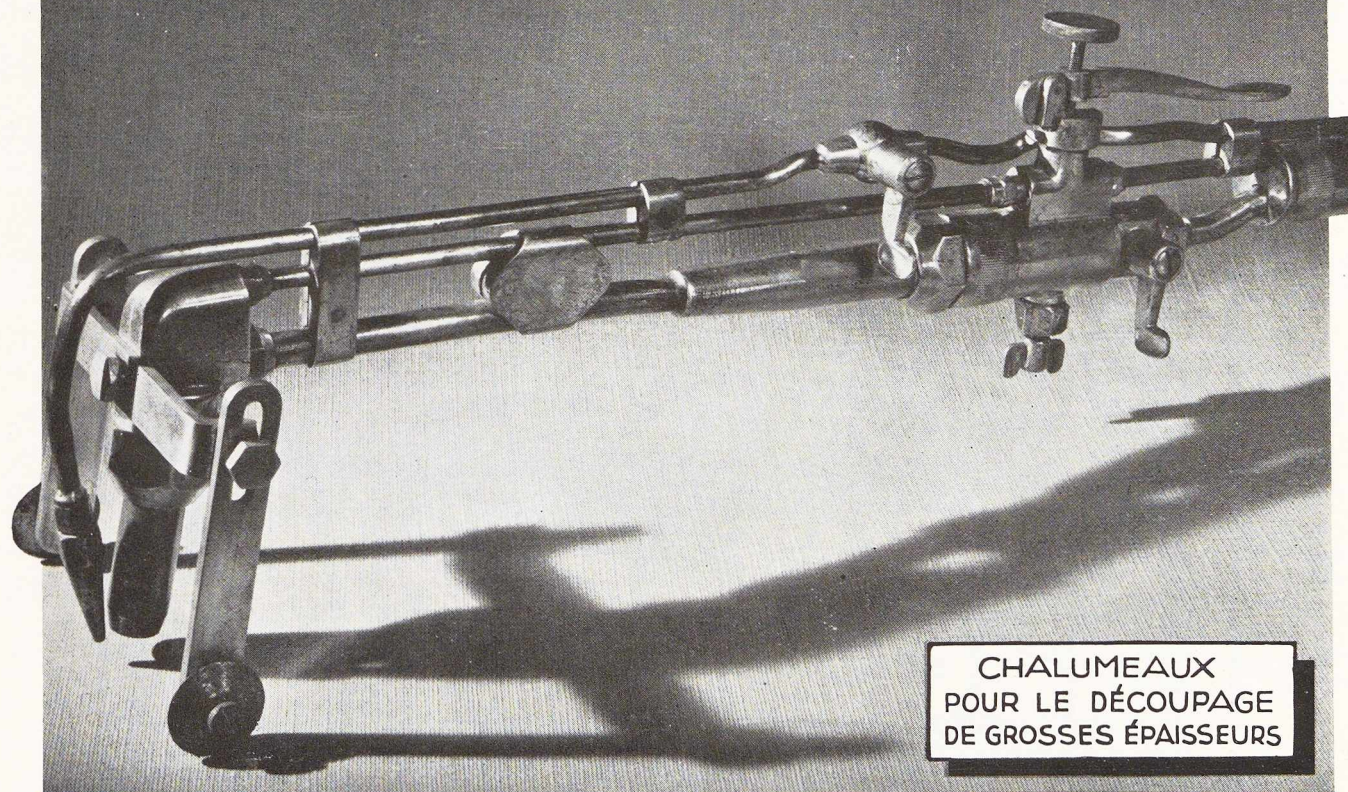


CETTE REVUE EST TIRÉE
PAR L'IMPRIMERIE G. THONÉ A LIÈGE



*Matériel pour toutes
les applications de la
flamme*

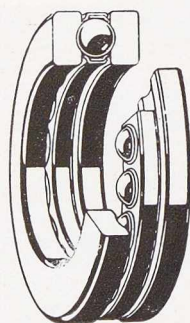
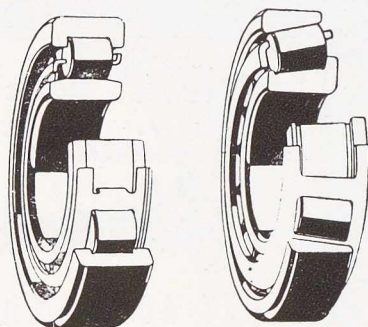
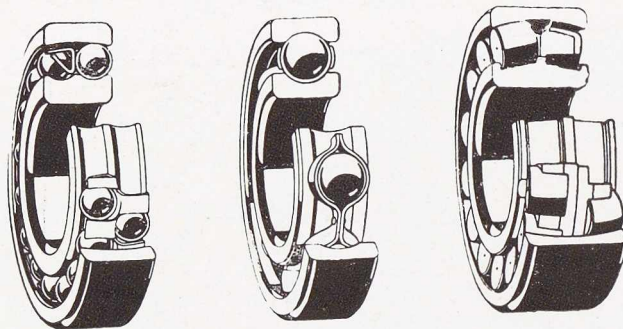
OXY-ACÉTYLÉNIQUE



CHALUMEAUX
POUR LE DÉCOUPAGE
DE GROSSES ÉPAISSEURS

L'OXHYDRIQUE INTERNATIONALE

SOCIÉTÉ ANONYME • 31, RUE P. VAN HUMBEEK • BRUXELLES



SKF

Pour chaque cas
le roulement
qu'il faut

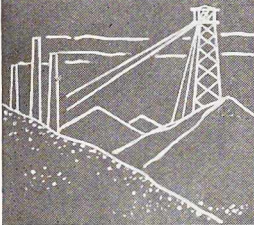
SOCIETE BELGE DES ROULEMENTS A BILLES **SKF**

SOCIETE ANONYME

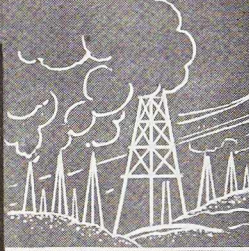
117. BOULEVARD ANSPACH BRUXELLES Téléphone: 11.65.12 - 13 - 14 - 15

TUBES POUR TOUTES ACTIVITÉS

CHARBONNAGES



PÉTROLE



CANALISATIONS



TRAVAUX PUBLICS

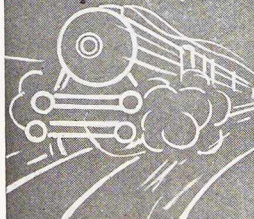


EAU



GAZ

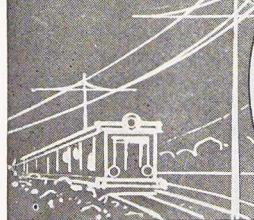
CONSTRUCTION MÉCANIQUE



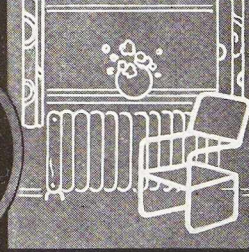
SPORTS



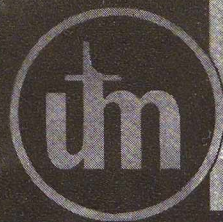
TRANSPORT DE FORCE



LE HOME



TOUS DIAMÈTRES
DE 3^{m/m} A 1250^{m/m}
ET PLUS



USINES A TUBES DE LA MEUSE

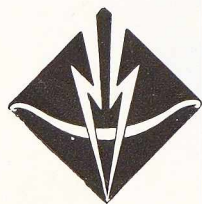
STÉ AME FLEMALLE-HAUTE BELGIQUE

SOBELPRO

L'ARCHITECTURE MÉTALLIQUE



VILLA
TOUT
ACIER



ÉLECTRODES

ENTIÈREMENT
SOUDÉE
ARCOS

LA SOUDURE ÉLECTRIQUE AUTOGÈNE

S. A., 58-62, rue des Deux-Gares
BRUXELLES

L'OSSATURE MÉTALLIQUE

REVUE MENSUELLE DES APPLICATIONS DE L'ACIER

11^e ANNÉE - N° 1-2

JANVIER-FÉVRIER 1946

L'esthétique des ponts métalliques

par **D. B. Steinman.**

Ingénieur-Conseil, New-York



L'éminent ingénieur américain D. B. Steinman, auteur de projets et réalisateur de nombreux ponts remarquables, s'est fait le défenseur d'une esthétique des ponts métalliques, et principalement des ponts de grande portée.

Non content d'être un technicien de premier plan, M. Steinman possède une véritable âme d'artiste, ce qui lui a permis d'édifier, dans le domaine des ouvrages d'art, des chefs-d'œuvre tels que les ponts Mount Hope, St. John, Henry Hudson à New-York et d'autres ouvrages qui furent primés comme les plus beaux ponts de leur année de construction.

Nos lecteurs liront certainement avec beaucoup d'intérêt les réflexions de M. Steinman sur l'important problème de l'esthétique des ponts métalliques.

O. M.

A l'époque de ma vie d'étudiant, lorsqu'on nous enseignait l'art de construire les ponts, je n'ai jamais entendu prononcer le mot : « beauté ». Notre attention était concentrée sur l'analyse des efforts, sur les détails de la technique, les formules et les méthodes graphiques, la résistance des matériaux, la détermination des sections, les surcharges des locomotives, les lignes d'influence, les articulations, les joints rivés, les goussets, les résultats d'essais, les spécifications, les devis, les problèmes économiques, le montage, la construction et enfin les efforts hyperstatiques; jamais aucun mot ne fut dit au sujet des considérations artistiques dans l'étude des ouvrages dits « d'art »; il semble qu'on n'ait même jamais pensé qu'un pont pût ou dût être beau.

Pour ma thèse de fin d'études, j'ai choisi comme sujet l'étude du pont Henry Hudson (fig. 3) en tant qu'arc métallique. J'ai commencé cette étude au début de l'année 1908, soit un an et demi avant les examens finaux. J'étais résolu à faire de mon

étude un modèle d'excellence technique et analytique, mais ceci ne me paraissait pas suffisant. Poussé par un souci esthétique instinctif, j'étais aussi résolu à faire de mon étude un modèle d'excellence artistique. J'ai lu tout ce que j'ai pu trouver à ce sujet concernant les principes esthétiques de l'étude des constructions. J'ai discuté le sujet avec des amis qui étudiaient les problèmes de l'architecture, mais ils ne purent pas m'aider. Leurs connaissances étaient relatives à l'architecture traditionnelle en maçonnerie, avec des ornements et des moulures classiques, mais l'acier était pour eux un matériau étrange et non familier. Ils ne pouvaient d'autre part, en aucune façon, associer ce matériau à des conceptions artistiques.

J'ai alors visité des ponts existants afin de cristalliser mes propres pensées sur les raisons pour lesquelles certaines constructions sont laides, et pourquoi d'autres produisent un sentiment de satisfaction esthétique. Je grimpai et descendis

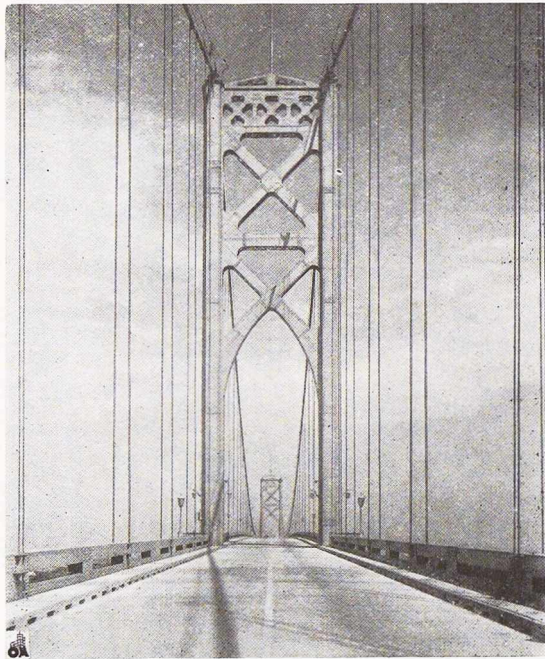


Fig. 2. Pont Mount Hope franchissant la baie de Narragansett.

le long de Washington Bridge franchissant le Harlem River à New-York et j'étudiai son aspect du point de vue artistique. Dans ma thèse, j'ai alors introduit un exposé détaillé, justifiant l'esthétique de mon projet. Le professeur W. H. Burr accueillit ma thèse avec enthousiasme et je me souviens encore avec fierté qu'il m'avait donné la cote peu commune de 100 %.

Pendant les années qui suivirent, j'ai partagé mon temps entre la pratique de l'ingénieur et l'enseignement jusqu'à ce que je fusse finalement lancé dans la carrière qui fut la plus chère à mon cœur : la construction des ponts. C'est alors que je fus mis en face des réalités de la vie pratique et j'ai découvert assez tôt qu'une simple habileté technique n'était pas suffisante. Pour ajouter à ma désillusion, je découvris aussi que le succès, dans notre profession, est obtenu non pas par la science, mais par une sorte d'intuition. Je fus bien forcé de m'adapter à cette situation.

Dans mes contacts avec les fonctionnaires et les financiers, clients éventuels, je constatai que toute conversation au sujet de l'excellente technique d'une étude de ponts les laissait complètement indifférents; il y avait toutefois deux choses qui les intéressaient : l'une était l'économie, et l'autre, la beauté du projet. C'étaient là les choses qu'ils pouvaient comprendre et apprécier.

L'économie était relativement facile à obtenir en choisissant judicieusement le type du pont,

ses proportions et les formes de la construction; mais la beauté exigeait la foi du néophyte, au delà des conventions établies. Pour un projet dont on m'avait chargé de faire l'étude, j'ai préparé 12 plans artistiques différents. J'ai choisi ensuite et étudié le plus beau. Pour me rendre compte des effets artistiques sous tous les angles, je me livrai à une série de dessins de perspective. Les bleus ordinaires constituent un mystère pour un profane, mais un dessin en perspective est quelque chose que le client peut comprendre.

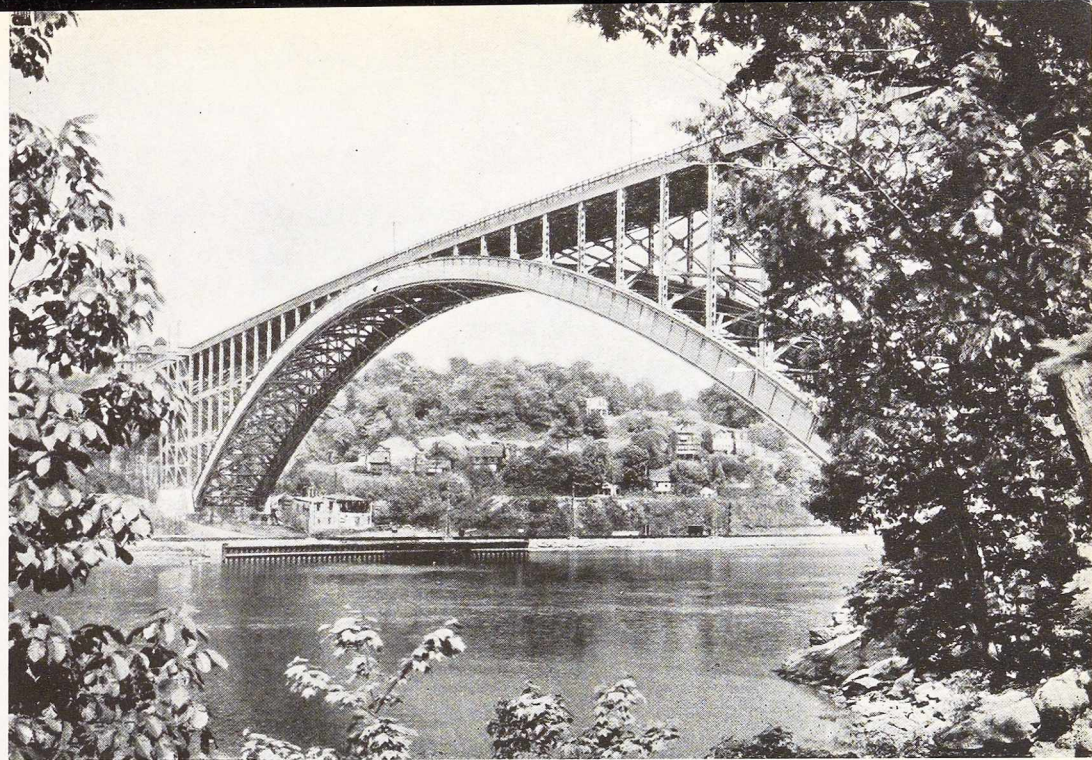
Les premières conditions pour rendre une construction artistique sont l'honnêteté et la simplicité, ainsi que l'élémentaire beauté des lignes, des formes et des proportions.

Le pont Mount Hope (fig. 2), franchissant la baie de Narragansett entre Providence et Nieuport, est le plus grand pont de la Nouvelle-Angleterre. Avec l'appui enthousiaste des financiers, aucun effort n'a été ménagé en vue de rendre l'ouvrage beau. La grâce, le rythme, l'harmonie des lignes et de la composition ont été étudiés avec un soin presque amoureux. La pensée qu'on a eue de créer un beau pont dans un site enchanteur a reçu sa récompense en 1929, lorsque l'American Institute of Steel Construction l'a primé comme « le plus beau pont à longue portée construit en 1929 ». J'avoue que j'éprouve une grande satisfaction chaque fois que je vois cet ouvrage, satisfaction de l'artiste qui voit sa conception devenue réalité et revêtue d'une beauté durable.

Le pont St. John à Portland (Oregon) (fig. 4) — la Cité des Roses — est situé dans un paysage charmant. Il se trouve au-dessus d'un panorama de la cité, du fleuve et de la vallée; il est entouré par des collines boisées et au loin on voit se profiler des pics montagneux couverts de neige. Tout près, coule le majestueux Columbia River, longé par la route. Le tout est d'une beauté qui pourrait difficilement être surpassée. Tout ceci était un véritable défi pour moi, m'incitant à produire un ouvrage d'une grande beauté. Le désir de créer un ouvrage d'art esthétique est devenu mon ambition et le choix du type suspendu, avec ses gracieuses courbes de câbles et sa composition harmonieuse, était le premier pas dans cette voie. Les pylônes métalliques élancés de plus de 120 m de hauteur exprimaient une combinaison heureuse de beauté et de force. La composition des membres verticaux (sollicités par les charges directes) avec les membrures inclinées (soumises à la pression



Fig. 3. Pont Henry Hudson à New-York avant la pose de son deuxième tablier.



du vent) ont produit une solution hautement satisfaisante. Les pieds des pylônes ont reçu une section cruciforme, tant pour mettre leur esthétique en relief que pour des raisons constructives. Les arches de ce pont donnent l'impression d'une cathédrale gothique. Les portiques des tours constituent une illustration de quelque chose de nouveau : l'architecture métallique. La beauté a été obtenue sans aucun camouflage, ni aucune ornementation. Pas un kilo de métal n'a été placé inutilement. L'acier de construction se prête lui-même à la beauté des lignes et des proportions et au jeu des lumières et des ombres. Par les ouvertures dans les tours on découvre une belle vue, des arbres verts, le ciel bleu et des nuages blancs, avec des montagnes couvertes de neige se profilant au loin.

C'est dans l'étude du pont Mount Hope que j'ai introduit pour la première fois la notion de couleur dans les ponts, utilisant d'abord des nuances vert clair et ensuite, devenu plus audacieux, mettant en pratique des teintes de verts plus sombres, jusqu'au vert jade. Mon idée était d'abandonner la couleur noire d'un effet froid, ou le gris des navires de guerre, et d'employer des tons plus chauds et plus agréables à l'œil. Le succès de mon innovation est attesté par son adoption par les départements des ponts et chaussées de différents états, ainsi que par la ville de New-York.

Dans le cas du pont St. John, en vue de le mettre en harmonie avec le paysage, j'ai demandé que la charpente métallique fût peinte en vert.

Différentes autorités ont été consultées. Elles conseillèrent, pour la visibilité maximum, de peindre le pont en jaune avec des raies noires !

La beauté, dans les grands ponts métalliques, peut être obtenue sans devoir sacrifier l'utilité ou l'économie.

Le projet original du pont St. John était établi sur la base d'une dépense de 4.250.000 dollars pour un tablier livrant passage à trois files de véhicules et se trouvant à 40 mètres au-dessus du fleuve. Nous leur avons donné un pont, non seulement durable mais aussi beau, livrant passage à quatre files de véhicules et se trouvant à 60 mètres au-dessus du fleuve pour 3,5 millions de dollars seulement. Pour la première fois dans la construction d'un pont dans cette partie du pays, les fonctionnaires n'ont pas dû se retourner contre les contribuables pour demander des suppléments.

La ville de Portland apparaît la nuit comme une féerie composée d'une myriade de couleurs qui scintillent. Je pensai donc qu'il fallait donner au pont un système d'éclairage spécial en vue de mettre en relief, la nuit, les lignes artistiques de ses câbles et de ses pylônes. En dépit du fait qu'on a pu économiser plus d'un demi-million de dollars sur le coût du pont, les fonctionnaires ont refusé d'approuver la dépense de 30.000 dollars pour mon plan d'éclairage. Ils ont limité la dépense à 500 dollars, ce qui a permis de prévoir quelques projecteurs seulement, placés dans les pylônes; mais même cette simple installation s'est révélée efficace pour mettre en relief la beauté du

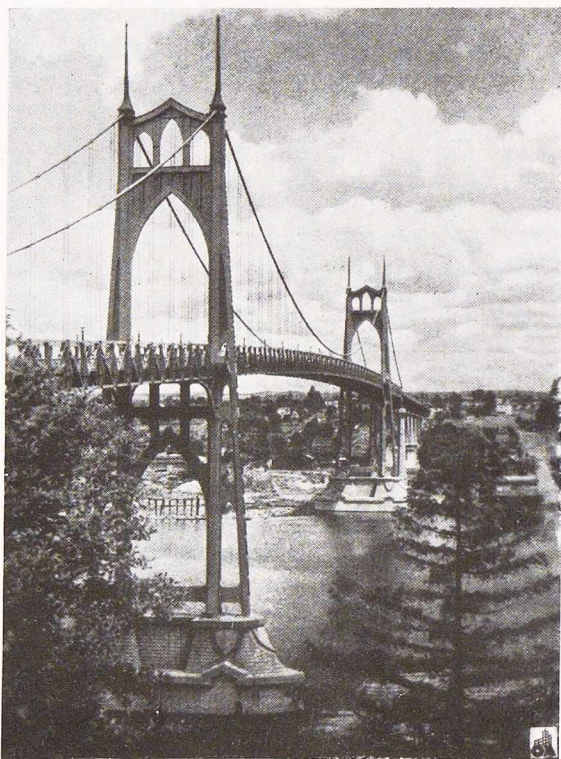


Fig. 4. Pont St. John à Portland (Oregon).

Il y a différentes conceptions de ce qui constitue la beauté d'un pont et il y a différentes méthodes pour y arriver; chaque méthode est une contribution intéressante et toutes doivent être considérées par l'ingénieur.

Le « pont des 17 arches » au Palais d'Été de l'ancienne Impératrice douairière à Peiping (Chine) est un joyau artistique. La beauté, ici, a été obtenue par le principe fondamental du rythme impliquant une répétition heureuse et une harmonie tranquille. C'est une succession rythmique de belles notes, toutes combinées dans une composition mélodieuse et harmonieuse.

Une autre conception de beauté est symbolisée par le pont Alexandre III à Paris. C'est un pont à arches métalliques de très gracieuses proportions. Ici, la beauté a été obtenue par la décoration : statues, sculptures en relief, et ornements appliqués.

Le viaduc de Landwasser, sur la route d'Albula en Suisse, donne enfin une troisième conception de la beauté d'un ouvrage d'art. Le résultat a été obtenu par la combinaison des lignes extrêmement simples, combinées avec l'ordonnance des proportions.

Dans chacune de ces constructions le plan est harmonieusement approprié à l'endroit, et exprime l'esprit artistique du site. Les trois exemples cités ci-dessus sont des exemples caractéristiques de beauté artistique et fonctionnelle. Aucun de ces ponts ne constitue une solution universelle.

En général, les éléments suivants doivent être pris en considération lorsqu'on conçoit un nouveau pont : l'harmonie avec le site environnant, l'harmonie intérieure, la composition, la symétrie, l'honnêteté, la grâce, les proportions, le rythme, la répétition, la continuité, l'échelle, les lumières et les ombres, la couleur et l'éclairage.

L'architecture en maçonnerie s'est développée pendant 2.000 ans, mais les mêmes principes fondamentaux régissent la beauté dans les constructions métalliques. Même dans les ponts à faible portée, un effet d'esthétique peut être obtenu en choisissant soigneusement un système agréable à l'œil et en répétant ensuite ce système d'une façon rythmique. Le pont d'Innsbruck est un exemple de ce type de construction.

L'arc constitue une forme qui possède une beauté naturelle. Comme contraste avec les poutres ordinaires, l'arc donne une impression quelque peu dynamique, un sentiment d'une poussée puissante, créé dans la portée et amené par la courbure de l'arc jusqu'aux culées. De tous les

pont. L'impression résultant du pont avec ses lignes gracieuses a été décrite comme « un poème tendu à travers le fleuve ».

Le pont Waldo-Hancock, franchissant le Penobscot River dans le Maine (fig. 5), est un autre pont suspendu pour lequel j'ai obtenu un prix au concours des plus beaux ponts d'Amérique. Dans un plan original de pylônes, j'ai cherché à obtenir un effet artistique avec des lignes droites par leurs seuls écartements, arrangement et proportions relatives. Le résultat a été si efficace que la nouvelle forme des pylônes soulignant les lignes verticales et horizontales a été adoptée dans les ponts construits ultérieurement, y compris plusieurs ponts primés.

Ma thèse d'étudiant pour l'obtention du grade d'ingénieur à l'Université de Columbia s'est révélée une anticipation prophétique. Vingt-cinq ans plus tard, les plans du Henry Hudson Bridge me sont revenus comme un travail réel pour ma firme. Le même emplacement, et le même type. Un rêve d'étudiant est devenu réalité ! L'arc du pont Henry Hudson est le type le plus sobre et le plus agréable à l'œil à cause de sa simplicité fonctionnelle.



Fig. 5. Pont Waldo-Hancock dans le Maine.

ponts en arc, le pont à tablier supérieur est le plus agréable par sa clarté fonctionnelle. La ligne de la chaussée représente la charge qui doit être portée, et doit se trouver d'une façon naturelle et logique au-dessus de l'arc. Une ligne de chaussée ininterrompue et sans obstacles constitue un important élément dans l'esthétique des ponts.

Le type suspendu est idéal lorsqu'on recherche la beauté d'un pont en acier. La gracieuse courbe des câbles est la plus belle de toutes celles qu'il est possible de donner à un pont et les suspentes constituent la forme la plus satisfaisante des éléments de remplissage. Les tours élancées qui portent les câbles divisent la portée en trois parties artistiquement proportionnées. Dans les ponts suspendus, les pylônes sont les éléments dominants et doivent être traités avec grâce et beauté. Par exemple, dans les pylônes du pont Mount Hope, le contreventement a été traité de façon à obtenir une composition artistique avec les pylônes arqués au-dessus de la chaussée. Les lignes de ces pylônes s'harmonisent avec les lignes des câbles en point et contrepoint. Dans les tours du pont Waldo-Hancock, un effet d'esthétique est obtenu par l'emploi des lignes parallèles espacées harmonieusement.

Les ponts sont des indices de la civilisation. Chaque pont doit être conçu avec l'impérieuse pensée d'atteindre à la beauté. La résistance et l'utilité doivent être alliées à la beauté.

Les premiers ponts en acier étaient surtout utilitaires. Certains d'entre eux, tel que le pont du Forth en Ecosse, ont inspiré le respect par leurs dimensions titanesques et par leurs formes, exprimant la puissance dynamique et une force non équivoque. D'autres, tel que le pont de Williamsburg, donnent une impression malheureuse par suite des proportions maladroites et de l'angularité des lignes. Les ponts-rails de l'ancien temps et d'autres constructions strictement utilitaires étaient acceptés avec résignation comme une partie inévitable de cette « laide civilisation ». Les architectes considéraient, à cette époque, l'acier comme un matériau dépourvu de possibilités artistiques. On a vu ensuite des tentatives pour rechercher des effets architecturaux dans la construction métallique par l'addition de détails décoratifs, l'embellissement et l'ornementation. C'était l'époque des ponts européens, lourdement ornementés, et de constructions telles que le pont de Queensboro en Amérique, qui représentait la même tendance. L'architecte abandonnait les li-



gnes principales de la construction à l'ingénieur, et l'ingénieur laissait à l'architecte la liberté d'ajouter les embellissements nécessaires. Plus récemment, nous sommes entrés dans une seconde période, celle de l'évolution de la construction des ponts, dans laquelle les vraies possibilités artistiques de l'acier commencent à prendre progressivement jour, non par l'embellissement ou la décoration, mais par le développement des formes structurales qui sont belles par elles-mêmes lorsqu'elles ont été conçues d'une façon simple et harmonieuse.

Le bâtisseur de ponts de notre époque doit être ingénieur et artiste en même temps. Pour comprendre complètement un projet structural et sa fonction, il doit posséder en plus un sentiment très vif concernant la beauté des formes, des lignes et des proportions. Les architectes, avant de pouvoir aider l'ingénieur, doivent apprendre à saisir et à apprécier ce nouveau matériau — l'acier — et ne pas le considérer simplement comme une carcasse qui doit être recouverte ou camouflée.

Actuellement, les ingénieurs ont donné la preuve formelle que dans les ponts la beauté peut

être obtenue sans devoir sacrifier ni l'utilité, ni l'économie. Au lieu de cacher l'acier, ou de le revêtir de décorations extraordinaires, les bâtisseurs de ponts modernes font tendre leurs efforts vers la production des plus beaux tracés dans l'acier même, en développant ses formes et ses proportions; ils arrivent ainsi à exprimer le plus artistiquement et le plus honnêtement l'esprit dominant de ce matériau : sa résistance, sa puissance et sa grâce.

On accorde de plus en plus d'importance à l'esthétique des ponts, y compris l'harmonie avec le site environnant, l'équilibre de la composition, la simplicité des formes, la beauté des lignes, la grâce et le rythme des éléments.

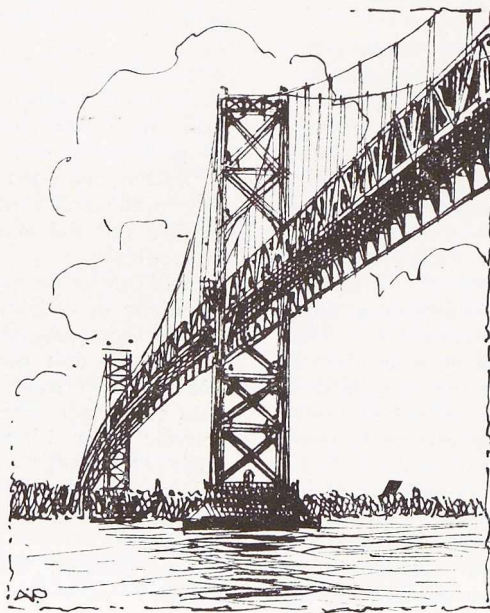
Il y a un message que je voudrais transmettre aux constructeurs de ponts ainsi qu'aux profanes à travers le monde. Je voudrais prêcher l'évangile de la beauté de l'acier. Je voudrais qu'on accepte la vérité qu'avec l'acier nous avons un matériau qui possède en potentiel le don d'exprimer l'union harmonieuse de la beauté et de la force. Je voudrais faire comprendre, aux ingénieurs, le fait que toutes les possibilités de faire de belles constructions métalliques n'ont pas encore été épuisées. Avant l'avènement de l'acier, il était nécessaire de construire des ponts en maçonnerie, munis de tours imposantes. Profitant de l'avantage d'un développement plusieurs fois centenaire, la construction en maçonnerie a conduit à la production d'ouvrages de haute qualité

artistique. Lorsque l'acier est venu à son tour, les premiers constructeurs qui utilisaient le nouveau matériau ignoraient apparemment ses exigences et ses possibilités artistiques; les pylônes et les ouvrages en acier étaient construits d'après les lignes strictement utilitaires, avec des proportions disgracieuses, et des formes angulaires.

Certains constructeurs, influencés par la tradition de la construction en maçonnerie qui a précédé l'avènement de l'acier, ont eu recours à un expédient architectural en construisant d'énormes pylônes de pont en acier et en les masquant ensuite au moyen de béton ou de pierre pour leur donner un aspect d'ouvrage massif. Quant à moi, je considère un traitement pareil comme un subterfuge.

En effet, l'exigence fondamentale vis-à-vis de la beauté est l'honnêteté et la sincérité. Là où l'acier constitue l'élément essentiel, je ne crois pas qu'il soit nécessaire de le cacher ou de le camoufler. Je crois que des formes vraiment belles peuvent être obtenues en employant l'acier. L'acier conduit lui-même admirablement à un aspect artistique dans une grande variété de formes et de proportions. Nous ne devons pas être liés maladroitement par la tradition. Tout matériau nouveau a ses formes de beauté appropriées. Leur développement demande une vision créatrice du pionnier, guidée par une sensibilité innée du vrai et du beau.

D. S.



Un nouveau système de cheminée métallique soudée

Le choix du type de cheminée le mieux approprié à chaque cas particulier est déterminé généralement par des considérations d'ordre économique. Pour le calcul du prix de revient d'une telle construction, il y a lieu de prendre en considération, non seulement le coût de la cheminée proprement dite, mais encore le coût des fondations nécessaires, la rapidité de montage, les dimensions de l'emplacement disponible, sans oublier les frais d'entretien ultérieur. Plusieurs de ces facteurs sont à leur tour influencés par les dimensions du fût, ce qui permet de juger des mérites d'une solution en la comparant à l'un ou l'autre type réalisé précédemment.

En dépit de nombreux avantages que la construction soudée offre sur les assemblages rivés, les cheminées métalliques soudées sont plutôt rares; aussi, il nous a paru intéressant de décrire la nouvelle cheminée métallique soudée qui vient d'être achevée à la Centrale électrique de Peterborough (Angleterre), d'après les principes du système Orthostyle.

Corrosion

Le problème le plus important à envisager, dans le cas des cheminées métalliques, est posé par la corrosion du métal, cette corrosion étant à la fois interne et externe; toutefois chacune est due à des causes tout à fait différentes.

Alors que la corrosion externe est causée par les phénomènes atmosphériques, la cause précise de la corrosion interne dépend de la nature du travail que la cheminée est appelée à supporter, mais ces effets ne sont jamais uniformes à travers toute la surface du fût. On y constate notamment des points d'attaque concentrée; de ce fait de nombreuses cheminées, en parfaite condition de solidité, présentent des endroits complètement rongés.

C'est notamment le cas des cheminées rivées, où les conditions existantes de température et la nature des produits de la combustion produisent généralement une condensation acide dans la partie supérieure de la cheminée. Cette condensation provoque la saturation des poussières qui se trouvent dans les interstices formés par le recouvrement des plats et par les têtes de rivets.

Comme la température, aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur de la cheminée varie, les poussières deviennent alternativement humides et sèches, ce qui constitue les conditions idéales pour l'action destructive de l'acide sulfurique. Les résultats de cette action sont montrés à la figure 7. Cette illustration montre l'exemple-type de ce genre de corrosion, laquelle est fréquente dans les cheminées métalliques rivées, et qui se produit particulièrement à proximité des joints rivés.

On doit donc admettre que ce sont les recouvrements, constituant les réceptacles des poussières, qui sont à l'origine du mal.

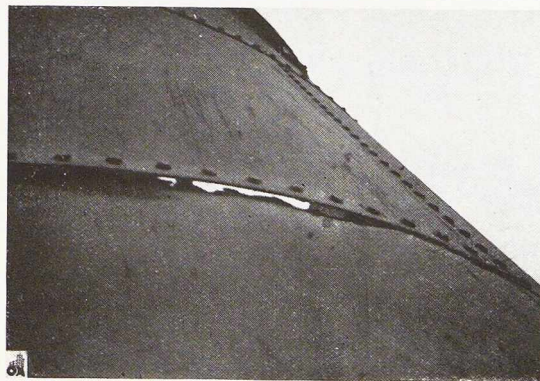
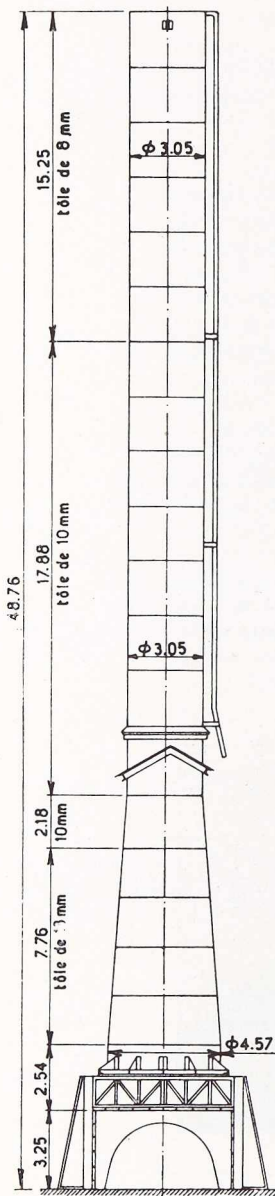
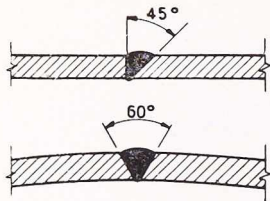


Fig. 7. Cheminée métallique rivée, corrodée par l'action de l'acide sulfurique condensé.



Il n'est donc pas illogique de supposer que l'élimination des recouvrements et des rivets constituerait une bonne voie vers la solution du problème et que la meilleure voie pour y parvenir est d'employer la soudure bout-à-bout.

Le remède paraît ainsi d'une grande simplicité, mais sa réalisation pratique est malheureusement accompagnée d'un grand nombre de difficultés, ce qui constitue probablement la raison pour laquelle les cheminées métalliques soudées, en dépit de leurs avantages, ont été, jusqu'à présent, l'exception plutôt que la règle.

Ces difficultés sont dues entièrement au fait que le procédé habituel de montage d'une cheminée consiste à placer les viroles l'une au-dessus de l'autre en commençant par le fond. Il en résulte que la plus grande partie du travail d'assemblage des différentes parties se fait à une hauteur considérable par rapport au sol et dans une situation plutôt difficile.

En plus, ce procédé complique également l'inspection finale, étant donné qu'une soudure doit être examinée aussitôt après sa réalisation, pendant que l'échafaudage employé par l'opérateur ou par le soudeur est encore en place, ce qui nécessite la présence continue du technicien chargé de la surveillance. Autrement tout l'échafaudage doit être laissé intact jusqu'à l'achèvement du montage, ou bien être remonté après le montage pour permettre à l'inspecteur d'examiner les soudures.

En ce qui concerne les assemblages rivés, ce procédé d'assemblage ayant subi l'épreuve du temps, on admet généralement qu'il ne nécessite pas de surveillance technique; c'est là une supposition qui ne repose sur aucune base scientifique, étant donné que la résistance d'un rivet dépend

de la main-d'œuvre dans la même proportion qu'une soudure et que les coefficients de sécurité habituellement employés sont suffisants pour couvrir une multitude de défauts, et cela aussi bien dans le cas de la rivure que dans celui des constructions soudées.

La soudure, étant un procédé plus récent, se prête davantage aux développements scientifiques modernes; aussi les ingénieurs tiennent-ils à exercer une surveillance plus rigoureuse que dans le cas de la rivure. Cette surveillance, pendant la construction et également après l'achèvement de celle-ci, est hautement désirable; cela ne sera contesté par aucun ingénieur, bien que l'inspection visuelle des soudures donne une bien meilleure indication de leur sécurité que les méthodes généralement employées par l'inspection des rivets, car, pourvu que le courant employé par l'opérateur soit correct, ce qui est facilement contrôlable

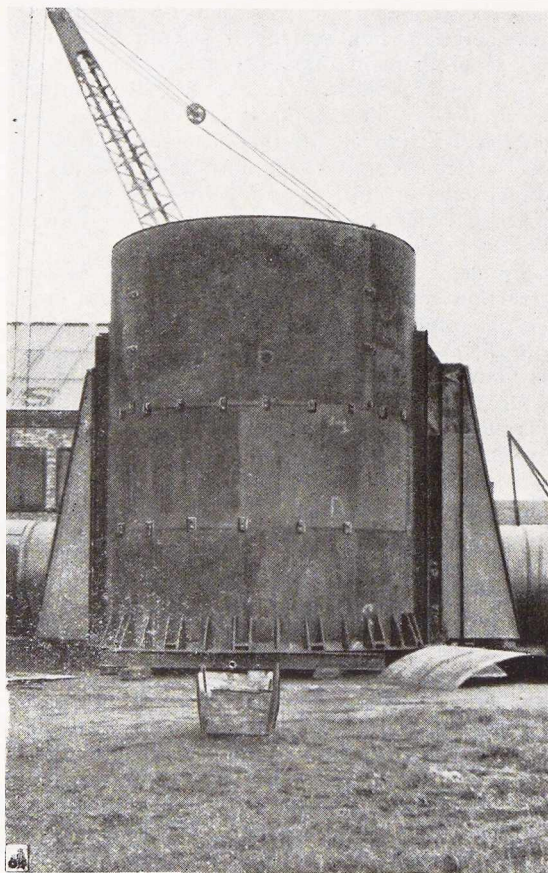


Fig. 9. Partie inférieure de la cheminée.

Fig. 8. Détails techniques. En haut : joints circulaires (45°) et joints verticaux (60°).



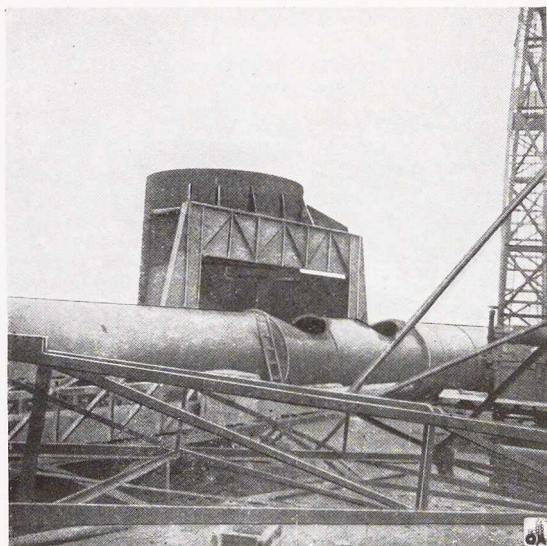


Fig. 10. Cheminée en cours d'assemblage.

par les appareils de mesure, l'apparence d'une soudure finie est habituellement une indication de sa qualité.

Dispositions générales

Les dimensions principales de la cheminée sont indiquées sur la figure 8 qui montre les dispositions générales, ainsi que certains détails.

Tout le poids de la cheminée est supporté par un portique métallique entièrement soudé. Les membres horizontaux du portique sont composés de poutres à âmes pleines dont les raidisseurs sont disposés de façon à former avec les ailes une poutre en treillis (fig. 8 et 10). Cette disposition des raidisseurs offre un intérêt particulier à la suite des expériences récentes faites par MM. Cyril Jensens et Charles Antoni, en collaboration avec J. B. Reynolds, qui ont montré « que les poutres à âmes pleines ayant des raidisseurs verticaux et des raidisseurs placés en diagonales dans le sens des efforts des compressions dans l'âme sont plus efficaces que les poutres possédant seulement des raidisseurs verticaux ».

La partie inférieure de la première virole est renforcée au moyen des raidisseurs trapézoïdaux visibles sur la figure 9.

Un chapeau de cheminée, en tôle d'acier doux de 6 mm d'épaisseur est fixé sur le fût afin de rendre la toiture résistante aux intempéries; au-dessus de ce chapeau, le fût comporte une échelle métallique.

Soudure

Tous les joints dans le fût ont été soudés bout-à-bout, pour des raisons données précédemment. La figure 8 montre les deux types de soudure utilisés en V; on y remarquera que l'angle d'une simple soudure bout-à-bout en V employé dans les joints verticaux est de 60° , ce qui est inférieur au minimum généralement spécifié pour les soudures verticales. Ces exigences toutefois sont faites uniquement en vue de simplifier les soudures, et les expériences montrent qu'un angle de 60° est suffisant pour donner une pénétration complète dans le cas d'un soudeur connaissant bien son métier.

Comme dans l'ouvrage qui nous concerne, seuls les soudeurs expérimentés ont été employés, on a pu se contenter d'un angle inférieur à 60° .

En même temps, prenant en considération la nature des joints, il a été décidé d'employer des électrodes prévues spécialement pour la soudure verticale dans le but de rendre le travail plus rapide et de fournir le maximum de facilités à la main-d'œuvre. En conséquence, on a employé partout les électrodes Murex du type « Overhead » qui répond aux spécifications du Standard britannique N° 538 de 1940.

Chaque soudure a été examinée très soigneusement par un technicien compétent et aucune peinture n'a été appliquée avant l'examen des joints de toute la virole.

Montage

A l'exception de la poutre de base qui a été complètement assemblée en atelier, le corps principal de la cheminée a été amené à pied d'œuvre

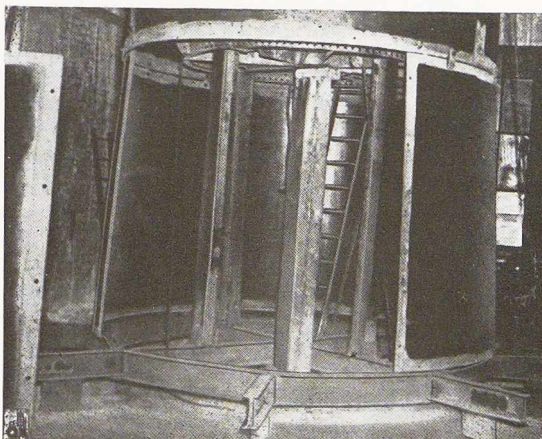


Fig. 11. Plate-forme mobile employée pour le montage de la cheminée.

sous forme de segments dont les extrémités étaient prêtes pour la soudure; par ailleurs, un nombre suffisant de trous a été prévu sur les quatre côtés, en vue de faciliter l'assemblage. Tous les trous ont été forés avec précision pour assurer un assemblage parfait et un alignement correct. Le montage a été conduit suivant les principes de base du système Orthostyle, permettant la construction sans subordination aux conditions atmosphériques. Le chantier de montage comprend une plate-forme mobile pouvant se déplacer verticalement d'une hauteur de deux viroles; cette plate-forme est constituée par des rayons supportant un cylindre. Le montage a commencé par l'assemblage de la couronne supérieure de la cheminée dont les segments séparés étaient placés sur des poutrelles laminées placées radialement et formant la base de la charpente rigide. Ces segments étaient fixés au moyen de boulons assemblant les différents plats, boulons fournis pliés suivant la courbure correcte, ce qui a permis d'assurer un assemblage des joints absolument précis. L'emplacement exact de ces segments a été contrôlé au moyen d'un gabarit et l'anneau a été soudé des deux côtés. L'accès à l'intérieur a été obtenu au moyen d'une ouverture dans la fondation en béton.

La plate-forme mobile a été ensuite descendue jusqu'au bout de sa course. Les coudes d'assemblage ont alors été boulonnés à la virole achevée, et la première partie de la cheminée était soulevée au moyen d'un treuil à une hauteur permettant l'assemblage de la virole immédiatement inférieure.

Entre temps, le poids de la partie achevée était pris en charge par un échafaudage en bois placé sous la plate-forme mobile, ainsi qu'on le voit sur la figure 11. Le montage de la deuxième virole a été effectué de la même façon. Lorsque tous les segments ont été placés, la plate-forme mobile a été détachée permettant aux segments inférieurs de prendre la charge, on a alors soudé complètement les joints circonférenciels. Un contrôle a été effectué ensuite; la plate-forme mobile a été alors descendue et soudée à la partie inférieure de la seconde virole, laquelle a été alors soulevée pour permettre l'assemblage de la virole suivante, et ce procédé a été répété à l'achèvement complet de la partie cylindrique de la cheminée.

Le montage de la partie conique a suivi exactement les mêmes lignes. Tous les accessoires tels que les échelles sont soudés à chaque virole au moment de son assemblage et la verticalité de la cheminée a été maintenue durant tout le montage au moyen de mâts attachés à la partie supérieure de la cheminée. La méthode de montage décrite

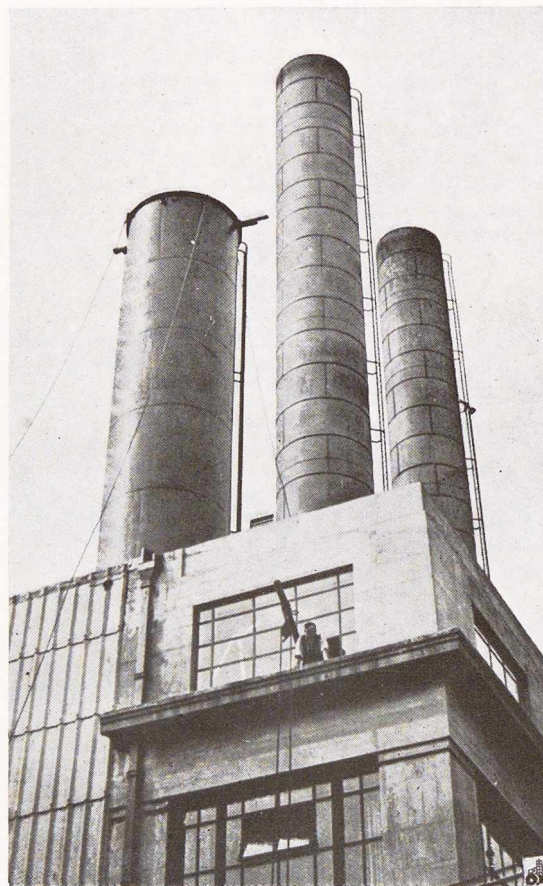


Fig. 12. Vue générale de la cheminée de Peterborough.

ci-dessus a été employée à la Centrale électrique de Peterborough, mais le système Orthostyle permet de nombreuses variantes pour le montage de leurs cheminées. Le choix du procédé de montage employé dans chaque cas particulier doit être déterminé par des considérations de calculs de la cheminée, ainsi que par les conditions locales, mais les principes fondamentaux de montage sont à peu près identiques.

L'application du système Orthostyle de montage à la cheminée décrite dans cet article s'est révélée très efficace et n'a présenté aucune difficulté. Il apparaît ainsi que la première des cheminées soudées à Peterborough, qui est l'une des rares cheminées soudées en Angleterre, constitue un bon exemple, qui sera certainement suivi à l'avenir.

BIBLIOGRAPHIE : *The Welder*, vol. XII, n° 78.



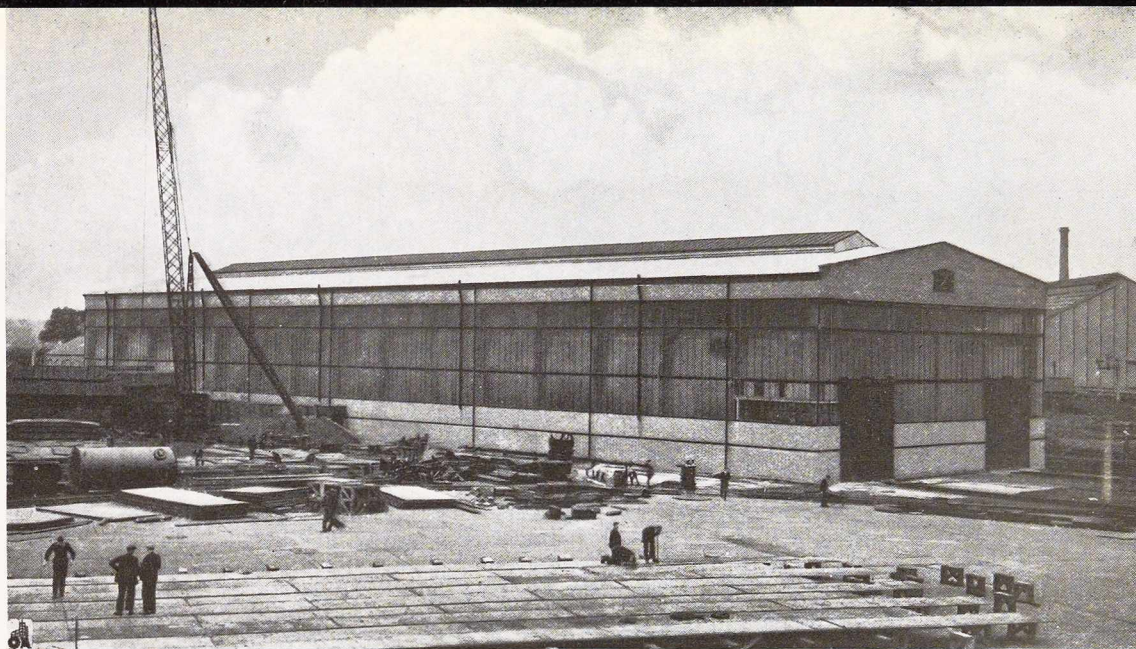


Fig. 13 Vue générale des ateliers à ossature métallique en portiques soudés.

Les portiques rigides dans les bâtiments industriels

par O. Bondy,
Ingénieur-Conseil.

Considérations générales

Les constructions du type à cadres rigides présentent certains avantages qu'elles soient en bois, en béton armé ou en acier. Durant ces dernières années, les cadres rigides en acier sont devenus plus populaires et beaucoup de ponts et de bâtiments de ce type furent érigés en construction rivée. Lorsqu'on les compare aux ouvrages des types traditionnels, leur supériorité a été encore augmentée par l'introduction de la soudure, le joint soudé étant rigide par sa nature même.

Sans doute des constructions métalliques soudées ont été érigées dans la région de Londres dès 1920, mais ce n'est que 15 ans plus tard que des ouvrages soudés hyperstatiques à cadres rigides ont été construits en Angleterre. Leur nombre et leurs dimensions sont encore relativement faibles.

En 1936, un atelier de 14^m60 de portée et de 91^m50 de longueur a été étudié et construit, entièrement soudé, pour une usine du Nord de l'Angleterre.

Récemment, dans cette même usine, une augmentation importante dans la fabrication des constructions soudées a entraîné la nécessité de construire un atelier de soudure plus grand pour remplacer les locaux antérieurs. Le nouveau bâtiment devait avoir 91^m50 de longueur et une portée approximative de 24^m40; on devait prévoir deux ponts roulants de 20 tonnes de capacité chacun, se déplaçant simultanément sur des voies distantes de 22^m90 et situées à 9^m10 au-dessus du niveau du plancher ⁽¹⁾.

Différents types de constructions furent étudiés. C'est la solution métallique soudée qui a été finalement adoptée. Une fois la soudure de la charpente décidée, on a effectué une comparaison des prix de revient (fig. 14 et 15) entre un portique rigide à deux articulations (projet A) et une ferme de type conventionnel (projet B). Les quantités de matériaux à mettre en œuvre pour les deux projets sont reprises au tableau ci-après.

⁽¹⁾ Ce bâtiment a été décrit dans la revue *Engineering* en 1941.

Description	Unités	Projet A (Portique)	Projet B (Ferme en treillis)	Remarques
Charpente mé- tallique . . .	tonnes	282	258	Pression ad- missible sur le terrain : 2,2 kg/cm ²
Fondations :				
Fouilles	m ²	300	830	
Béton	m ³	270	360	
Coffrage	m ²	115	540	
Ronds à béton	tonnes	1	15	

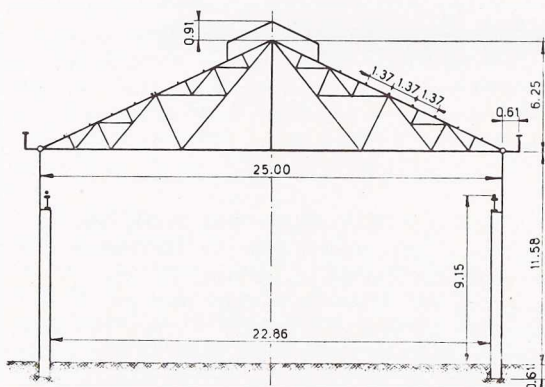
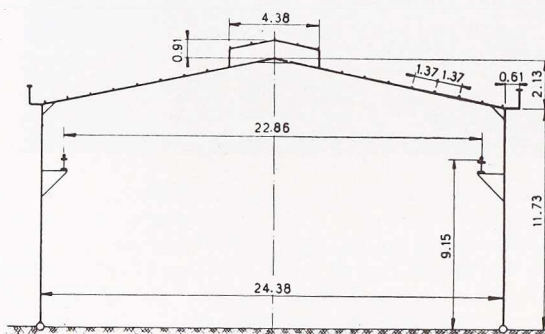


Fig. 14 et 15. Projet A (en haut). Portique rigide à deux articulations.
Projet B (en bas). Ferme en treillis de type conventionnel.

La comparaison montre que la charpente métallique du portique (projet A) est d'environ 10 % plus lourde que celle du projet B. Le coût des fondations, toutefois, y compris les fouilles, était d'environ 60 % plus élevé pour le type B. La comparaison finale des prix de revient pour le bâtiment entier a montré une différence de 150 £ (26.500 fr. belges) seulement en faveur de la solution en portique. Il y avait toutefois un cer-

tain nombre d'avantages supplémentaires en faveur de ce type. Le cadre à deux articulations donne une rigidité latérale meilleure, car les forces transversales provenant des ponts roulants et de la pression du vent sont partiellement transmises par la toiture du cadre; ce type de construction possède également un degré plus élevé de résistance à la corrosion et nécessite un entretien moindre en comparaison des ouvrages en treillis; ce type permet également un accès plus aisé à la toiture pour la surveillance et la réparation. D'autre part, l'éclairage est meilleur dans ce cas que dans celui du projet B; enfin, on a trouvé que la construction réalisée d'après le projet A se présentait sous un meilleur aspect.

Prenant tous ces points en considération, les usines se sont décidées en faveur d'une charpente à cadres rigides à deux articulations entièrement assemblées par soudure.

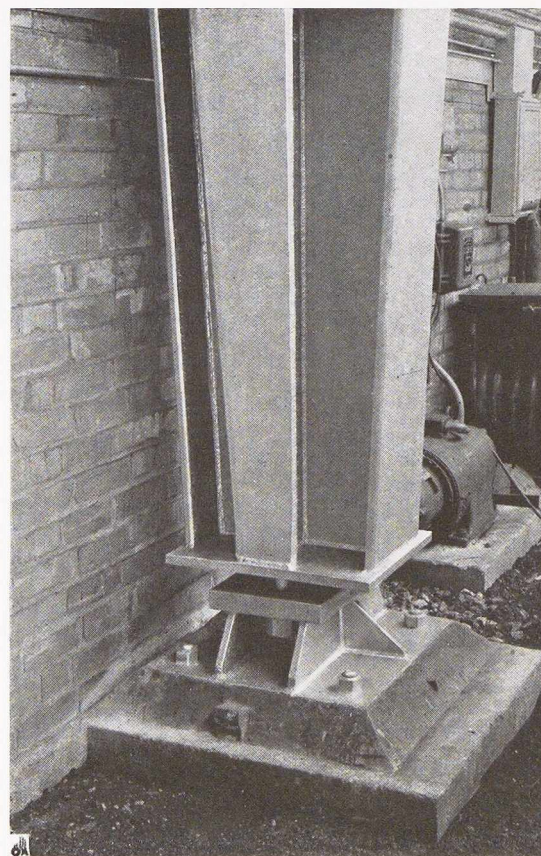


Fig. 16. Détail d'un pied de colonne.



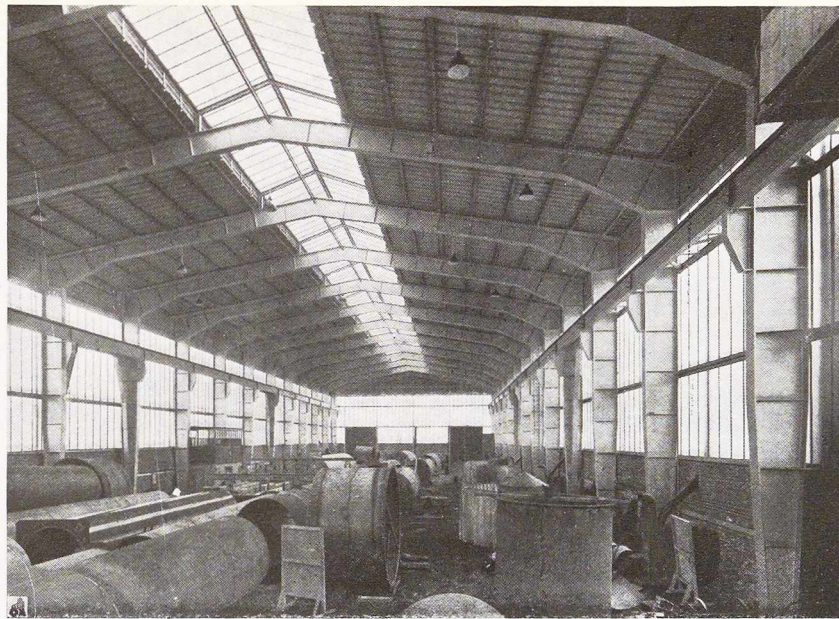


Fig. 17. Vue intérieure de nouveaux ateliers.

Généralités

Le sous-sol, à l'emplacement du nouveau bâtiment, est constitué par de la bonne argile sèche. Sa capacité portante a été déterminée par des essais pratiques et on a pris comme pression admissible $2,2 \text{ kg/cm}^2$. Des soins spéciaux ont été pris en étudiant les fondations, car les cadres à deux articulations sont très sensibles aux mouvements horizontaux des fondations. De tels mouvements conduiraient à une répartition des moments fléchissants dans tout le cadre et pourraient dépasser les taux de travail admissibles.

Pour la toiture, on a expérimenté trois matériaux différents; on a adopté les tuiles de Trafford pesant 15 kg par m^2 . Les lanterneaux de la toiture et les fenêtres situées dans les murs latéraux sont équipés de châssis en acier Critall, pesant 30 kg par m^2 .

Détails constructifs

En étudiant la construction, différents problèmes ont été examinés comprenant les calculs de résistance, le choix des matériaux, le contrôle de la main-d'œuvre, la technique de la soudure, le montage et l'aspect général. La base des calculs était la même que celle employée pour la comparaison des deux projets décrits ci-dessus.

Les tensions admissibles ont été fixées comme suit :

Charpente métallique, éléments secondaires : 14 kg/mm^2 ;

Cadres rigides, vent non compris : $12,5 \text{ kg/mm}^2$;

Cadres rigides, vent compris : $15,5 \text{ kg/mm}^2$.

Les calculs ont été généralement basés sur les spécifications relatives aux ouvrages soudés promulgués par la London County Council de 1938.

Les dispositions générales du bâtiment sont données à la figure 17. Les portiques principaux sont des cadres rigides à deux articulations de 24^m40 de portée entre axes d'articulation. Les différentes charges suivantes ont été prises en considération :

Poids mort des portiques, des pannes, de la couverture et du lanterneau;

Surcharge de 150 kg par m^2 sur la toiture;

Vent sur les murs latéraux;

Charges verticales et horizontales provenant des ponts roulants.

Dans le diagramme des moments fléchissants dus aux différentes sollicitations, le ligne des moments fléchissants admissibles a été calculée comme suit :

Taux de travail admissible à la flexion, compte tenu des efforts dus à la compression axiale : $45,5 \text{ kg/mm}^2$;

Moments fléchissants admissibles = taux de travail admissible à la flexion multiplié par le module $\frac{I}{V}$.

Calcul des soudures

Les calculs des joints soudés sont basés sur les spécifications du London County Council du 7 décembre 1937, qui sont entrées en vigueur le 1^{er} janvier 1938.

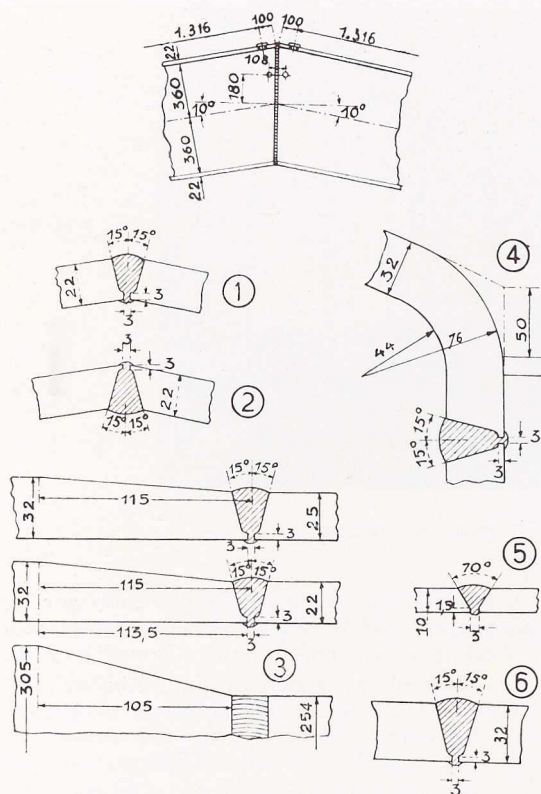


Fig. 18. Détails de soudures bout-à-bout.

Les tensions admissibles dans les soudures ont été fixés comme suit :

Tension et compression dans les soudures bout-à-bout : $12,5 \text{ kg/mm}^2$;

Effort tranchant dans les soudures bout-à-bout (âmes) : $9,4 \text{ kg/mm}^2$;

Effort tranchant dans les soudures bout-à-bout (parties autres que les âmes) : $7,8 \text{ kg/mm}^2$;

Effort dans les cordons frontaux : $9,4 \text{ kg/mm}^2$;

Effort dans les cordons latéraux : $7,8 \text{ kg/mm}^2$.

Les cordons soudés sont continus le long de tous les éléments principaux. En général ils mesurent 6 mm. Pour les raidisseurs des cordons continus de 5 mm ont été employés. Partout où cela était possible on a réalisé des soudures bout-à-bout en vue d'utiliser la résistance maximum de l'élément. Les soudures du montage ont été réduites au minimum et très peu de soudures au plafond ont été exécutées.

Fondations

Les semelles de fondation pour les portiques

principaux ont été calculées pour les charges suivantes :

Charges verticales : 90,6 tonnes;

Charges horizontales extérieures : 14,3 tonnes;

Charges horizontales intérieures : 8,8 tonnes.

La pression admissible sur le sol est de $2,2 \text{ kg/cm}^2$. La pression maximum calculée a été de $2,1 \text{ kg/cm}^2$. Des efforts de soulèvement ont été pris en considération. Ces soulèvements sont dus à la continuité des poutres des ponts roulants ainsi qu'à l'effet de freinage et à la pression du vent sur les extrémités de ces poutres.

Assemblage et soudure en atelier

Des difficultés ont été observées avec certains profils lourds, par exemple des poutrelles de $600 \times 190 \text{ mm}$ pesant 150 kg par mètre courant et destinées à la charpente des ponts roulants.

On avait l'intention de redresser les poutres venant des laminaires à leur arrivée au chantier; en fait certaines poutres étaient tordues et montraient des signes de déformation dans les âmes. En adoptant un procédé adéquat lorsqu'on soudait les plats de $300 \times 38 \text{ mm}$ et en ajustant convenablement les goussets boulonnés, les ateliers ont réussi à produire des poutres parfaitement droites. Les plats pour les ailes des portiques principaux, mesurant $250 \times 300 \text{ mm}$ étaient des plats laminés à la largeur exacte. Ces plats, dont l'épaisseur atteignait 32 mm, devaient être pliés suivant la forme exacte; aussi, un soin tout particulier a été pris en préparant, au moyen de machines modernes, leurs extrémités pour les soudures bout-à-bout, en forme de U. La figure 18 montre certaines de ces soudures bout-à-bout qui ont été employées pour l'assemblage des portiques principaux.

Essais

Devant le peu de renseignements qu'on possède sur la tenue des bâtiments similaires en Angleterre, il a été décidé de recourir à une série d'essais pratiques qui d'ailleurs se sont révélés très utiles. Une autre raison pour donner plus d'attention que d'habitude à ce problème d'essais des ouvrages, a été la documentation sur les ruptures des constructions soudées en provenance de Belgique et d'Allemagne.

Les données provenant de ces accidents ont permis d'éclairer de nombreux problèmes encore obscurs en soudure. Un programme d'essais a donc été préparé, se rapportant notamment aux différents aspects de la technique de la soudure dans les cadres rigides en construction. Ce programme comprenait notamment les essais suivants :



1. Essais de traction

Ces essais ont été effectués aussi bien sur le métal de base que sur le métal d'apport. Ils se rapportaient principalement aux plats de 32 mm d'épaisseur qui forment les ailes des portiques principaux où les soudures bout-à-bout doivent mettre en jeu toute la résistance des plats.

Les éprouvettes étaient préparées aux dimensions exactes. En les découpant dans les directions longitudinales et transversales aux soudures bout-à-bout (fig. 21). Ces essais ont été conduits conformément aux prescriptions des Standards britanniques.

2. Essais de résilience Izod

Ces essais ont été entrepris en vue de connaître la résistance au choc du métal de base et du métal d'apport (effet d'entaille). On a utilisé à cet effet des barreaux de 10×10 mm, avec une entaille triangulaire sur une face (fig. 21). La résilience a été déterminée en mesurant l'énergie nécessaire pour la rupture du barreau par des coups donnés à son extrémité libre. Les chiffres moyens pour le métal de base ont été de 7 kgm/cm^2 tandis que le métal d'apport a absorbé, pour se rompre, une énergie de 9 kgm/cm^2 , ce qui est de loin supérieur au chiffre de $5,2 \text{ kgm/cm}^2$, exigé par le Standard britannique n° 538 ⁽¹⁾.

3. Essais de flexion sur les soudures longitudinales

En plus des essais standards pour la flexion des éprouvettes soudées bout-à-bout, deux séries d'essais ont été effectués avec des éprouvettes indiquées sur la figure 21. On sait que la soudure des cordons légers sur un plat d'une capacité thermique relativement élevée peut conduire au durcissement et même à la fragilité dues au refroidissement soudain du métal fondu. Ces essais avaient donc l'importance pour les cordons soudés réunissant les âmes de 10 mm aux ailes de 32 mm d'épaisseur des portiques principaux. Les plats d'essai étaient pourvus d'une entaille longitudinale de section triangulaire. Cette entaille était remplie par du métal d'apport et usinée ensuite à la machine. Il a été trouvé que la

(1) Une correspondance, à titre indicatif, entre les valeurs des résiliences Charpy (entaille de 5 mm) et Izod (entaille de 2 mm) est donnée par les quelques valeurs suivantes (en kgm/cm^2):

Charpy	2	4	6	8	10
Izod	1,7	3,6	5,6	8,5	11,8

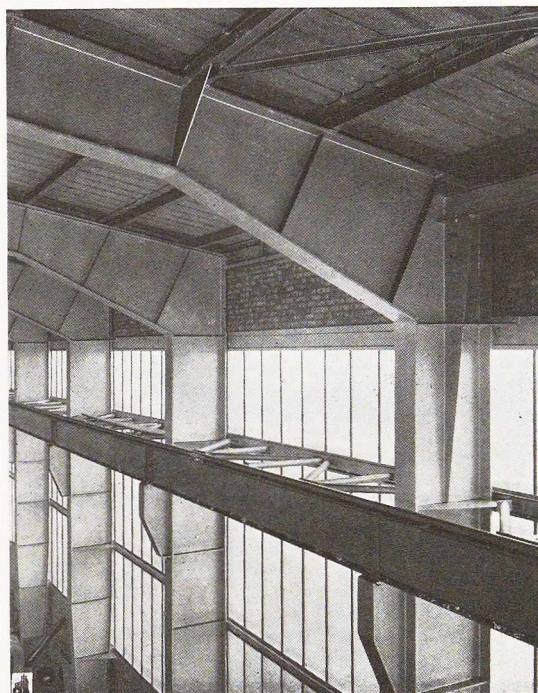


Fig. 19. Détail du contreventement.

capacité de flexion en était considérablement réduite; au cas des soudures épaisses sur des plats épais, des précautions sont donc nécessaires.

4. Essais à l'extensomètre pendant les soudures

On n'a pas eu l'intention, par la mesure des déformations pendant la soudure, d'étudier la répartition des efforts dans les nœuds des portiques rigides ni de contrôler les efforts calculés par la mesure des déformations sous la charge; le but de ces essais était d'avoir des renseignements sur l'amplitude des tensions introduites dans les cadres rigides par la soudure. Des publications de différentes sources faisaient croire que des efforts considérables dus à la soudure se produisaient et que ces efforts pouvaient atteindre jusqu'à 20 kg/mm^2 . 12 extensomètres Huggenberger, type B, ont été employés pour les mesures des déformations pendant la soudure. Différents arrangements de ces instruments furent essayés aussi bien à l'atelier que sur le chantier. La figure 20 montre la position des extensomètres fixés à l'une des ailes du portique principal à 15 cm de l'axe central des soudures bout-à-bout. Les

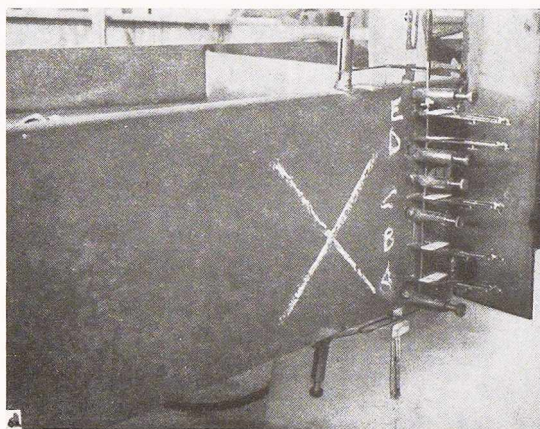


Fig. 20. Extensomètres Huggenberger montés sur la poutre d'essai.

extensomètres sont désignés par les lettres *a* à *l*. La figure, prise pendant les essais, montre les 12 appareils fixés au voisinage d'une des sections critiques du portique principal pendant les soudures du joint W. Les travaux de soudure ont pris 3 1/4 heures. Le temps de refroidissement a été de 2 1/4 heures et des lectures ont été faites à des intervalles réguliers. Il a été possible de protéger les instruments contre les radiations directes de la soudure mais les plats des ailes situés à proximité immédiate des soudures bout-à-bout ont montré des chargements considérables de température pendant la soudure et le refroidissement. Les lectures faites sur les extensomètres pendant cette période n'étaient pas interprétées comme une indication des tensions de soudure. Les lectures finales, après le retour à la température nouvelle, étaient d'une grande valeur pour la détermination des proportions des tensions

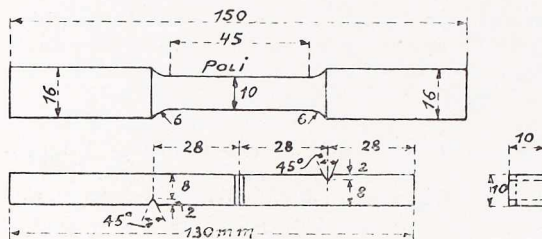


Fig. 21. Eprouvette de traction et de résilience.

additionnelles dues à la soudure montrant également la voie à suivre pour d'autres essais relatifs aux cadres rigides soudés.

Montage

Les portiques principaux ont été montés en trois parties chacun. Les plats de base des béquilles étaient boulonnés par un arrangement spécial en vue de fournir un encastrement durant le montage. Une fois achevés, ils étaient munis d'articulations. Le poids calculé de l'acier a été de 283 tonnes. En pratique toutefois ce tonnage a atteint 341 tonnes. On a employé 5.500 mètres courants de soudures. Le poids total des soudures a dépassé 2 tonnes. En ce qui concerne l'économie du nouveau bâtiment, il n'est pas facile de rassembler les données de comparaison des constructions soudées des types similaires. Il a été possible, toutefois, de trouver des chiffres relatifs à deux constructions industrielles soudées, réalisées il y a quelques années en Allemagne. Ces constructions sont considérées comme des exemples d'économie d'acier; bien qu'elles ne possèdent qu'un pont roulant de 15 tonnes contre deux ponts de 20 tonnes dans le bâtiment anglais décrit ci-dessus, les chiffres du tonnage d'acier pour la nouvelle construction peuvent se comparer favorablement avec ces réalisations. Cette comparaison est donnée au tableau ci-après :

Bâtiment	Acier t.	Volume du bâtiment m ³	Acier par unité de volume		Remarques
			Kg/m ³	%	
Allemand	430	30.000	14,3	100	Un pont roulant de 15 tonnes
»	364	30.000	12,1	85	
Nouveau bâtiment (calculé)	283	31.500	9,0	62	Deux ponts roulants de 20 tonnes
Nouveau bâtiment (réalisé)	341	31.500	10,8	75	

Tous les calculs relatifs au bâtiment décrit dans le présent article ont été faits par l'auteur en collaboration avec la Whessoe Foundry & Engineering Co Ltd. de Darlington. Les travaux de soudure ont été confiés à la firme Quasi Arc Co Ltd. de Bilston.

O. B.



Exposition internationale de logements à Bruxelles

A l'initiative de l'Institut National du Logement et de l'Habitation (I. N. A. L. A.), centre d'études, de documentation et de recherches de nos grandes institutions du logement, une Exposition Internationale du Logement est en cours de développement à Bruxelles; installée dans les jardins du Parc du Cinquantenaire, elle se prolongera jusque dans le courant de l'été: elle voit son intérêt augmenter chaque jour grâce à l'édification de nouvelles constructions provenant aussi bien de firmes nationales qu'étrangères. Disons d'abord que bien qu'il s'agisse d'une exposition du logement, beaucoup d'exposants ont débordé du cadre qui leur avait été donné, car ils se rendent compte que le logement d'attente n'aura qu'une faveur limitée auprès du public; son prix étant relativement élevé, le propriétaire s'efforcera d'acheter une maison absolument définitive. Aussi la plupart des maisons sont-elles construites en matériaux définitifs, pouvant braver les épreuves des intempéries et du temps.

L'intérêt que présente cette exposition est multiple. Pour les spécialistes du bâtiment, suivre l'érection dans des temps records des maisons d'habitation qui peu à peu couvrent la plaine de l'exposition est extrêmement instructif. Si en effet dans la plupart des cas les constructeurs ont bien étudié leurs dispositions constructives et arrivent à réduire dans une proportion impressionnante la main-d'œuvre de chantier — source de difficultés pour toute l'Europe à l'heure actuelle — il n'est pas moins vrai que ce montage présente parfois certaines difficultés pour la mise au point de certains détails et présente pour les spectateurs et pour les constructeurs eux-mêmes, une leçon du plus haut intérêt.

Mais le développement considérable des systèmes préfabriqués est ce qui frappe le plus le visiteur. La plupart des maisons exposées sont des maisons préfabriquées et les éléments qui interviennent dans ces maisons sont des plus variables. Dans certains cas ils sont de dimensions réduites: 60 cm de largeur sur la hauteur d'étage; dans

d'autres cas ils sont de dimensions imposantes allant jusqu'à 4 et 5 mètres de largeur. Ce qui est particulièrement intéressant, c'est de noter qu'aucune des maisons préfabriquées présentées au Cinquantenaire n'a une forme, une silhouette des dimensions et un plan imposés. La préfabrication, telle qu'elle est conçue par les constructeurs du Cinquantenaire, permet des formes variables dans la maison et toutes les solutions architecturales. Cet aspect du problème nous paraît fondamental et on n'en soulignera jamais assez la portée.

Parmi les maisons présentées, un grand nombre d'entre elles sont de construction métallique. Ici aussi, les solutions varient. Depuis la maison avec une charpente en profilés classiques recevant des revêtements posés sur place extérieurement et intérieurement jusqu'aux maisons où la charpente portante est associée directement aux matières isolantes en usine et amenée sur place sous forme de cadres autoportants.

Les constructions métalliques présentées montrent également une grande souplesse dans le choix des revêtements. Ceux-ci varient depuis la tôle d'acier jusqu'à la pierre de taille en couche relativement mince.

Quant à l'esthétique des maisons présentées, elle correspond au problème que les architectes ont voulu résoudre, depuis la baraque temporaire dont la franche laideur fera, nous l'espérons, une construction réellement provisoire, destinée à des bureaux de chantier ou à des logements strictement temporaires, jusqu'aux maisons coquettes où l'architecte a tenu compte loyalement des soucis de l'esthétique et qui peuvent s'harmoniser en toute franchise avec le site environnant par une modification des conditions d'habillage.

L'exposition du Cinquantenaire n'en est qu'à ses débuts, mais nous avons estimé devoir en souligner les tendances qui constituent en Belgique une réelle innovation. Soulignons que ces tendances confirment très nettement l'orientation

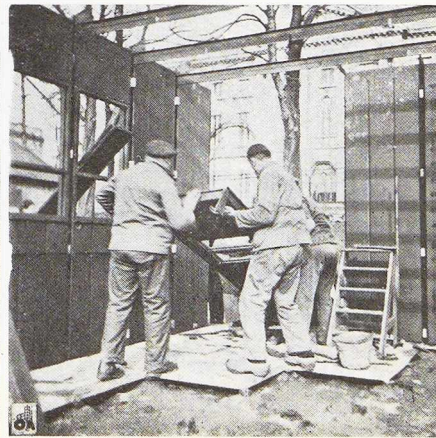
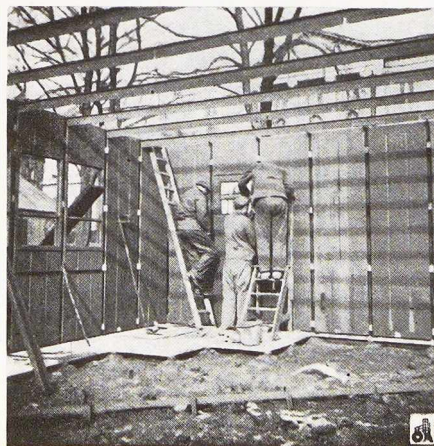


Fig. 22 à 24. Maison Acia.



Fig. 25. Maison Arcon. (Photos R. Kaiser.)

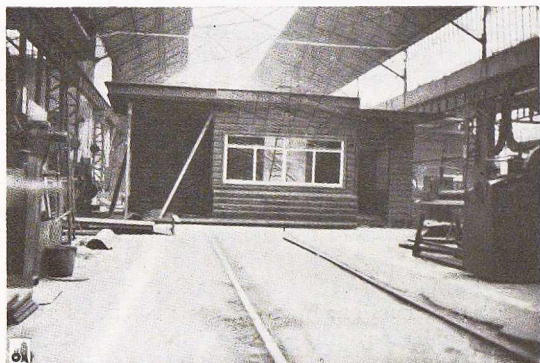


Fig. 26. Maison Idéalogi (à l'usine).



Fig. 27. Maison Phenix (en montage).

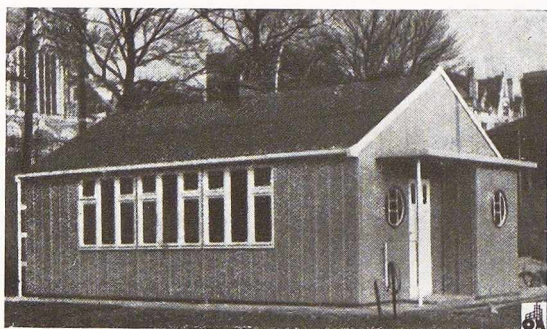


Fig. 28. Maison Phenix.

constatée à l'étranger : qu'il s'agisse des maisons provisoires de la Tate Gallery à Londres, de la cité des prototypes de Northolt près de Londres, de l'exposition de la Gare des Invalides à Paris et du chantier d'expériences de Noisy-le-Sec, ou des réalisations de guerre de l'industrie américaine du bâtiment, on voit partout les architectes s'efforcer d'utiliser dans le bâtiment des procédés techniques modernes. Cette adaptation présente encore de réelles difficultés dues d'une part au souci légitime et indispensable de l'architecte de concevoir une œuvre sans être trop lié à des règles industrielles ou techniques, d'autre part au fait que l'industrie du bâtiment traditionnel et artisanal ne peut s'adapter du jour au lendemain à des techniques trop différentes. Le jour où l'industrie aura créé des matériaux permettant une grande souplesse d'application, le jour où l'architecte aura accepté de mettre en œuvre ces nouveaux matériaux économiques mais néanmoins de qualité, le jour enfin où l'entrepreneur aura constaté que son métier n'était pas lié au gâchage du mortier et qu'il est aussi bien entrepreneur en ayant sous ses ordres des hommes qui manient la truelle, ce jour-là la préfabrication aura définitivement pris pied dans le bâtiment. Nous sommes convaincus qu'elle permettra de construire avec autant de beauté et autant de qualité qu'avant, mais meilleur marché.

Sans vouloir tout admirer dans l'exposition du Cinquantenaire, on peut y voir un signe que cette évolution est près d'aboutir.

Nous reviendrons ultérieurement, fort en détails, sur l'Exposition du Cinquantenaire, à laquelle nous comptons consacrer de nombreuses pages, mais il nous a paru nécessaire de souligner dès maintenant cette heureuse initiative et d'attirer l'attention des milieux compétents sur ses aspects techniques.

Parmi les constructions qui méritent d'être soulignées pour des raisons diverses, on peut citer les suivantes :

Maison « Arcon » (fig. 25). Cette maison métallique semi-permanente est d'origine anglaise. Elle possède une ossature en acier formée de 10 cadres légers de dimensions standardisées, elle a été décrite dans le n° 3/4-1945 de *L'Ossature Métallique*. Le plan, de forme rectangulaire, mesure $10^m00 \times 6^m60$. Constructeur de l'ossature : S. A. Chamebel. Entrepreneur : S. A. Ed. François & Fils.

Maison « Acia » (fig. 23). Cette maison est entièrement métallique et préfabriquée en usine.

Elle est démontable et extensible. Les parois extérieures et intérieures sont composées de deux tôles d'acier embouties et soudées formant caisson.

L'isolation est obtenue au moyen de la laine de verre. Architecte : L.-H. De Koninck. Constructeur : Ateliers de Bouchout et Thirion Réunis, S. A.

Maison Idéologi (fig. 26). Ce pavillon, d'une surface utile de 50 m² environ est présenté par la Société Dinobel. Sa fabrication se fait en usine, par cellules, complètement parachevées et équipées. Le bungalow est muni d'une installation de conditionnement d'air Abair.

Architecte : Bureau « Plan ». Constructeur : Ateliers de Bouchout et Thirion Réunis, S. A.

Maison Phenix (fig. 28). Ce pavillon est conçu pour une famille de 4 personnes. L'ensemble des pièces prend une surface rectangulaire de 8^m00 × 5^m00. L'ossature est en profilés métalliques ordinaires, assemblés par boulons. Les murs sont en tôles mi-ondulées galvanisées et isolées au moyen de la laine de verre. Constructeur : S. A. Phenix Works.

Maison Copreco (fig. 31). Cette maison a une ossature métallique composée de portiques soudés en poutrelles et fer U. Le revêtement extérieur est en plaques de béton de 5 cm d'épaisseur. Le revêtement intérieur est en béton cellulaire. Les deux revêtements sont séparés par un matelas d'air de 5 cm, dont l'action isolante est renforcée par de la laine de verre. Le montage est très rapide et n'exige qu'une équipe de 6 hommes. Constructeur : S. A. Copreco. L'ossature a été réalisée par les Ateliers A. Beckers.

Constructions Mullifer Grisard (fig. 30). La Société Multifer Grisard présente à l'Exposition une ossature pour habitation avec étage et une ossature pour maison sans étage. La fabrication des éléments Multifer part de bandes plates produites au laminoir continu. La standardisation des profils est complète et leur production est très simple. L'assemblage des éléments se fait par soudure au point ou par boulonnage. Constructeurs : S. A. John Cockerill (maison avec étage) et S. A. Tocanal (maison sans étage, fig. 29).

Le système Multifer Grisard est également utilisé dans le hall industriel monté par la S. A. John Cockerill. La charpente de ce hall est en tôle pliée; ce type de charpente peut être employé jusqu'à des portées de 32 mètres.

Enfin on trouve une application du système Multifer Grisard dans une petite maison construite par l'entrepreneur Désamory et S. A. Tocanal.

Maison De Vestel (fig. 32). Cette maison possède des cadres en tôle mince avec remplissage en panneaux de béton isolant, moulés d'avance. Les châssis métalliques sont fournis par la S. A. Chamebel. Architecte : L. De Vestel. Constructeurs : Dherte et Glorian.

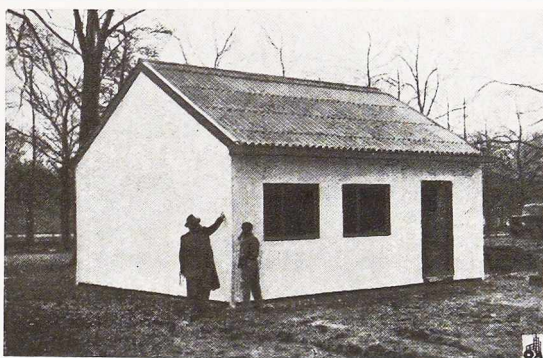


Fig. 29. Maison type Multifer Grisard.

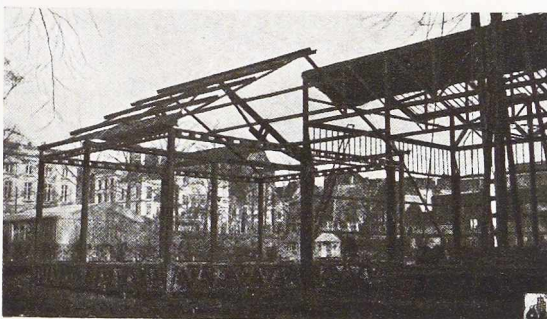


Fig. 30. Constructions Multifer Grisard.



Fig. 31. Maison Copreco (en montage).

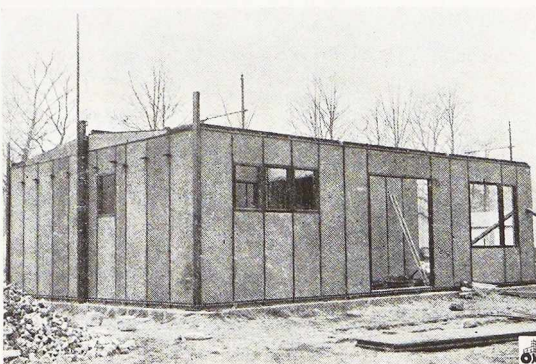


Fig. 32. Maison De Vestel.



Fig. 33. Pont mobile franchissant le St. John's River à Jacksonville (Floride) : La travée mobile a une portée de 117^m75, les deux travées fixes une portée de 259^m50. Mention honorable, classe des ponts mobiles.

Les plus beaux ponts métalliques construits aux États-Unis en 1941

Tous les ans, l'American Institute of Steel Construction (A.I.S.C.) décerne des prix et des mentions aux plus beaux ponts en acier construits pendant l'année écoulée (1). Le jury chargé d'attribuer les prix comprend deux ingénieurs mandatés par l'American Society of Civil Engineers, deux architectes désignés par l'American Society of Architecture et une cinquième personnalité choisie par l'A.I.S.C. en dehors des milieux d'ingénieurs et d'architectes.

Ce jury est chargé de choisir, parmi les ponts en acier construits dans le courant de l'année, la réalisation la plus parfaite au point de vue esthétique dans chacune des catégories suivantes :

Classe A : grands ponts (dont le coût dépasse un million de dollars) ;

Classe B : ponts moyens (dont le coût est compris entre 250.000 et un million de dollars) ;

Classe C : ponts de moindre importance (ayant coûté moins de 250.000 dollars) et une catégorie spéciale pour ponts mobiles.

Des plaques en acier inoxydable, portant le sceau de l'American Institute of Steel Construction, sont apposées sur les ponts primés et des plaquettes sont remises aux fonctionnaires des départements, aux ingénieurs conseils, aux architectes et aux constructeurs qui ont contribué à l'étude et à l'exécution du pont primé.

Grâce aux concours de ponts de l'A.I.S.C., l'attention des administrations de Travaux publics, des ingénieurs, des architectes et du public en général a été attirée sur la vraie beauté que peu-

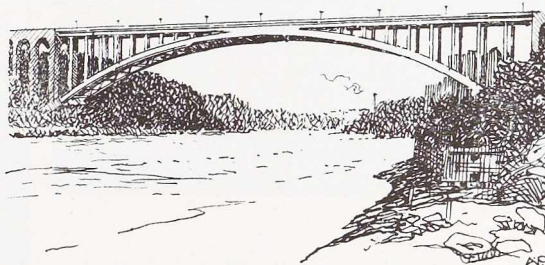


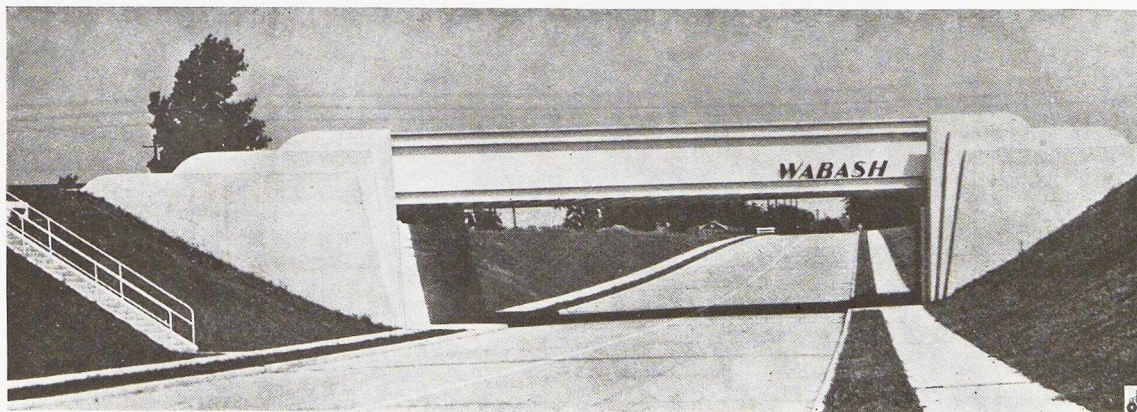
Fig. 34. Rainbow Bridge sur le Niagara River de 292^m80 de portée. Premier prix, classe A.

vent et doivent réaliser les ouvrages des ingénieurs. Les buts atteints par ce louable effort vont plus loin que le simple souci de mettre en valeur les possibilités architecturales quasi-illimitées auxquelles se prête l'acier. Il tend à fixer des exemples et des types caractéristiques de la vraie beauté constructive, il crée une émulation parmi les constructeurs pour apporter au côté esthétique des ponts un souci toujours plus poussé, il conduit enfin à doter le pays de ponts constituant de véritables œuvres d'art.

Ci-après, nous donnons les photographies des ponts métalliques primés en 1941, que nous devons à l'obligeance de l'American Institute of Steel Construction.

(1) Voir *L'Ossature Métallique* : n° 6-1933, p. 262; n° 9-1934, p. 420; n° 9-1935, p. 461; n° 9-1936, p. 394; n° 9-1938, p. 366; n° 9-1939, p. 391.

Fig. 35. Pont de Wabash (Michigan) : Portée 21^m30. Mention honorable, classe C.



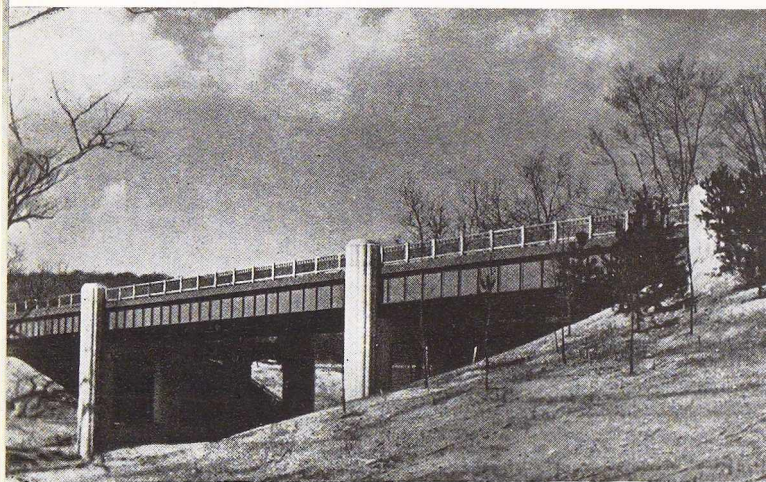


Fig. 36. Pont du Fairmount Boulevard à Hunting Valley Village (Ohio) : Poutres continues à âme pleine de 72 mètres de portée. Premier prix, classe C.

Fig. 37. Pont mobile sur le Passaic River entre Newark et Kearny (New-Jersey) : La travée mobile a une portée de 101^m25; la longueur totale du pont est de 641^m70. Premier prix, classe des ponts mobiles.

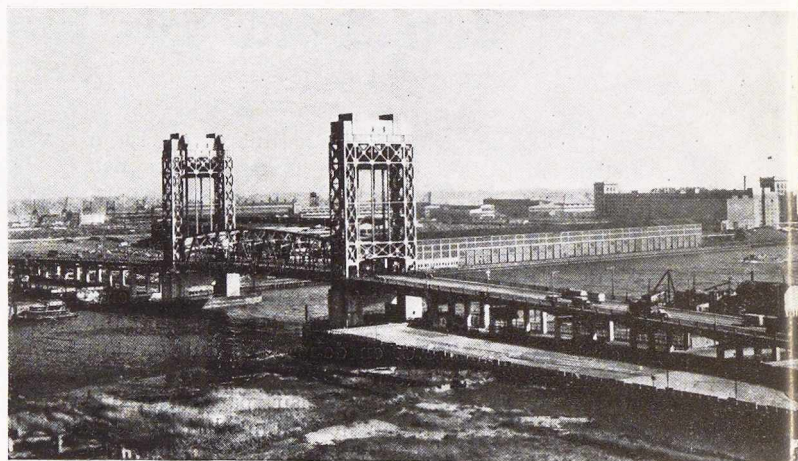
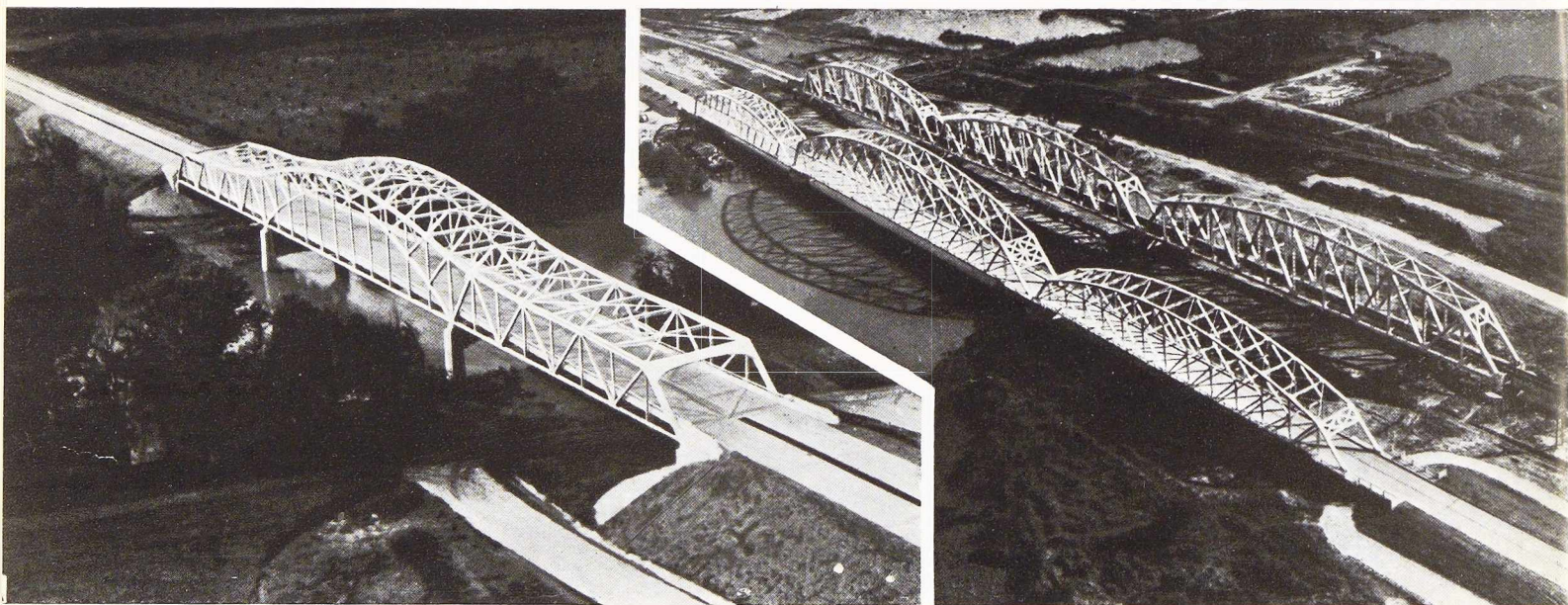


Fig. 38 et 39. A gauche : Pont sur le Meramec River (Missouri) : Trois travées en treillis de 58^m55, 80^m50, 58^m55. Mention honorable, classe B. A droite : Ponts de Wax Lake (Louisiane) : le pont route à 3 travées de 106^m75, 155^m55, 106^m75 et le pont-rails 3 travées de 122^m00. Mention honorable, classe B.



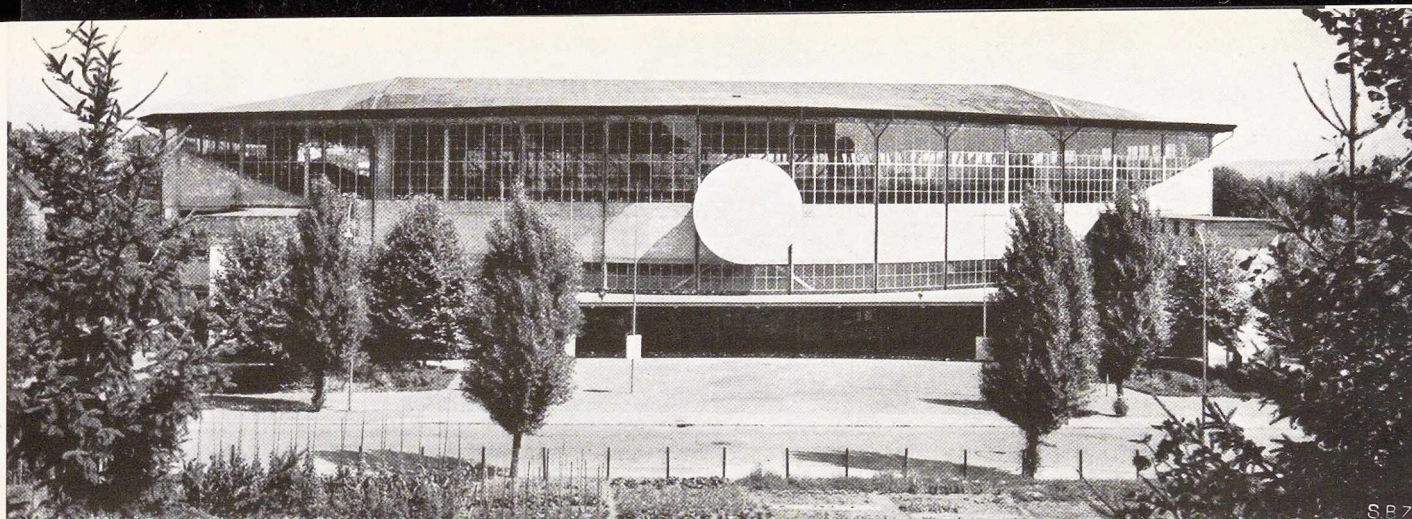


Fig. 40. Vue extérieure du nouveau stade de la ville de Zurich.

Le nouveau stade couvert de Zurich

Architecte K. Egender

Généralités

C'est en 1937 que la ville de Zurich décida de créer un stade sportif en rapport avec la population de cette ville qui compte 700.000 habitants; certes, à cette époque, aucun des animateurs de ce projet ne se doutait du nombre de difficultés qu'ils auraient à vaincre avant sa réalisation.

Ce stade devait servir en premier lieu de vélodrome avec une piste elliptique de 250 mètres de longueur et des gradins pouvant recevoir 12.000 spectateurs (ce nombre a été réduit ultérieurement à 11.000 dans le projet définitif); la forme de cette piste est plus allongée que la forme classique, ceci afin de permettre un plus grand nombre de places assises dans les deux lignes droites; de cette manière chaque place, sans aucune exception, jouit d'une visibilité complète.

Compte tenu des conditions climatologiques existant à Zurich où il pleut 157 jours par an, on décida de construire un stade couvert, afin de rendre les manifestations sportives possibles par tous les temps; la condition « visibilité entière » devait pourtant subsister; ce qui interdisait tout appui intermédiaire.

Pour faciliter les problèmes de chauffage il fut décidé de diminuer la hauteur sous toiture au strict minimum; ceci ne fut possible que grâce à une disposition originale de la charpente métallique supportant cette toiture. Cette toiture étant opaque, l'éclairage naturel devait être réalisé par

de très larges baies, ce genre d'éclairage s'étant d'ailleurs révélé le meilleur.

Tous les détails techniques ont contribué à faire de ce stade, le plus grand du genre en Europe, une construction originale et moderne. Tous les détails contribuent à cette œuvre magistrale qui fait, à juste titre, la fierté de la ville de Zurich. Le contraste entre l'aspect extérieur, sobre et presque industriel et l'impression grandiose de l'intérieur, sans piliers ni appuis intermédiaires, frappe les visiteurs.

L'accès des spectateurs vers les différents rangs se fait aisément par les deux escaliers d'honneur, en bas desquels se trouvent les guichets de contrôle; les quatre escaliers de secours ne sont utilisés qu'en cas de nécessité. Les spectateurs arrivent à la pelouse par un passage souterrain; les cabines, réservées aux sportifs, situées du côté Ouest, sont en communication avec la piste par un autre passage souterrain. Le rez-de-chaussée du côté Est est actuellement inutilisé et ces locaux constituent une réserve pour des usages futurs.

Le volume bâti est de 145.000 m³ pour une surface de 10.000 m², le nombre de places, d'un total de 11.000 se répartit de la manière suivante :

Tribunes :	
Places assises	7.200
Places debout	1.000
Pelouse :	
Places assises (loges)	800
Places debout	2.000



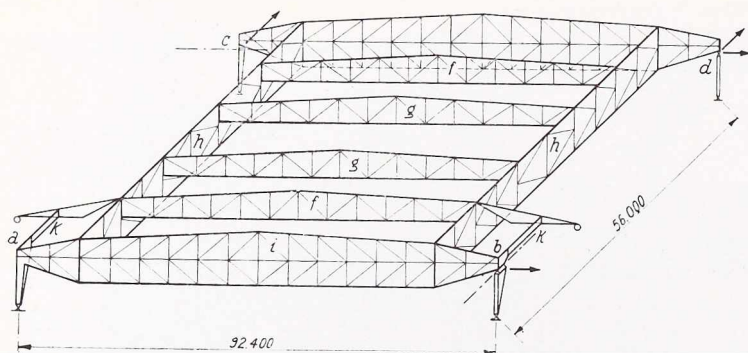


Fig. 41. Schéma du système statique employé : a, b, c, d - piliers; f, g - longerons; h - entretoises; i - maîtresses-poutres; k - poutres de compensation.

Fig. 42. Élévation et plan du système portant en acier du stade de la ville de Zurich.

Le dégagement est prévu d'une manière telle que le stade peut être évacué 5 minutes après la fin d'une réunion.

En plus de vélodrome le stade peut servir également de réunions populaires, fêtes diverses, salle de gymnastique, athlétisme, boxe et toutes autres manifestations sportives.

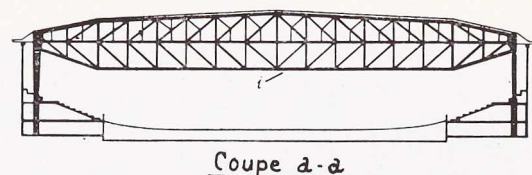
Détails constructifs

Les gradins des tribunes, ainsi que les divers planchers sont en béton armé, à l'exception de la pelouse en terre battue et pouvant être recouverte selon le besoin. La piste est en bois, sa largeur est de 8 mètres; le bois a été choisi en vue d'éviter des changements brusques dans les courbes par des raccordements paraboliques, la pente variant entre 24 et 95 %. Les loges, placées sur la pelouse, sont amovibles et peuvent être enlevées selon le besoin.

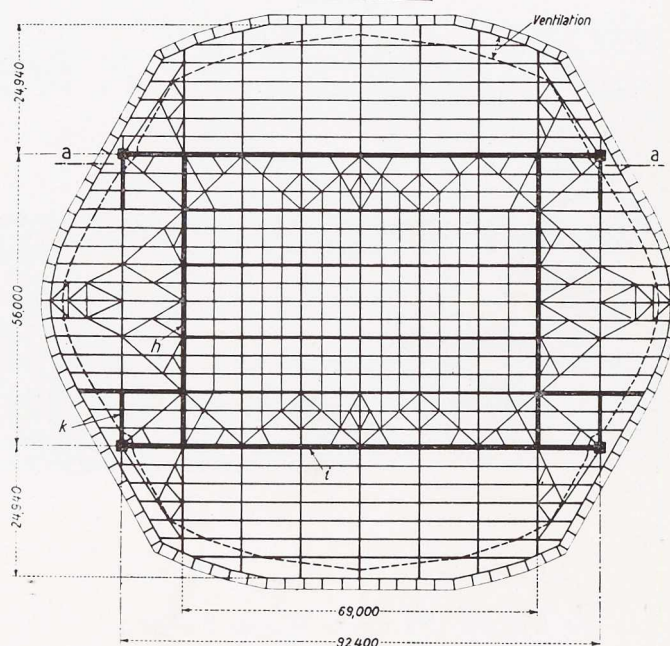
Les travaux ont débuté en mai 1938; les quantités de matériaux mis en œuvre étant les suivantes : béton armé 7.000 m³; ronds à béton 505 tonnes; maçonnerie 1.000 m³; charpente métallique 670 tonnes.

Les travaux ont été achevés en septembre 1939, l'inauguration officielle ayant eu lieu le 4 novembre 1939. Cette réalisation, en dépit d'un délai extrêmement court, ne fut possible que grâce à un programme établi minutieusement et qui tenait compte, dès le début, du montage des différents éléments. Des plaques en Eternit, d'une superficie de 10.000 m², formant toiture intérieure, ont été clouées à la charpente en bois au moyen d'un échafaudage roulant. Toutes les parties visibles de la charpente furent recouvertes d'un revêtement d'asbeste, ceci pour réduire les risques d'incendie.

Le prix de revient de cet ouvrage a atteint



Coupe a-a



2.652.000 francs suisses (environ 27 millions de francs belges).

Charpente métallique de la toiture

Le stade a la forme d'une ellipse, dont les deux axes mesurent respectivement 120^m50 et 105^m90 (fig. 42). Remarquons que cette surface de 10.000 m² est couverte par une toiture sans appuis intermédiaires; en effet les quatre seuls supports intérieurs sont placés tout près du mur de la façade, de manière à les rendre peu visibles. Le hall est couvert par une toiture et une sous-toiture; la toiture, d'une pente très faible, est constituée par du ciment volcanique, reposant sur des voliges et des chevrons en bois. La sous-toiture est constituée par des plaques en Eternit fixées sur une charpente en bois. L'espace compris entre toiture et sous-toiture enferme la plus grande partie de la charpente métallique, qui est ainsi masquée à la vue des spectateurs. Cet espace est d'ailleurs réduit au strict minimum, sa hauteur étant de 5^m88 au faite; du hall n'est visible, en plus des quatre supports, que la partie inférieure des quatre maîtresses-poutres. Ces supports sont placés aux angles d'un rectangle de 56^m00 x 92^m40 à l'intérieur duquel se trouvent les constructions métalliques suivantes :

2 maîtresses-poutres (i) de 92^m40 de portée et de 10^m00 de hauteur (fig. 43), prenant appui



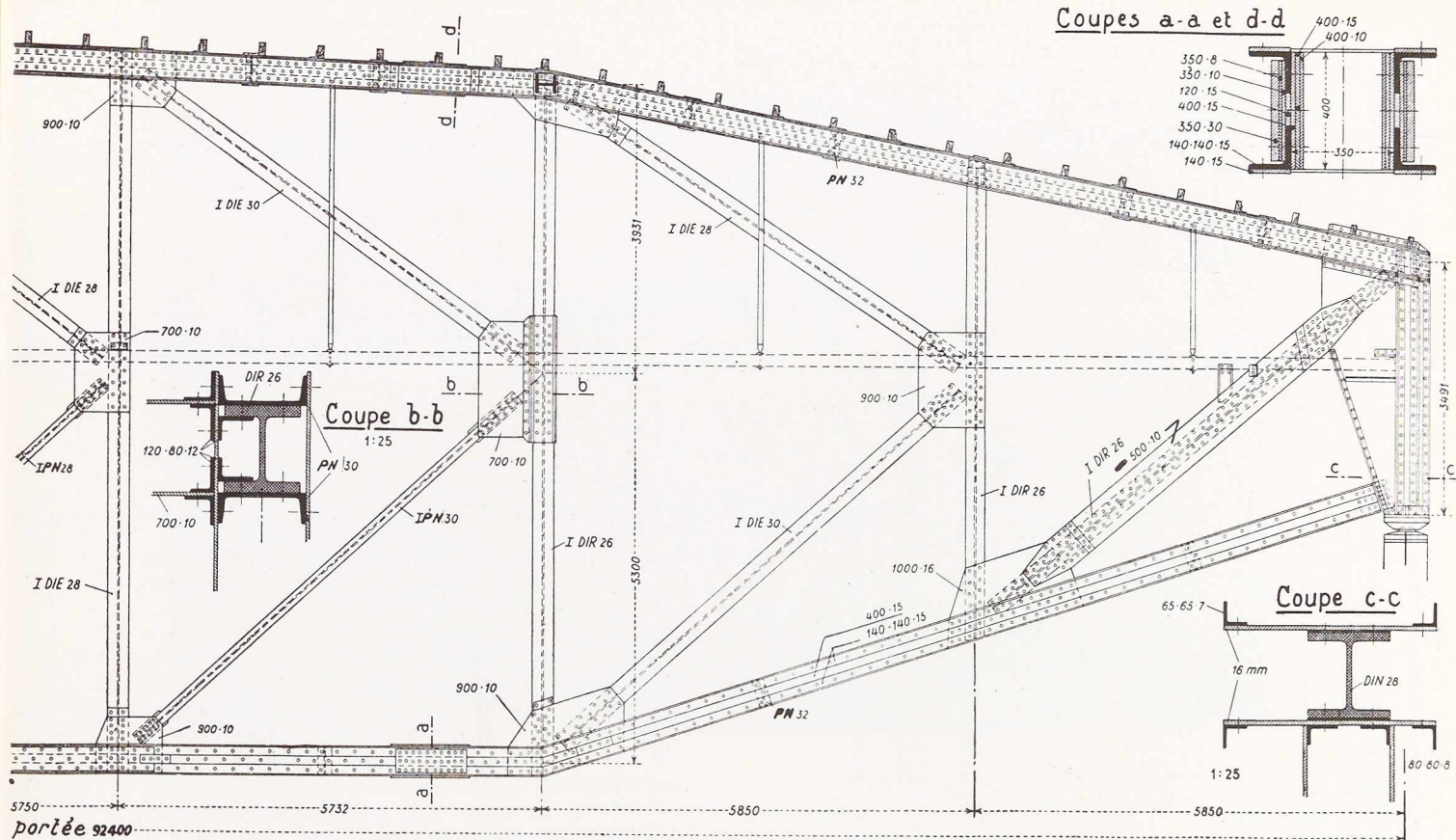


Fig. 43. Détails de la maîtresse-poutre i (voir fig. 41).

chacune, sur 2 piliers; 2 entretoises (*h*) de 56^m00 de portée et de 10^m00 de hauteur, prenant appui sur les maîtresses-poutres à 11^m70 des piliers; ces entretoises ne pouvaient être placées dans le plan des supports parce que dans ce plan la hauteur disponible au-dessus des gradins des tribunes était insuffisante; 4 longerons (*f* et *g*) de 69 mètres de portée et d'environ 5 mètres de hauteur; 25 poutres secondaires de 11 à 14 mètres de portée; des poutres de contreventement; des pannes supportant la construction en bois de la toiture.

L'espace compris entre le rectangle de 56 × 92 mètres et les parois extérieures est recouvert par un système en treillis *e* avec des portées inférieures à 25 mètres. Ces treillis reposent, d'une part, sur les poutres principales du rectangle intérieur, et, d'autre part, sur les murs de façade par l'intermédiaire d'un appui mobile dans les deux sens; de cette manière ces treillis n'introduisent aucune tension supplémentaire lors d'une déformation de la charpente principale, qui est constituée, au point de vue déformations élastiques, comme suit: les quatre piliers reposent sur des rotules en acier coulé fixées par l'intermédiaire de plaques d'assise d'environ 1 mètre

de diamètre (fig. 45) sur des poteaux en béton armé. Chacun des portiques, constitué par une maîtresse-poutre *i* et ses deux supports, forme un système isostatique pour lequel le degré de liberté supplémentaire est obtenu par une articulation au joint du pilier et de la maîtresse-poutre *i*, les deux autres degrés de liberté étant obtenus, comme vu ci-dessus, par les rotules au pied de chaque colonne (fig. 41). Ainsi sont constitués deux cadres isostatiques dans lesquels les charges verticales (poids propre et neige) ne produisent pas des poussées horizontales. Ceci est très important du fait que les colonnes reposent sur des poteaux en béton armé de 10 mètres de hauteur et que la transmission d'efforts horizontaux aurait nécessité des constructions supplémentaires très coûteuses, d'autant plus que toute la construction repose sur un très mauvais terrain.

Pour rendre le système entièrement isostatique dans l'espace, il fallait lui accorder en plus un degré de liberté dans le sens perpendiculaire aux maîtresses-poutres; ceci se compliquait par la circonstance que les deux entretoises de 56 mètres ne se trouvaient pas dans le plan des piliers. En conséquence il a fallu placer 2 poutres spéciales *k*,

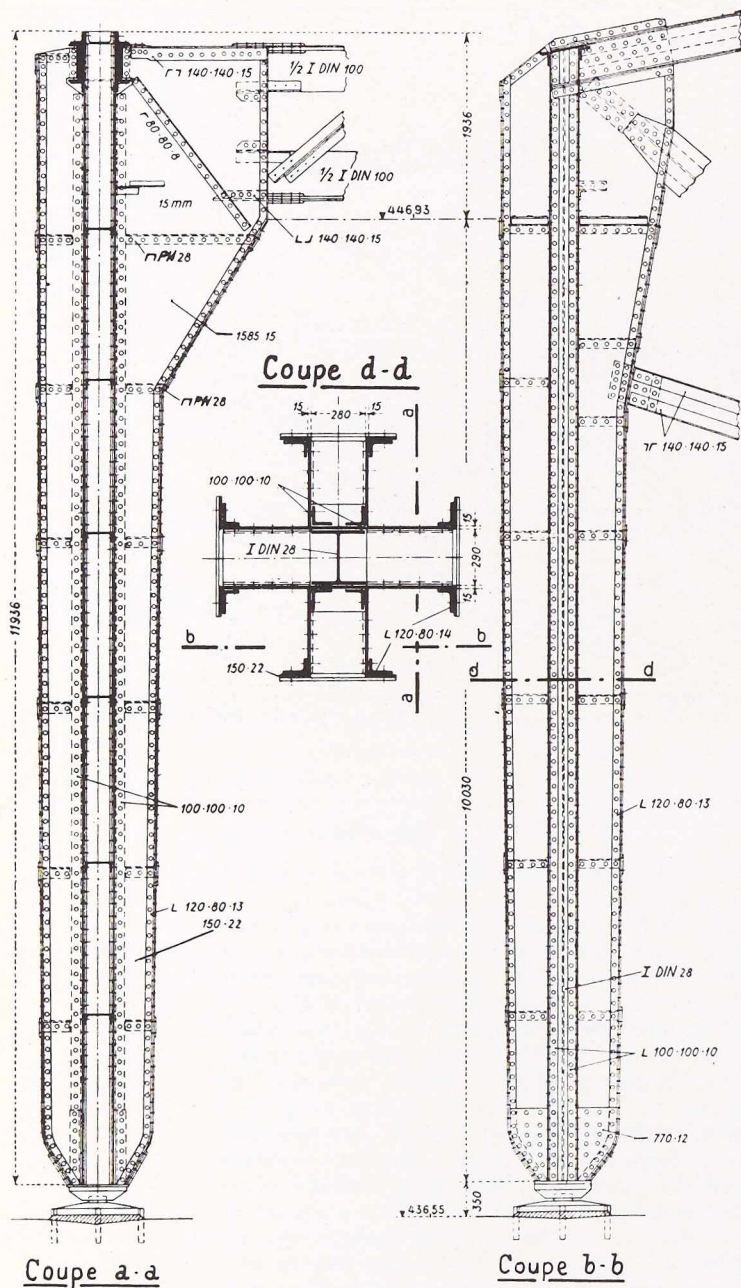


Fig. 44. Détails des piliers a assemblés par rivure.

C'est ainsi qu'a été constitué un système rigide supportant la toiture et capable de supporter des charges verticales sans transmettre des efforts horizontaux. Toutefois, ce type de portique isostatique, présentant un nœud rigide pour un des piliers et une rotule pour le second, a la propriété que les têtes des piliers se déplacent horizontalement, lors d'un changement de la charge verticale. De ce fait l'ensemble de la toiture, qui suit le déplacement des piliers, doit pouvoir se déplacer par rapport à la paroi extérieure sans entraîner des tensions supplémentaires et des fissures.

Ce déplacement des têtes des piliers entraîne une certaine inclinaison de l'axe des piliers, inclinaison dont il fallait tenir compte dans leur calcul.

Les maîtresses-poutres ont été réalisées en acier à haute résistance St. 44 cet acier admettant un taux de travail 20 % plus élevé que celui de l'acier de construction normal; ceci est d'autant plus intéressant que, par suite de sa grande portée, le poids propre de la charpente métallique n'était pas à négliger, par rapport aux charges supplémentaires. Pour les autres poutres l'acier de construction ordinaire St. 37 fut jugé suffisant.

Tous les assemblages furent réalisés par rivure. La forme des maîtresses-poutres fut influencée par la circonstance que seule la partie inférieure reste apparente une fois la construction achevée. On a adopté en conséquence des poutres en K.

Le poids de la charpente métallique d'un total de 670 tonnes se répartit comme suit :

Toiture	632 tonnes
Piliers	38 tonnes

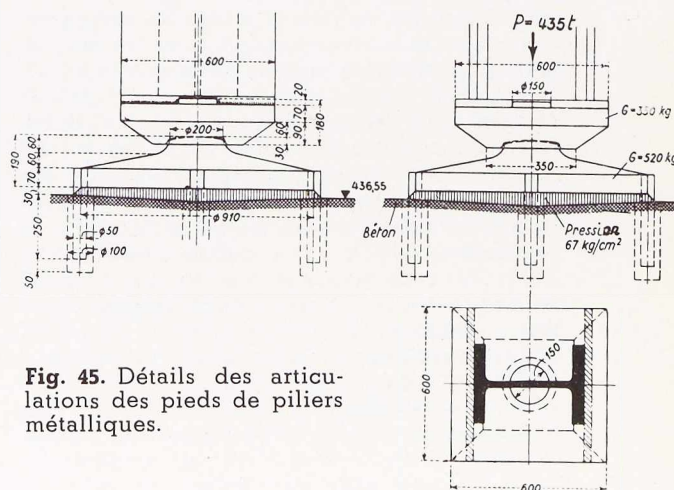


Fig. 45. Détails des articulations des pieds de piliers métalliques.

ainsi que le montre schématiquement la figure 36 Il y a ainsi 3 types de piliers :

1° Le pilier a, dont les détails sont donnés à la figure 44;

2° Deux piliers b et c, permettant un déplacement dans une seule direction (direction de la flèche de la fig. 41);

3° Le pilier d est muni d'articulations dans les deux sens.



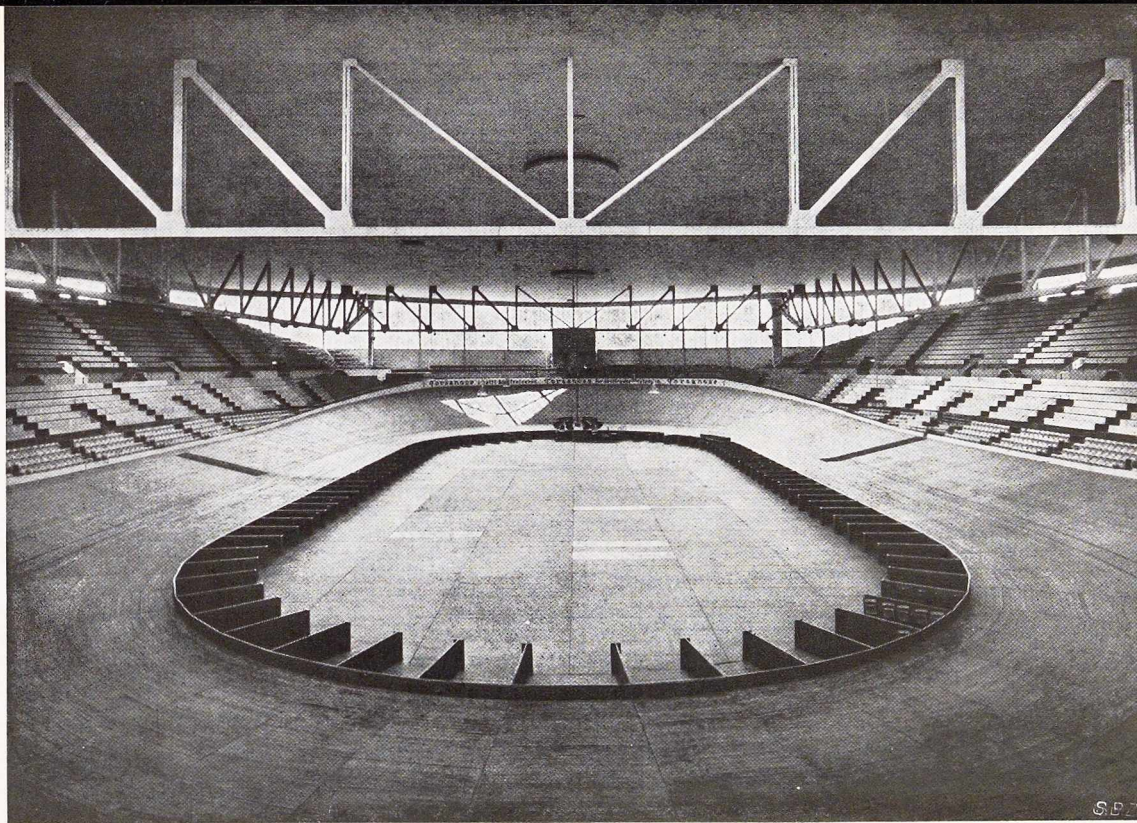


Fig. 46. Vue intérieure du stade montrant la piste, les gradins et la charpente métallique, la plus grande construction de ce genre en Europe. On note que, seules, les maîtresses-poutres et les 2 entretoises principales sont visibles.

Rapportées à la surface unitaire couverte, les valeurs des charges et surcharges se présentent comme suit :

Poids de la toiture	37 kg/m ²
Poids du faux plafond	19 kg/m ²
Poids de la charpente	63 kg/m ²
<hr/>	
Ensemble du poids mort	119 kg/m ²
Surcharge (neige)	107 kg/m ²
<hr/>	
Poids total	226 kg/m ²

La surface totale comprenant environ 10.000 m², il s'ensuit que le poids total de la toiture y compris la surcharge due à la neige est de 2.260 tonnes auxquelles il faut encore ajouter les 38 tonnes des piliers. De ce poids total de 2.298 tonnes, 538 tonnes reposent sur les murs extérieurs, le restant soit 1.760 tonnes étant supporté par les quatre piliers.

Les maîtresses-poutres, dont la partie inférieure est située à 13 mètres au-dessus du niveau du sol, furent montées au moyen de chevalets métalliques et le réglage des points d'appui fut réalisé par

des verins hydrauliques. Les tensions relevées furent en concordance parfaite avec les tensions calculées. Notons que la grande hauteur de la toiture au-dessus du sol (environ 24 mètres) ainsi que les grandes portées sans appuis intermédiaires, exigèrent des installations de montage très importantes.

L'avant-projet, les calculs, les plans d'exécution, ainsi que les plans de montage ont été réalisés par le bureau d'études de la Eisenbaugesellschaft de Zurich, qui s'occupa également directement du montage.

Les installations électriques

L'énergie électrique est fournie par la centrale électrique de la ville de Zurich, en haute tension à 6.000 V, la tension de service étant de 380/220 V. La puissance totale est de 220 kw, dont 104 kw utilisés pour l'éclairage. Un soin particulier a été accordé à l'éclairage de secours par des batteries d'accumulateurs (15 kw); la ventilation, le chauffage et les ascenseurs exigent 12 moteurs, d'une puissance totale de 72 cv. Le réseau téléphonique a été soigné également et comporte 25 lignes.

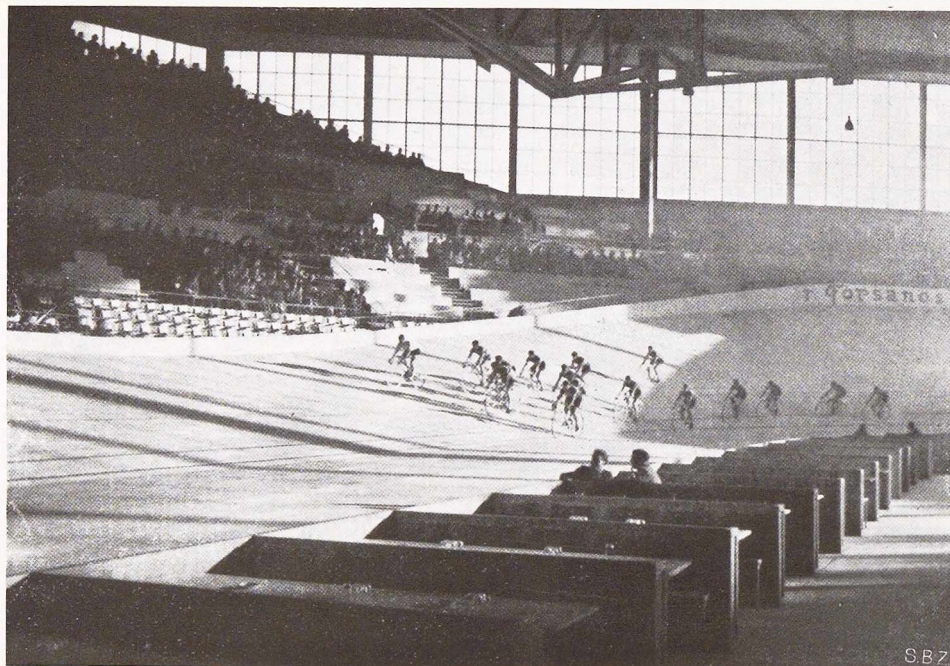


Fig. 47. Vue du stade prise pendant une course cycliste.

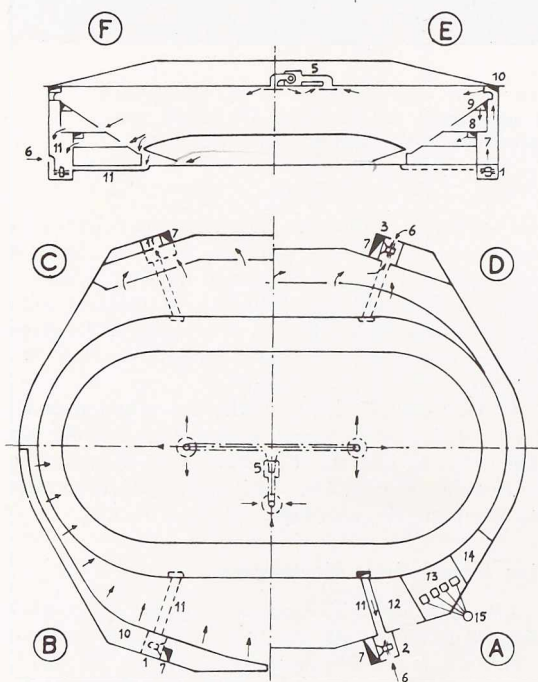


Fig. 48. Schéma de la ventilation : Coupes horizontales au niveau du rez (A), de la pelouse (C), des gradins (D) et de la sous-toiture (B).

1, 4, 5 - ventilateurs; 2, 3 - chambres d'aspiration et de refoulement; 6 - air frais; 7 à 11 - registres et tuyauteries; 12 - silo à charbon; 13 - chaudières; 14 - pompes; 15 - cheminées.

Le chauffage et le conditionnement

Afin que les spectateurs se trouvent toujours dans un local bien chauffé et bien aéré une installation complexe de climatisation dut être installée. Les conditions imposées étaient : une température intérieure de $+ 12^{\circ}$, après une mise en régime de 15 à 20 heures, par une température extérieure de $- 10^{\circ}$. L'installation fut conçue et réalisée par la firme Sulzer Frères suivant le type du chauffage à air chaud; les corps de chauffe ont une puissance d'environ 1 million de Cal/h, la circulation forcée de l'air comporte 4 ventilateurs d'un débit horaire de 56.000 m^3 et un ventilateur (dans la toiture) d'un débit de 50.000 m^3 .

Conclusions

Les sports et l'éducation physique sont aujourd'hui à l'honneur : leur importance n'échappe à personne. En dotant Zurich d'un vaste stade moderne les promoteurs de cette œuvre ont bien mérité de leur cité. Des félicitations doivent être adressées à ceux qui ont contribué à la réalisation de ce beau stade : l'édilité de Zurich, M. Karl Eggen-der, architecte, MM. E. Rathgeb et R.-A. Naef, ingénieurs et la firme Eisenbaugesellschaft de Zurich, à laquelle furent confiés les travaux de construction et qui a bien voulu mettre à notre disposition les clichés qui illustrent cet article.

BIBLIOGRAPHIE

Schweizerische Bauzeitung, n° 23-1945.



Calcul, par la méthode des souplesses, d'une maille plane fermée sollicitée dans son plan

par Louis Blanjean,
Ingénieur A.I.Br.,
Agrégé de l'Enseignement Supérieur

Rappel des résultats principaux de la théorie de l'ellipse de souplesse des systèmes élastiques plans

PRÉAMBULE

Dans le présent mémoire nous nous attachons au calcul d'une maille plane unique, sans rotule ni appareil de glissement, sollicitée dans son plan. Le lecteur pourra juger combien ce problème déjà assez ancien est résolu simplement, et d'une manière très générale, à l'aide de la théorie de l'ellipse de souplesse ⁽¹⁾.

Les résultats obtenus pour la maille fermée sont ensuite appliqués ci-après à l'étude de la section transversale d'un tuyau, dans diverses hypothèses de sollicitation.

Nous renvoyons le lecteur au mémoire cité pour l'exposé complet de la théorie de l'ellipse de souplesse et pour les données bibliographiques correspondantes. Nous reprenons, ici, simplement l'énoncé des points essentiels qui sont nécessaires à la résolution du problème particulier qui fait l'objet de la présente note.

ELLIPSE ET CENTRE DE SOUPLASSE D'UNE LIAISON ÉLASTIQUE PLANE

Soient deux parties b et c d'un ensemble réunies par une liaison élastique plane (fig. 49). Cette liaison est sollicitée par deux forces Q_b et Q_c égales et opposées, appliquées respectivement aux deux parties b et c .

Le mouvement relatif des deux parties de la liaison est une rotation autour d'un axe aa normal au plan du système. Cet axe perce le plan au point A qui est l'antipôle de la ligne d'action ff des forces Q_b , Q_c par rapport à une ellipse

attachée à la liaison et dépendant uniquement des caractéristiques géométriques de celle-ci. Cette ellipse est appelée l'ellipse de souplesse de cette liaison ou, par certains auteurs, l'ellipse d'élasticité de la liaison (fig. 50).

Le centre O_I de cette ellipse est le centre de souplesse de la liaison, ou, d'après certains auteurs, le centre élastique.

Le déplacement subi par le centre de souplesse O_I se produit suivant la normale au diamètre conjugué de la direction de l'alignement des deux forces sollicitantes.

SOUPLASSE DE LA LIAISON

L'amplitude du mouvement de rotation, autour de l'antipôle A , produite par des forces unités Q égales et opposées est

$$\Delta \varphi_i^A = \psi \cdot k_i.$$

Cette amplitude est proportionnelle à la distance k_i du centre de souplesse à l'alignement ff des forces et à la grandeur ψ ne dépendant que des caractéristiques géométriques de la liaison. Cette grandeur ψ est appelée la souplesse de la liaison élastique étudiée, ou encore la masse élastique.

En concentrant la souplesse d'un tronçon au centre de gravité de celui-ci on peut calculer le moment statique de cette souplesse par rapport à un alignement donné f . Ce moment statique de souplesse est désigné par la notation St^2_f .

En concentrant convenablement la souplesse d'un tronçon, on peut calculer les moments et produit d'inertie de cette souplesse par rapport à deux alignements f et j donnés. Ces moments et produit d'inertie de souplesse sont désignés respectivement par les notations K_{ff} , K_{jj} et K_{fj} .

(1) LOUIS BLANJEAN, Introduction à la résolution des systèmes hyperstatiques plans formant une chaîne de mailles fermées à assemblages rigides. Théorie de l'ellipse de souplesse des systèmes élastiques plans (Annales des Travaux Publics de Belgique, février et avril 1944, 54 pages, 48 figures).



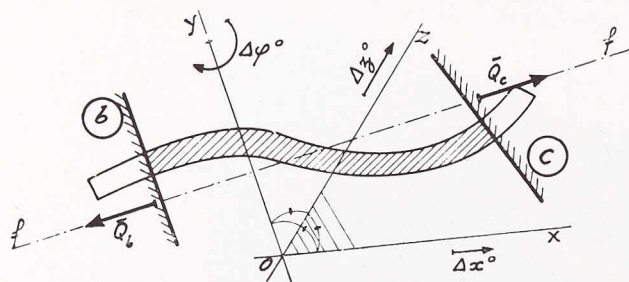


Fig. 49.

PROPRIÉTÉS SÉPARATIVES DE L'ELLIPSE DE SOUPLESSE
D'UNE LIAISON ÉLASTIQUE PLANE

Si une liaison élastique plane est un cadre fermé, sans rotule, elle est, au point de vue interne, du troisième degré d'hyperstaticité (le cas d'un portique encastré à ses deux extrémités est un cas particulier du cadre fermé).

Dans ce cas, on peut ramener les variables hyperstatiques internes à être représentées par deux forces égales et opposées, qui seraient les réactions mutuelles Q_b , Q_c qui se produisent à travers une section transversale du cadre.

Chacun de ces vecteurs \bar{Q}_b , \bar{Q}_c peut être amené au centre de souplesse de la liaison; on introduit de ce fait deux couples \bar{W}_b , \bar{W}_c .

De plus, on peut décomposer les vecteurs \bar{Q} suivant les directions de deux diamètres conjugués dans l'ellipse de souplesse de la liaison, soient \bar{X}_b , \bar{X}_c et \bar{Z}_b , \bar{Z}_c .

En particulier, on peut faire cette décomposition suivant les axes de l'ellipse, soient \bar{X}'_b , \bar{X}'_c , \bar{Z}'_b , \bar{Z}'_c .

D'après ce qui précède, les deux lèvres de la coupe par laquelle on a ouvert la maille constituée par le cadre fermé, mais prolongées par deux bras rigides invariablement liés à ces lèvres et allant jusqu'au centre de souplesse subissent les mouvements relatifs suivants (dans les limites des petites déformations):

a) Sous l'effet des deux couples \bar{W}_b , \bar{W}_c , un simple mouvement de rotation autour du centre de souplesse O_I (fig. 51).

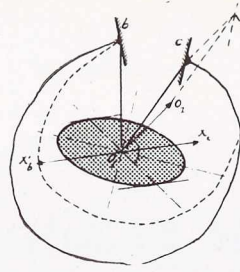
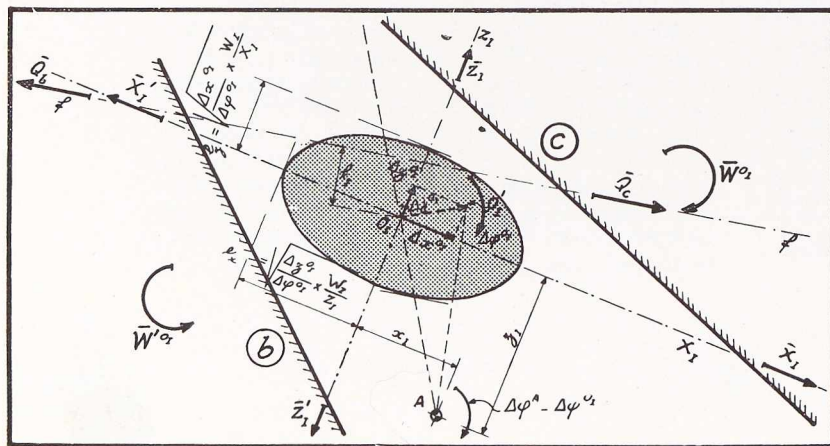


Fig. 52.

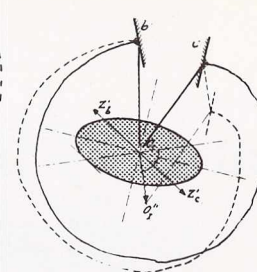


Fig. 53.

Ce mouvement ne déplace donc pas le point d'application, aux bras rigides, des composantes X et Z et ne correspond donc à aucun travail effectué par ces composantes;

b) Sous l'effet de chacun des deux groupes de composantes X ou Z, un simple mouvement de translation dans la direction normale aux forces de l'autre groupe (fig. 52 et 53).

Ce mouvement ne correspond donc à aucun travail effectué par les deux couples W, ni par les forces de l'autre groupe.

On peut exprimer ces caractères, en disant que : les trois variables hyperstatiques dégagées de cette manière ne s'influencent pas l'une l'autre, au point de vue des déplacements qui leur sont respectivement parallèles et chacune d'elles ne fait effectuer aucun travail par les deux autres.

Cette propriété remarquable est à la base de la méthode de calcul des cadres fermés appelée : méthode par séparation des variables hyperstatiques internes.

Cette méthode est très importante pour l'étude des systèmes constructifs constitués de mailles fermées à assemblages rigides.

L'arc à extrémités encastrées est un cas particulier intéressant de ce genre de construction.

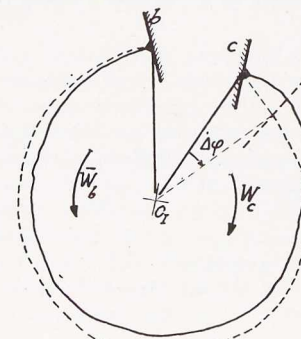


Fig. 50 (à gauche) et Fig. 51.

FORMULES S'APPLIQUANT AU CALCUL DES DÉPLACEMENTS DUS À L'ACTION D'UN GROUPE DE DEUX FORCES OU COUPLES, ÉGAUX ET OPPOSÉS, AGISSANT AUX EXTRÉMITÉS D'UNE LIAISON ÉLASTIQUE PLANE

Cause appliquée	Déplacement calculé		Fig.
	Dénomination	Expression	
Deux couples égaux et opposés $W' = 1$	Déplacement angulaire de deux bras rigides liés aux extrémités de la liaison. Le centre de rotation est dans ce cas confondu avec le centre de souplesse.	$(\Delta\varphi)^{w'} = \psi$	54
	Déplacement linéaire d'un point V invariablement lié à une des extrémités de la liaison, projeté sur un alignement j.	$(\Delta j_v)^{w'} = St^{\psi}_{j'}$	54
Deux forces égales et opposées $F' = 1$	Déplacement angulaire de deux bras rigides liés aux extrémités de la liaison.	$(\Delta\varphi)^{f'} = St^{\psi}_{ff}$	55
	Déplacement linéaire, projeté sur l'alignement des forces sollicitantes, d'un point de cet alignement (U).	$(\Delta f_u)^{f'} = K_{ff}$	55
	Déplacement linéaire, projeté sur l'alignement j, d'un point V invariablement lié à une des extrémités de la liaison.	$(\Delta j_v)^{f'} = K_{fj'}$	56

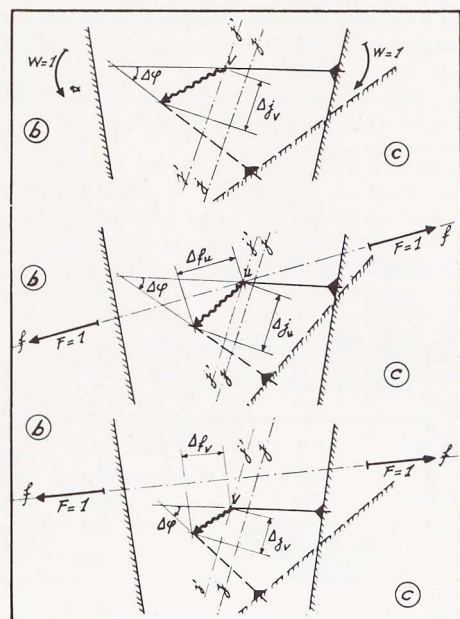


Fig. 54 à 56.

On rappelle que :

- ψ désigne la souplesse de la liaison étudiée;
- St^{ψ}_{ff} désigne le moment statique de cette souplesse, concentrée au centre de souplesse, par rapport à l'alignement ff ;
- K_{ff} désigne le moment d'inertie de cette souplesse, convenablement disposée, par rapport à l'alignement ff ;
- $K_{fj'}$ désigne le produit d'inertie de cette souplesse, convenablement disposée, par rapport aux deux alignements ff et $j'j'$.

L'expression « convenablement disposée » veut dire, par exemple, que la souplesse est répartie par quarts aux quatre sommets du rectangle circonscrit à l'ellipse de souplesse de la liaison étudiée (voir Remarques, p. 32).

Ces expressions ne sont valables que dans les limites des *petites déformations*.

ELLIPSE DE SOUPLESSE D'UNE LIAISON PLANE CONSTITUÉE PAR UNE PIÈCE PRISMATIQUE

Souplesse :
$$\psi = \frac{l}{E \cdot I}$$



Demi-axes de l'ellipse de souplesse (fig. 60) suivant O_1X_1 :

$$e_x = \sqrt{\xi \frac{E}{G} i^2 + \frac{l^2}{12}}$$

suitant O_1Z_1 : $e_z = i$.

Dans le cas où l'on néglige les déformations dues aux efforts tranchants T, les demi-axes de l'ellipse ont comme valeurs (fig. 61) :

$$e_x = l/\sqrt{12} \quad e_z = i$$

Le rayon d'inertie est donné par la formule :

$$i = \sqrt{\frac{I}{\Omega}}$$

Dans le cas où l'on néglige les déformations dues aux efforts normaux N, l'ellipse se résorbe à son grand axe qui a comme longueur (fig. 62) :

$$2 e_x = 2 \sqrt{\xi \cdot \frac{E}{G} \cdot i^2 + \frac{l^2}{12}}$$

Dans le cas où l'on néglige en même temps les déformations dues aux N et aux T et où l'on ne considère donc que les déformations dues aux M, l'ellipse se résorbe encore à son grand axe, qui a comme longueur dans ce cas (fig. 63) :

$$2 e_x = 2 \frac{l}{\sqrt{12}}$$

ELLIPSE DE SOUPLESSE D'UN TRONÇON ÉLÉMENTAIRE D'UNE PIÈCE DROITE PRISMATIQUE

C'est un cas particulier du cas précédent; il suffit de réduire la longueur l à un infiniment petit ds (fig. 64).

Les demi-axes de l'ellipse centrale du tronçon seront :

$$\text{suitant } O_1X_1 : e_x = i \sqrt{\xi \frac{E}{G}}$$

$$\text{suitant } O_1Z_1 : e_z = i.$$

La rotation a une amplitude

$$d\varphi = \frac{M \cdot ds}{E \cdot I}$$

elle se fait autour de l'antipôle A de l'axe \bar{Q}_b, \bar{Q}_c .

Dans le cas où l'on néglige les déformations dues aux N et aux T, l'ellipse se résorbe à son centre.

La souplesse du tronçon élémentaire a pour expression (fig. 65) :

$$\psi = \frac{ds}{E \cdot I}$$

REMARQUES AU SUJET DE LA DISTRIBUTION DES SOUPLESSES D'UN TRONÇON DE PIÈCE DROITE PRISMATIQUE À ÂME PLEINE

Si l'on répartit la souplesse d'un tronçon élémentaire de longueur ds , par quarts $ds/4 E \cdot I$, aux quatre sommets du rectangle circonscrit à l'ellipse de souplesse de ce tronçon (fig. 57) cette ellipse est aussi l'ellipse centrale d'inertie de ces souplesses.

De ce fait le centre de gravité de la souplesse $ds/E \cdot I$ de l'élément ne change évidemment pas.

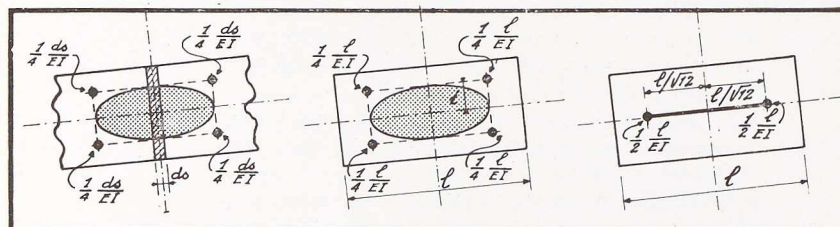


Fig. 57 à 59.

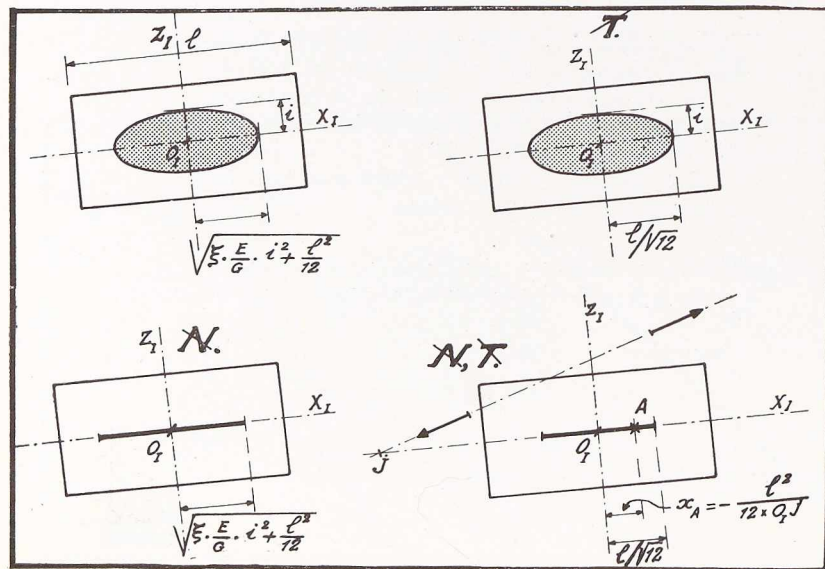
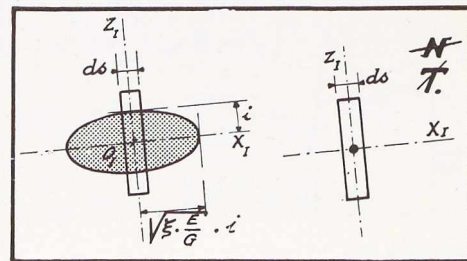


Fig. 60 à 63 (à gauche).

Fig. 64 à 65 (en bas).



Si l'on néglige les effets des N et des T, pour l'élément infiniment petit, l'ellipse de souplesse est réduite à son centre. La souplesse totale $ds/E \cdot l$ reste donc alors concentrée en ce centre.

Si l'on opère semblablement pour tous les éléments d'une pièce droite prismatique à âme pleine de longueur finie, le centre de souplesse de la pièce sera le centre de gravité de ses souplesses et sera le point de l'axe à mi-longueur de la pièce.

L'ellipse de souplesse de cette pièce sera aussi l'ellipse centrale d'inertie de la souplesse de la pièce répartie par quarts $l/4 E \cdot l$ aux sommets du rectangle circonscrit à l'ellipse de souplesse (fig. 58).

Voilà donc la manière de concevoir la distribution des souplesses qui convient au problème.

Dans le cas où l'on néglige les N et les T, la souplesse d'un tronçon prismatique droit de lon-

gueur finie doit être distribuée par moitiés $l/2 E \cdot l$ à chacune des extrémités du grand axe auquel se résorbe l'ellipse de souplesse du tronçon ($e_x = l/\sqrt{12}$) (fig. 59).

ELLIPSE DE SOUPLESSE D'UNE LIAISON QUE L'ON PEUT FRAGMENTER EN TRONÇONS À ÂME PLEINE PRISMATIQUES ET RECTILIGNES ASSOCIÉS EN SÉRIE

Lorsqu'on fragmente la liaison en tronçons plus petits, le centre de souplesse de la liaison entière est le centre de gravité des souplesses $\frac{l}{E \cdot l}$ concentrées aux centres de gravité des tronçons.

Les moments statiques, les moments et produit d'inertie de l'ensemble par rapport à des alignements du plan sont égaux à la somme des mêmes grandeurs calculées respectivement pour chacun des tronçons composants.

Calcul d'une maille plane fermée, sans rotule ni joint à glissement, sollicitée dans son plan par un groupe de forces extérieures connues, par la méthode des souplesses

Théorie

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Cette maille fermée constitue un système hyperstatique au point de vue interne.

Le nombre de variables hyperstatiques internes de la maille est égal à 3; elle est dite du 3^e degré d'hyperstaticité. Si toutes les forces extérieures sont connues, on peut dire que la maille est isostatique au point de vue des liaisons extérieures.

SYSTÈME ISOSTATIQUE DE RÉFÉRENCE ET VARIABLES HYPERSTATIQUES DU PROBLÈME

Pour lever l'hyperstaticité de la maille, il suffit de la rendre isostatique au point de vue interne, par exemple, en l'ouvrant au moyen d'une coupe ou section complète S en tel endroit que l'on choisit au mieux de la facilité des calculs (fig. 66 A).

On sait que le sectionnement par cette coupe S libère le groupe des deux vecteurs égaux et opposés Q que les deux parties de la bride se transmettent en réaction d'une de l'autre à travers la coupe S. Ni la valeur, ni la direction, ni la position des vecteurs Q ne sont connues d'avance, de sorte que la détermination des vecteurs Q comporte, en coordonnées cartésiennes, trois éléments qui sont les variables hyperstatiques de la maille.

TRANSFERT DES VARIABLES HYPERSTATIQUES

On peut évidemment décider de transférer les vecteurs Q en un point quelconque librement

choisi. Nous choisirons le centre de souplesse C de la maille (fig. 66 B).

En opérant ainsi, on introduit les couples de transfert W. De plus, on peut décomposer les vecteurs en leurs composantes X et Z suivant deux diamètres conjugués de l'ellipse de souplesse.

Les trois variables hyperstatiques de la maille transférées au point C sont alors :

Un groupe de deux couples égaux et opposés W ;

Un groupe de deux forces égales et opposées : X ;

Un groupe de deux autres forces égales et opposées : Z.

On peut imaginer que les deux lèvres de la coupe S sont prolongées jusqu'au point C par des bras rigides à l'extrémité desquels sont appliquées les variables hyperstatiques.

Si l'on procède ainsi, les trois inconnues hyperstatiques internes W, X, Z sont directement séparées en vertu des propriétés séparatives de l'ellipse et du centre de souplesse.

Remarque. — Si on transporte les vecteurs Q au centre de gravité de la coupe faite, on constate que les équations permettant le calcul des inconnues hyperstatiques les contiennent chacune toutes les trois; les variables ne sont donc pas séparées et presque toujours le chiffrage d'au moins une d'entre elles est pénible et entouré d'embûches, car la valeur que l'on cherche dépend de la différence de deux nombres très grands qui diffèrent très peu, écueil grave, pouvant rendre les calculs tout à fait illusoires.



CALCUL DES VARIABLES HYPERSTATIQUES W, X, Z

On considère la maille étudiée ouverte et portant la charge extérieure F_k , placée en k dans une direction déterminée (fig. 66 B); si les inconnues hyperstatiques n'étaient pas encore présentes, les deux bras rigides qui prolongent les lèvres de la coupe jusqu'au centre de souplesse C subiraient du fait de l'apport de la charge F_k les déplacements relatifs :

- δ_{ω, F_k} rotation relative autour du centre C ;
- δ_{x, F_k} translation relative dans la direction X ;
- δ_{z, F_k} translation relative dans la direction Z.

Le premier indice de ces notations marque la nature du déplacement δ considéré, le second indice marque la cause de ce mouvement (force extérieure F_k).

Le rôle des trois variables hyperstatiques est d'annuler ces déplacements relatifs et de maintenir ainsi la continuité du système sectionné par la coupe S. Mais on sait que l'ellipse de souplesse et le centre de souplesse jouissent de la propriété caractéristique que l'apparition de l'un des groupes hyperstatiques ne crée pas de mouvement relatif parallèlement aux deux autres groupes.

En prenant les inconnues hyperstatiques de la maille, comme il a été dit, il vient donc (1)

(1) Notations.

F_k représente une charge extérieure placée en k dans une direction connue.

W est le couple hyperstatique créé dans la maille par la charge F_k , X et Z sont les deux autres inconnues hyperstatiques de la maille créées par la charge F_k .

δ_{ω, F_k} est le déplacement angulaire relatif des bras rigides de la maille, créé par l'application à celle-ci d'une charge $F_k = 1$.

$\delta_{\omega, W}$ est le déplacement angulaire relatif des deux bras rigides de la maille, déplacement qui serait dû à l'application au système du groupe des deux couples W égaux à l'unité. Ce δ constitue l'un des trois déplacements que l'on appellera « déplacements effets » de la maille sur elle-même (voir paragraphe suivant).

$\delta_{f_k, W}$ est la ligne élastique des déplacements, projetés sur la direction de la charge extérieure F_k , des points k de la pièce que parcourt la charge F_k sous l'action du groupe des deux couples W égaux à l'unité.

On voit que dans ce système de notations, un déplacement relatif comprend un premier indice marquant la nature et l'endroit de ce déplacement, un second indice marquant la cause du mouvement et l'endroit où cette cause est appliquée au système.

$$\begin{aligned} W \cdot \delta_{\omega, W'} + F_k \cdot \delta_{\omega, F_k} &= 0 \\ X \cdot \delta_{x, X'} + F_k \cdot \delta_{x, F_k} &= 0 \\ Z \cdot \delta_{z, Z'} + F_k \cdot \delta_{z, F_k} &= 0 \end{aligned} \quad (I)$$

F_k' symbolise une charge F_k égale à l'unité de charge tout comme W' , X' et Z' symbolisent des grandeurs égales à l'unité.

Mais, en vertu du théorème de réciprocité de Maxwell, il vient numériquement :

$$\delta_{\omega, F_k} = \delta_{f_k, W'} \quad \delta_{x, F_k} = \delta_{f_k, X'} \quad \delta_{z, F_k} = \delta_{f_k, Z'} \quad (II)$$

Les équations précédentes deviennent donc :

$$\begin{aligned} W \cdot \delta_{\omega, W'} + F_k \cdot \delta_{f_k, W'} &= 0 \\ X \cdot \delta_{x, X'} + F_k \cdot \delta_{f_k, X'} &= 0 \\ Z \cdot \delta_{z, Z'} + F_k \cdot \delta_{f_k, Z'} &= 0 \end{aligned} \quad (III)$$

On déduit des deux systèmes (I) et (III) :

$$\begin{aligned} W &= - \frac{\delta_{\omega, F_k}}{\delta_{\omega, W'}} \cdot F_k = - \frac{\delta_{f_k, W'}}{\delta_{\omega, W'}} \cdot F_k \\ X &= - \frac{\delta_{x, F_k}}{\delta_{x, X'}} \cdot F_k = - \frac{\delta_{f_k, X'}}{\delta_{x, X'}} \cdot F_k \\ Z &= - \frac{\delta_{z, F_k}}{\delta_{z, Z'}} \cdot F_k = - \frac{\delta_{f_k, Z'}}{\delta_{z, Z'}} \cdot F_k \end{aligned} \quad (IV)$$

Les inconnues sont donc séparées.

Si l'on imagine que la charge extérieure unique F est mobile, on dira que les coefficients d'influence de F sur les inconnues hyperstatiques de la maille noyau ont pour valeurs :

$$\begin{aligned} i_w &= \frac{W}{F \cdot l} = - \frac{1}{l} \cdot \frac{\delta_{f_k, W'}}{\delta_{\omega, W'}} \\ i_x &= \frac{X}{F} = - \frac{\delta_{f_k, X'}}{\delta_{x, X'}} \\ i_z &= \frac{Z}{F} = - \frac{\delta_{f_k, Z'}}{\delta_{z, Z'}} \end{aligned} \quad (V)$$



Les déplacements qui sont en dénominateur de ces expressions sont des quantités bien déterminées, invariables, ne dépendant pas de la position de la charge, ce sont :

$\delta_{\omega, w'}$ la variation angulaire relative entre les deux bras rigides, provoquée par l'application à ceux-ci du groupe des deux W' égaux à l'unité (fig. 66 c);

$\delta_{x, x'}$ le déplacement relatif de translation suivant x des deux bras rigides, provoqué par l'application à ceux-ci du groupe des deux forces X' égales à l'unité (fig. 66 d et 66 e);

$\delta_{x, z'}$ le déplacement relatif de translation suivant z des deux bras rigides, provoqué par l'application à ceux-ci du groupe des deux forces Z' égales à l'unité.

Ces trois déplacements constituent ce que l'on appelle les déplacements effets de la maille sur elle-même.

Donc les lignes d'influence de W , X , Z ne sont autres, à l'échelle convenable, que :

Influence de W : la ligne élastique (projetée sur la direction de F) sous l'effet des deux couples W' égaux à l'unité, du contour de la maille.

Influence de X : la ligne élastique (projetée sur la direction de F) que prend, sous l'effet des deux forces X' égales à l'unité, le contour de la maille.

DÉPLACEMENTS EFFETS DE LA MAILLE SUR ELLE-MÊME

On appelle ainsi les trois déplacements suivants :

$\delta_{\omega, w'}$ déplacement angulaire relatif subi par les deux bras rigides de la maille sous l'effet du groupe des deux couples W' égaux à l'unité (+1). Par définition de la souplesse d'une liaison élastique plane, ce déplacement angulaire est égal à la souplesse de la liaison. Donc (fig. 66 c) :

$$\delta_{\omega, w'} = \psi = \int_0^s \frac{1}{E \cdot I} ds \quad (VI)$$

I étant le moment d'inertie de la section transversale du contour de la maille, E étant le module d'élasticité longitudinale de la matière.

$\delta_{x, x'}$ déplacement relatif de translation, subi par les deux bras rigides de la maille, projeté dans la direction x et produit par l'application du groupe des deux forces X' égales à l'unité (+1) appliquées aux extrémités des bras rigides. Ce déplacement est mesuré par le moment d'inertie

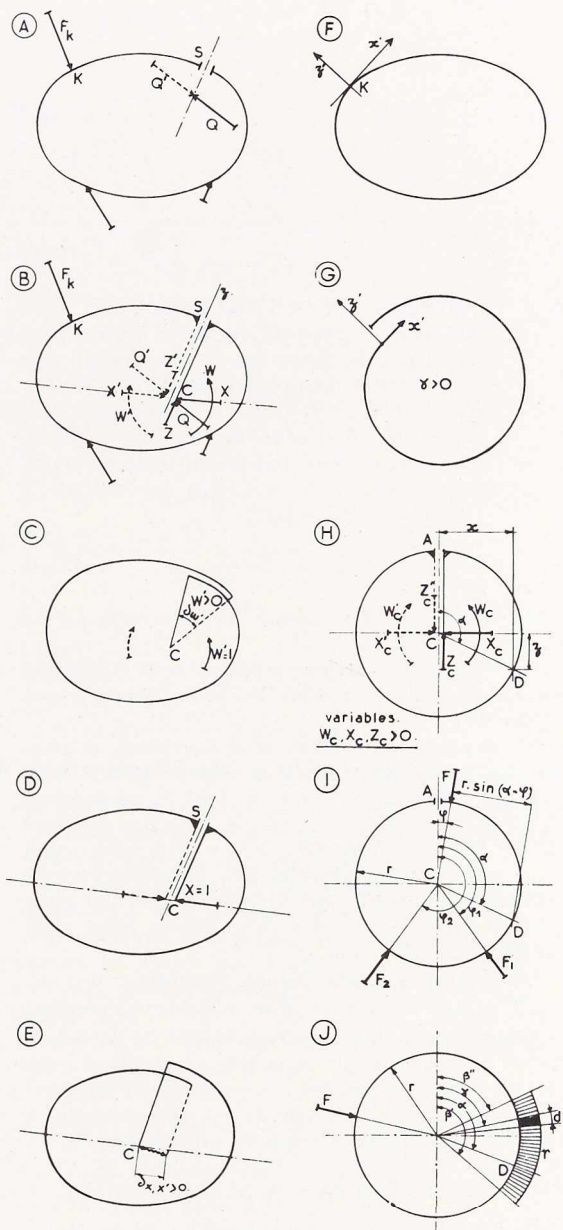


Fig. 66.

des souplesses de la liaison par rapport à l'alignement des forces X' (fig. 66 d et 66 e) :

$$\delta_{x, x'} = K_{xx} = \int_0^s \frac{z^2}{E \cdot I} ds \quad (VII)$$



$$\delta_{\omega, F_k} = - \int_0^s \frac{\varepsilon \cdot M}{E \cdot I} ds$$

$$\delta_{x, F_k} = \int_0^s \frac{N}{E \cdot \Omega} dx - \int_0^s \xi \frac{T}{G \cdot \Omega} dz - \int_0^s (z_c - z) \frac{\varepsilon \cdot M}{E \cdot I} ds + k \int_0^s \Delta t \cdot dx$$

$$\delta_{z, F_k} = \int_0^s \frac{N}{E \cdot \Omega} dz + \int_0^s \xi \frac{T}{G \cdot \Omega} dx + \int_0^s (x_c - x) \frac{\varepsilon \cdot M}{E \cdot I} ds + k \int_0^s \Delta t \cdot dz$$

Formules de Bresse (IX)

$\delta_{z, z'}$ déplacement relatif de translation, subi par les deux bras rigides de la maille, projeté dans la direction z et produit par l'application du groupe des deux forces Z' égales à l'unité (+1) appliquées aux extrémités des bras rigides. Ce déplacement est mesuré par le moment d'inertie des souplesses de la liaison par rapport à l'alignement des forces Z' :

$$\delta_{z, z'} = K_{zz} = \int_0^s \frac{x^2}{E \cdot I} ds \quad (\text{VIII})$$

Remarque. — On adopte les conventions de signes suivantes :

Les variables hyperstatiques sont positives quand elles agissent dans les sens indiqués à la figure 66 b.

Les déplacements effets sont considérés comme positifs lorsqu'ils tendent à faire déplacer dans le sens positif les vecteurs qui leur correspondent (c'est-à-dire dans le sens de la direction positive de ces vecteurs) (fig. 66 c à 66 e). La convention ainsi posée permet de dire que les déplacements effets d'une maille sur elle-même sont toujours positifs, les couples et forces appliqués étant alors positifs par définition.

Les ordonnées des lignes élastiques $\delta_{f_k, w'}$, $\delta_{f_k, x'}$ et $\delta_{f_k, z'}$ doivent être considérées comme positives lorsqu'elles correspondent à une tendance à fermeture de la maille. Les forces extérieures sont à considérer comme positives lorsqu'elles sont dirigées dans le sens des ordonnées positives des lignes élastiques précédentes.

CALCUL DES DÉPLACEMENTS δ_{ω, F_k} , δ_{x, F_k} et δ_{z, F_k} .

Ce sont les trois composantes du déplacement relatif des extrémités des deux bras rigides prolongeant la coupe S jusqu'au centre de souplesse C de la maille sous l'effet de F_k appliquée à la maille rendue isostatique.

Ces déplacements peuvent être calculés par les formules de Bresse (voir ci-dessus).

En un point déterminé de l'axe de la paroi, on choisit pour axe des z' positifs la demi-normale

dirigée vers la convexité et comme axe des x' positifs, la demi-tangente telle que l'axe des x' positifs soit séparé de l'axe des z' positifs par un angle droit compté dans le sens trigonométrique (fig. 66 f).

Dans ces formules ε est égal à +1 ou à -1 suivant que la variation angulaire se produit dans le sens trigonométrique ou en sens opposé.

Les M sont positifs lorsqu'ils correspondent à une augmentation de la courbure de la pièce.

Les N sont positifs s'ils correspondent à des tractions.

Les T sont positifs dans les conditions où les γ le sont, c'est-à-dire s'ils correspondent à un déplacement relatif vers la convexité de la partie de l'arc situé du côté des x' positifs par rapport à la partie de l'arc située du côté des x' négatifs (fig. 66 g).

ξ est le coefficient de forme de la section au point de vue de la déformation due aux efforts tranchants (1).

Δt représente une variation de température de section à section, mais supposée uniforme dans une même section transversale.

k est le coefficient de dilatation thermique.

EXPRESSION EXPLICITE DES VARIABLES HYPERSTATIQUES

Remplaçant dans les formules (IV) et (V) les numérateurs et les dénominateurs par les valeurs explicites qui ont été données, il vient pour expressions explicites des variables hyperstatiques [formules (X)].

Pour le cas où les déformations corrélatives des efforts normaux N et tranchants T sont négligées, et s'il n'y a pas de variation de température, donc si l'on tient compte uniquement des déformations dues aux moments fléchissants, il vient les formules (XI):

Lorsque, en outre, le produit $E \cdot I$ est constant tout le long du contour de la maille, on obtient les formules remarquablement simples (XII):

(1) 1,20 pour une section rectangulaire, $\frac{32}{27} = 1,185$ pour une section circulaire.



$$\begin{aligned}
 W &= + \frac{\int_0^s \frac{\varepsilon \cdot M}{E \cdot I} ds}{\int_0^s \frac{1}{E \cdot I} ds} \\
 X &= - \frac{\int_0^s \frac{N}{E \cdot \Omega} dx - \int_0^s \frac{T}{G \cdot \Omega} dz - \int_0^s (z_c - z) \frac{\varepsilon \cdot M}{E \cdot I} ds + k \int_0^s \Delta t \cdot dx}{\int_0^s \frac{z^2}{E \cdot I} ds} \\
 Z &= - \frac{\int_0^s \frac{N}{E \cdot \Omega} dz + \int_0^s \frac{T}{G \cdot \Omega} dx + \int_0^s (x_c - x) \frac{\varepsilon \cdot M}{E \cdot I} ds + k \int_0^s \Delta t \cdot dz}{\int_0^s \frac{x^2}{E \cdot I} ds}
 \end{aligned}
 \tag{X}$$

$$\begin{aligned}
 W &= + \frac{\int_0^s \frac{\varepsilon \cdot M}{E \cdot I} ds}{\int_0^s \frac{1}{E \cdot I} ds} \\
 X &= + \frac{\int_0^s (z_c - z) \frac{\varepsilon \cdot M}{E \cdot I} ds}{\int_0^s \frac{z^2}{E \cdot I} ds} \\
 Z &= - \frac{\int_0^s (x_c - x) \frac{\varepsilon \cdot M}{E \cdot I} ds}{\int_0^s \frac{x^2}{E \cdot I} ds}
 \end{aligned}
 \tag{XI}$$

$$\begin{aligned}
 W &= + \frac{\int_0^s \varepsilon \cdot M \cdot ds}{\int_0^s ds} \\
 X &= + \frac{\int_0^s (z_c - z) \varepsilon \cdot M \cdot ds}{\int_0^s z^2 \cdot ds} \\
 Z &= - \frac{\int_0^s (x_c - x) \varepsilon \cdot M \cdot ds}{\int_0^s x^2 \cdot ds}
 \end{aligned}
 \tag{XII}$$

Applications : Tuyaux circulaires dont la paroi est relativement mince et d'épaisseur constante ⁽¹⁾

Dans tous les calculs qui suivent on raisonne sur une longueur de tuyau égale à l'unité de longueur. Les forces en jeu sont des forces par unité de longueur du tuyau.

La section du tuyau constitue une maille fermée. L'étude de la sollicitation de cette section transversale peut donc se faire à l'aide des formules établies dans la première partie de cette note.

CENTRE ET ELLIPSE DE SOUPLESSE

Par raison de symétrie, le centre de souplesse de la section transversale est le centre C de la section circulaire et l'ellipse de souplesse est une circonférence.

VARIABLES HYPERSTATIQUES ET SOLLICITATION DE LA PAROI (fig. 66 H)

La coupe ouvrant la maille et la rendant isostatique est faite au point A et les variables hyper-

⁽¹⁾ Certains auteurs se sont attachés au même problème, qu'ils traitent par d'autres méthodes moins simples. M. De Mars, notamment, y a consacré un travail qui a été primé par la Société Royale Belge des Ingénieurs et des Industriels. C'est ce travail qui nous a incité à reprendre la question et à poser les formules générales (XIX), qu'il suffit alors de particulariser à chaque cas.

statiques sont transportées au centre de souplesse C à l'aide de deux bras rigides prolongeant en C les deux lèvres de la coupe faite en A.

Les trois variables hyperstatiques ainsi transportées en C sont désignées par W_c , X_c et Z_c .

Les variables hyperstatiques transportées directement sur la section A sont le moment fléchissant M_A , l'effort tranchant T_A et l'effort longitudinal N_A .

On a les relations suivantes entre ces variables et les variables transportées en C :

$$\begin{aligned}
 M_A &= W_c - X_c \cdot r \\
 T_A &= Z_c \\
 N_A &= X_c
 \end{aligned}
 \tag{XIII}$$

Ayant les variables hyperstatiques en C, il est évident que des relations élémentaires donnent la sollicitation de la paroi en n'importe quel point D de celle-ci :

$$\begin{aligned}
 M_D &= W_c - X_c \cdot z - Z_c \cdot x \\
 T_D &= X_c \cdot \sin \alpha - Z_c \cdot \cos \alpha \\
 N_D &= X_c \cdot \cos \alpha + Z_c \cdot \sin \alpha
 \end{aligned}$$



La figure 66 h indique quelles sont les conventions de signe adoptées, les variables hyperstatiques y étant représentées positives.

On a vu plus haut (page 36) les signes à adopter pour les M, N et T sollicitant la paroi du tuyau.

EFFETS À PRENDRE EN CONSIDÉRATION

Dans le cas des anneaux relativement minces, les déformations produites par les efforts normaux et tranchants sont négligeables vis-à-vis de celles produites par les moments fléchissants.

Dans les calculs qui suivent il ne sera donc tenu compte que de celles-ci.

CALCUL DES VARIABLES HYPERSTATIQUES

Les inconnues hyperstatiques sont données par les expressions suivantes, lorsque les effets des N et T sont négligés (formules XII):

$$\begin{aligned} W_c &= + \frac{\int_0^{2\pi} \varepsilon \cdot M \cdot ds}{\int_0^{2\pi} ds} \\ X_c &= - \frac{\int_0^{2\pi} \varepsilon \cdot M \cdot z \cdot ds}{\int_0^{2\pi} z^2 \cdot ds} \\ Z_c &= + \frac{\int_0^{2\pi} \varepsilon \cdot M \cdot x \cdot ds}{\int_0^{2\pi} x^2 \cdot ds} \end{aligned} \quad (XIV)$$

expressions dans lesquelles :

$$\begin{aligned} ds &= r \cdot d\alpha \\ z &= r \cdot \sin \alpha \\ x &= r \cdot \cos \alpha \end{aligned} \quad (XV)$$

M : moment fléchissant en un point courant du contour de la section transversale du tuyau.

Les expressions précédentes sont souvent mises sous les formes :

$$\begin{aligned} W_c &= - \frac{P \cdot r}{2\pi} \cdot H \\ X_c &= \frac{P}{\pi} \cdot H' \\ Z_c &= \frac{P}{\pi} \cdot H'' \end{aligned} \quad (XVI)$$

P est une charge de référence à définir.

H, H', H'' sont des coefficients numériques dont la valeur dépend des conditions de distribution des charges extérieures.

EXPRESSION GÉNÉRALE DES VARIABLES HYPERSTATIQUES DANS LE CAS OÙ LE TUYAU EST SOUMIS UNIQUEMENT À L'ACTION DE FORCES RADIALES ET OÙ L'ÉPAISSEUR DU TUYAU EST CONSTANTE TOUT LE LONG DE LA SECTION TRANSVERSALE

Le produit E · I est donc une constante pour la section étudiée. Les formules donnant les variables hyperstatiques ont les formes précédemment justifiées (XIV); $\varepsilon = -1$, la variation angulaire locale se produisant dans le sens opposé au sens trigonométrique, d'où formules (XVIII).

En un point courant D du contour de la section, le moment fléchissant a pour expression (fig. 66 i et 66 j)

$$M = \sum_0^\alpha F \cdot r \cdot \sin(\alpha - \varphi) + \int_0^\alpha p \cdot r^2 \cdot \sin(\alpha - \gamma) \cdot d\gamma \quad (XVII)$$

Les calculs qui suivent impliquent que la coupe A ne soit jamais faite à l'aplomb d'une charge concentrée F, ce qui est toujours possible, car il n'y a pas une infinité de charges concentrées.

Les intégrales qui interviennent dans les calculs sont donc celles du tableau XIX.

En introduisant dans les formules (XVIII) les expressions obtenues pour les intégrales qui y entrent, il vient les formules (XX) du tableau ci-contre.

$$\begin{aligned} W_c &= - \frac{\int_0^{2\pi} M \cdot ds}{\int_0^{2\pi} ds} \\ X_c &= + \frac{\int_0^{2\pi} M \cdot z \cdot ds}{\int_0^{2\pi} z^2 \cdot ds} \\ Z_c &= - \frac{\int_0^{2\pi} M \cdot x \cdot ds}{\int_0^{2\pi} x^2 \cdot ds} \end{aligned} \quad (XVIII)$$

Etude de quelques cas particuliers de sollicitation

Dans la colonne de gauche des tableaux suivants, a été représenté schématiquement chacun des cas particuliers résolus. La colonne de droite donne les valeurs des coefficients H, H', H'' ; on indique également la valeur choisie pour P.

Remarque essentielle. — Les angles sont toujours comptés à partir du rayon OA et la coupe



$$\begin{aligned}
 a) \int_0^{2\pi} M \cdot r \cdot d\alpha &= \Sigma [F \cdot r^2 (1 - \cos \varphi)] + \Sigma \{ p \cdot r^3 [(\beta'' - \beta') - (\sin \beta'' - \sin \beta')] \} \\
 b) \int_0^{2\pi} M \cdot x \cdot r \cdot d\alpha &= \Sigma \left\{ F \cdot r^3 \left[\left(\pi - \frac{1}{2} \varphi \right) \cos \varphi + \frac{1}{2} \sin \varphi \right] \right\} + \\
 &\quad + \Sigma \left\{ p \cdot r^4 \left[\cos \beta' - \left(\pi - \frac{1}{2} \beta' \right) \sin \beta' - \cos \beta'' + \left(\pi - \frac{1}{2} \beta'' \right) \sin \beta'' \right] \right\} \\
 c) \int_0^{2\pi} M \cdot z \cdot r \cdot d\alpha &= \Sigma \left[F \cdot r^3 \left(-\pi + \frac{1}{2} \varphi \right) \sin \varphi \right] + \\
 &\quad + \Sigma \left\{ p \cdot r^4 \left[\frac{1}{2} \sin \beta' - \left(\pi - \frac{1}{2} \beta' \right) \cos \beta' - \frac{1}{2} \sin \beta'' + \left(\pi - \frac{1}{2} \beta'' \right) \cos \beta'' \right] \right\} \\
 d) \int_0^{2\pi} x^2 \cdot r \cdot d\alpha &= \pi \cdot r^3 \\
 e) \int_0^{2\pi} x^2 \cdot r \cdot d\alpha &= \pi \cdot r^3 \\
 f) \int_0^{2\pi} r \cdot d\alpha &= 2 \pi \cdot r
 \end{aligned}$$

(XIX)

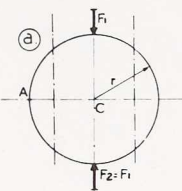
$$\begin{aligned}
 W_c &= \frac{P \cdot r}{2\pi} \left\{ \Sigma \frac{F}{P} (1 - \cos \varphi) + \Sigma \frac{P \cdot r}{P} [(\beta'' - \beta') - (\sin \beta'' - \sin \beta')] \right\} \\
 W_c &= - \frac{P \cdot r}{2\pi} \cdot H \\
 X_c &= \frac{P}{\pi} \left\{ -\Sigma \frac{F}{P} \left(\pi - \frac{1}{2} \varphi \right) \sin \varphi - \Sigma \frac{P \cdot r}{P} \left[\frac{1}{2} (\sin \beta'' - \sin \beta') - \pi (\cos \beta'' - \cos \beta') + \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. + \frac{1}{2} (\beta'' \cdot \cos \beta'' - \beta' \cdot \cos \beta') \right] \right\} \\
 X_c &= \frac{P}{\pi} \cdot H' \\
 Z_c &= \frac{P}{\pi} \left\{ -\Sigma \frac{F}{P} \left[\left(\pi - \frac{1}{2} \varphi \right) \cos \varphi + \frac{1}{2} \sin \varphi \right] + \right. \\
 &\quad \left. + \Sigma \frac{P \cdot r}{P} \left[(\cos \beta'' - \cos \beta') - \pi (\sin \beta'' - \sin \beta') + \frac{1}{2} (\beta'' \cdot \sin \beta'' - \beta' \cdot \sin \beta') \right] \right\} \\
 Z_c &= \frac{P}{\pi} \cdot H''
 \end{aligned}$$

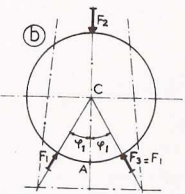
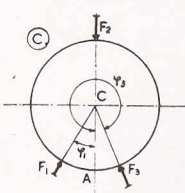
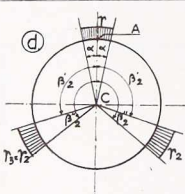
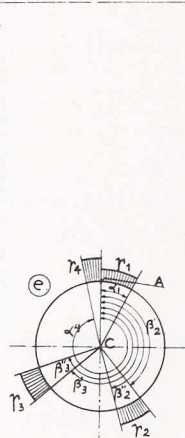
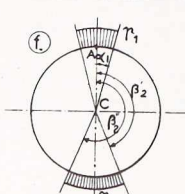
(XX)

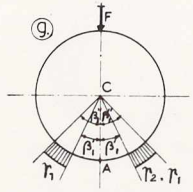
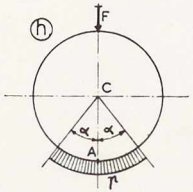
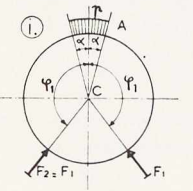
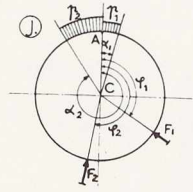
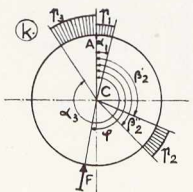
Formules générales (XX), dans le cas de forces radiales

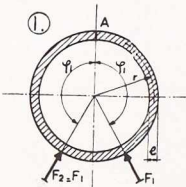
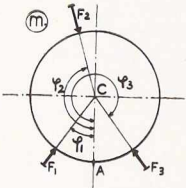
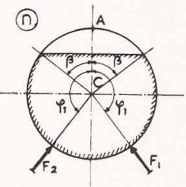
faite dans la paroi pour dégager les variables hyperstatiques se trouve en A, point dont il est essentiel de toujours noter la position.

Les bras rigides prolongeant les deux lèvres de la coupe au centre de souplesse sont donc dirigés suivant le rayon AC (fig. 66 H).

TYPE DE SOLLICITATION	Valeur choisie pour P	VALEUR DES COEFFICIENTS H, H' ET H''
	F ₁	$H = 2$ $H' = -\frac{\pi}{2}$ $H'' = 0$ <p>Les lignes verticales en traits interrompus représentent les lignes de poussée de chacune des deux moitiés de la section transversale du tuyau.</p>

TYPE DE SOLLICITATION	Valeur choisie pour P	VALEUR DES COEFFICIENTS H, H' ET H''
	F ₂	$H = 1 + \frac{1}{\cos \varphi_1}$ $H' = -\frac{1}{2} (\pi - \varphi_1) \operatorname{tg} \varphi_1$ $H'' = 0$ <p>Les lignes en traits interrompus représentent les lignes de poussée de chacun des trois secteurs séparés par les forces extérieures.</p>
	F ₂	$H = 1 + \frac{\sin \varphi_3 - \sin \varphi_1}{\sin (\varphi_3 - \varphi_1)}$ $H' = -\frac{1}{2} (\varphi_3 - \varphi_1) \frac{\sin \varphi_1 \cdot \sin \varphi_3}{\sin (\varphi_3 - \varphi_1)}$ $H'' = -\frac{\pi}{2} + \frac{1}{2} \frac{\varphi_1 \cdot \sin \varphi_3 \cdot \cos \varphi_1 - \varphi_3 \cdot \sin \varphi_1 \cdot \cos \varphi_3}{\sin (\varphi_3 - \varphi_1)}$
	p · r	$H = 2\alpha - 2 \frac{(\beta_2'' - \beta_2') \cdot \sin \alpha}{\sin \beta_2'' - \sin \beta_2'}$ $H' = -[\alpha + \pi + (\alpha - \pi) \cos \alpha] - \frac{\sin \alpha}{\sin \beta_2'' - \sin \beta_2'} [(\pi - \beta_2'') \cos \beta_2'' - (\pi - \beta_2') \cos \beta_2']$ $H'' = 0$
	p ₁ · r	$H = (\alpha_1 - \sin \alpha_1) - \frac{p_4}{p_1} (\alpha_4 - 2\pi - \sin \alpha_4) - \frac{p_2}{p_1} [(\beta_2'' - \beta_2') - (\sin \beta_2'' - \sin \beta_2')] - \frac{p_3}{p_1} [(\beta_3'' - \beta_3') - (\sin \beta_3'' - \sin \beta_3')]$ $H' = \left[-\frac{1}{2} \sin \alpha_1 - \pi (1 - \cos \alpha_1) - \frac{1}{2} \alpha_1 \cdot \cos \alpha_1 \right] + \frac{p_4}{p_1} \left[\frac{1}{2} \sin \alpha_4 + \pi (1 - \cos \alpha_4) - \frac{1}{2} (2\pi - \alpha_4 \cos \alpha_4) \right] - \frac{p_2}{p_1} \left[\frac{1}{2} (\sin \beta_2'' - \sin \beta_2') - \pi (\cos \beta_2'' - \cos \beta_2') + \frac{1}{2} (\beta_2'' \cos \beta_2'' - \beta_2' \cos \beta_2') \right] - \frac{p_3}{p_1} \left[\frac{1}{2} (\sin \beta_3'' - \sin \beta_3') - \pi (\cos \beta_3'' - \cos \beta_3') + \frac{1}{2} (\beta_3'' \cos \beta_3'' - \beta_3' \cos \beta_3') \right]$ $H'' = \left[(\cos \alpha_1 - 1) - \pi \cdot \sin \alpha_1 + \frac{1}{2} \alpha_1 \cdot \sin \alpha_1 \right] + \frac{p_4}{p_1} \left[(1 - \cos \alpha_4) + \pi \sin \alpha_4 - \frac{1}{2} \alpha_4 \cdot \sin \alpha_4 \right] + \frac{p_2}{p_1} \left[(\cos \beta_2'' - \cos \beta_2') - \pi (\sin \beta_2'' - \sin \beta_2') + \frac{1}{2} (\beta_2'' \cdot \sin \beta_2'' - \beta_2' \cdot \sin \beta_2') \right] + \frac{p_3}{p_1} \left[(\cos \beta_3'' - \cos \beta_3') - \pi (\sin \beta_3'' - \sin \beta_3') + \frac{1}{2} (\beta_3'' \cdot \sin \beta_3'' - \beta_3' \cdot \sin \beta_3') \right]$
	p ₁ · r	$H = 2\alpha + 2 \frac{\sin \alpha}{\sin \beta_2'} (\pi - \beta_2')$ $H' = -[\pi + (\alpha - \pi) \cos \alpha] - (\pi - \beta_2') \cdot \sin \alpha \cdot \operatorname{cotg} \beta_2'$ $H'' = 0$

TYPE DE SOLLICITATION	Valeur choisie pour P	VALEUR DES COEFFICIENTS H, H' ET H''
	F	$H = -1 - \frac{\beta'' - \beta'}{\sin \beta'' - \sin \beta'}$ $H' = -\frac{1}{2} - \frac{(\pi - \beta') \cos \beta' - (\pi - \beta'') \cos \beta''}{2(\sin \beta'' - \sin \beta')}$ $H'' = 0$
	F	$H = -1 - \frac{\alpha}{\sin \alpha}$ $H' = -\frac{1}{2} - \frac{\pi - (\pi - \alpha) \cos \alpha}{2 \sin \alpha}$ $H'' = 0$
	$p \cdot r$	$H = -2 \frac{\sin \alpha}{\cos \varphi} + 2 \alpha$ $H' = (\pi - \varphi) \sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi - \sin \alpha + (\pi - \alpha) \cos \alpha - \pi$ $H'' = 0$
	$p_1 \cdot r$	$H = \frac{F_1}{p_1 \cdot r} (1 - \cos \varphi_1) + \frac{F_2}{p_1 \cdot r} (1 - \cos \varphi_2) + (\alpha_1 - \sin \alpha_1) + \frac{p_2}{p_1} (2\pi - \alpha_2 + \sin \alpha_2)$ $H' = -\frac{F_1}{p_1 \cdot r} \left(\pi - \frac{1}{2} \varphi_1 \right) \sin \varphi_1 - \frac{F_2}{p_1 \cdot r} \left(\pi - \frac{1}{2} \varphi_2 \right) \cdot \sin \varphi_2 -$ $\left[\frac{1}{2} \sin \alpha_1 - \pi (\cos \alpha_1 - 1) + \frac{1}{2} \alpha_1 \cdot \cos \alpha_1 \right] +$ $+ \frac{p_2}{p_1} \left[\frac{1}{2} \sin \alpha_2 - \pi \cos \alpha_2 + \frac{1}{2} \alpha_2 \cdot \cos \alpha_2 \right]$ $H'' = -\frac{F_1}{p_1 \cdot r} \left[\left(\pi - \frac{1}{2} \varphi_1 \right) \cos \varphi_1 + \frac{1}{2} \sin \varphi_1 \right] -$ $- \frac{F_2}{p_1 \cdot r} \left[\left(\pi - \frac{1}{2} \varphi_2 \right) \cos \varphi_2 + \frac{1}{2} \sin \varphi_2 \right] +$ $+ \left[(\cos \alpha_1 - 1) - \pi \cdot \sin \alpha_1 + \frac{1}{2} \alpha_1 \cdot \sin \alpha_1 \right] +$ $+ \frac{p_2}{p_1} \left[(1 - \cos \alpha_2) + \pi \cdot \sin \alpha_2 - \frac{1}{2} \alpha_2 \cdot \sin \alpha_2 \right]$
	$p_1 \cdot r$	$H = \frac{F}{p_1 \cdot r} (1 - \cos \varphi) + (\alpha_1 - \sin \alpha_1) +$ $+ \frac{p_2}{p_1} \left[(\beta_2'' - \beta_2') - (\sin \beta_2'' - \sin \beta_2') \right] + \frac{p_3}{p_1} (\alpha_3 - \sin \alpha_3)$ $H' = -\frac{F}{p_1 \cdot r} \left(\pi - \frac{1}{2} \varphi \right) \sin \varphi - \left[\frac{1}{2} \sin \alpha_1 - \pi (\cos \alpha_1 - 1) + \frac{1}{2} \alpha_1 \cdot \cos \alpha_1 \right] -$ $- \frac{p_2}{p_1} \left[\frac{1}{2} (\sin \beta_2'' - \sin \beta_2') - \pi (\cos \beta_2'' - \cos \beta_2') + \right.$ $\left. + \frac{1}{2} (\beta_2'' \cdot \cos \beta_2'' - \beta_2' \cdot \cos \beta_2') \right] +$ $+ \frac{p_3}{p_1} \left[\frac{1}{2} \sin \alpha_3 + \pi (1 - \cos \alpha_3) - \frac{1}{2} (2\pi - \alpha_3 \cdot \cos \alpha_3) \right]$ $H'' = -\frac{F}{p_1 \cdot r} \left[\left(\pi - \frac{1}{2} \varphi \right) \cos \varphi + \frac{1}{2} \sin \varphi \right] + \left[(\cos \alpha_1 - 1) - \pi \sin \alpha_1 + \frac{1}{2} \alpha_1 \cdot \sin \alpha_1 \right] +$ $+ \frac{p_2}{p_1} \left[(\cos \beta_2'' - \cos \beta_2') - \pi (\sin \beta_2'' - \sin \beta_2') + \frac{1}{2} (\beta_2'' \cdot \sin \beta_2'' - \beta_2' \cdot \sin \beta_2') \right] +$ $+ \frac{p_3}{p_1} \left[(1 - \cos \alpha_3) + \pi \cdot \sin \alpha_3 - \frac{1}{2} \alpha_3 \cdot \sin \alpha_3 \right]$

TYPE DE SOLLICITATION	Valeur choisie pour P	VALEUR DES COEFFICIENTS H, H' ET H''
	$2\pi \cdot r \cdot e \cdot \Delta_1$	Effet du poids propre du tuyau, Δ_1 étant le poids spécifique du matériau. $H = -\frac{1}{\cos \varphi_1} - 1$ $H' = \frac{1}{4} + \frac{\pi - \varphi_1}{2} \operatorname{tg} \varphi_1$ $H'' = 0$
	F_2	$H = 1 - \frac{\cos \varphi_2}{\cos \varphi_1} \quad \varphi_3 = 2\pi - \varphi_1$ $H' = \frac{1}{2} (\pi - \varphi_1) \frac{\sin \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2}{\cos \varphi_1} - \frac{1}{2} (\pi - \varphi_2) \sin \varphi_2$ $H'' = \frac{1}{2} (\pi - \varphi_1) \frac{\cos \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2}{\sin \varphi_1} - \frac{1}{2} (\pi - \varphi_2) \cos \varphi_2$
	$\Delta_2 \cdot r^2$	Effet du poids d'un liquide, de poids spécifique Δ_2 , remplissant partiellement le tuyau. $H = -\frac{(\pi - \beta) + \frac{1}{2} \sin 2\beta}{\cos \varphi_1} + (\pi - \beta) + \frac{3}{8} \sin 2\beta + \frac{1}{4} \sin \beta -$ $-\frac{1}{4} \beta \cdot \sin \beta \cdot \sin 2\beta - \frac{1}{4} (2\pi - \beta)^2 \cdot \sin \beta$ $H' = +\frac{2(\pi - \beta) + \sin 2\beta}{4} (\pi - \varphi_1) \operatorname{tg} \varphi_1 +$ $+\frac{1}{8} (2\pi - \beta) (4 \cos^2 \beta + 4\beta \cdot \sin \beta + \sin \beta \cdot \sin 2\beta) + \frac{1}{2} \beta \cdot \sin^2 \beta +$ $+\frac{3}{8} \cdot \sin^2 \beta \cdot \sin 2\beta + \frac{1}{4} \sin 2\beta + \frac{1}{6} \sin \beta \cdot \sin 2\beta - \frac{1}{3} \sin \beta$ $H'' = 0$

Remarque générale. — Dans chacun des cas les forces extérieures sont en équilibre; elles doivent donc satisfaire aux deux équations d'équilibre de translation suivant l'horizontale et la verticale.

Conclusion. — Le travail précédent montre avec quelle aisance la méthode du centre de souplesse permet de traiter le problème d'une maille plane fermée.

L'étude présente, notamment pour le cas de

forces extérieures radiales, les formules tout à fait générale XIX. Dès que l'on connaît les trois variables hyperstatiques internes W_c , X_c et Z_c , le calcul est ramené à un problème de pure statique et les M, N et T en toute section sont aisément chiffrés.

Pour terminer nous tenons à remercier M. le Professeur BAES pour les conseils précieux qu'il ne nous a pas ménagés au cours de l'élaboration de ce mémoire.

L. B.



CHRONIQUE

Le marché de l'acier pendant les mois de janvier et février 1946

La production sidérurgique belge et luxembourgeoise a enregistré de nouveaux progrès en janvier 1946. En effet, les chiffres de production pour le premier mois de l'année s'élèvent à 152.801 tonnes pour les aciéries belges (contre 137.417 tonnes en décembre 1945) et à 70.383 tonnes pour les aciéries luxembourgeoises (contre 65.827 tonnes en décembre 1945).

Les quotas de coke ayant été réduits en février, les aciéries belges ont produit pendant ce mois 147.224 tonnes d'acier lingot.

Par contre, les aciéries luxembourgeoises ont légèrement augmenté leur production, celle-ci ayant atteint le chiffre de 73.887 tonnes.

En 1945, la Belgique a produit 712.870 tonnes et le Luxembourg 259.091 tonnes. Ces chiffres sont encore bien inférieurs à la production d'avant-guerre et n'atteignent respectivement que 19 % et 33 % de la production de 1937 et 1938, pour la Belgique, et 10 % et 18 %, pour le Luxembourg.

Toutefois, la production est en progression constante et on espère qu'à partir du mois de mai prochain l'amélioration des conditions de transport permettra de l'augmenter encore.

Les contingents mis à la disposition du marché intérieur sont légèrement augmentés, mais sont encore limités par le souci du Gouvernement d'assurer un minimum d'exportation à l'économie nationale. La construction, qui se trouve fort à court d'acier, et qui notamment n'a pas reçu d'importantes fournitures depuis longtemps, a vu cependant au cours des mois de janvier et février des cadences de livraison s'accroître légèrement. On doit espérer que l'amélioration se poursuivra et permettra aux ateliers de construction belges de travailler dans des conditions de stock un peu plus normales.

Les courants d'exportation amorcés l'an dernier ont continué à progresser; c'est ainsi que la sidérurgie belge a enlevé une commande suisse de 6.000 tonnes de rails et une commande argentine de 14.000 tonnes.

Les mouvements d'exportation vers les pays nordiques ont tendance à s'accroître, dans le cadre des accords commerciaux conclus. Par ailleurs, un courant assez intense d'importation de minerais suédois se poursuit depuis 1945.

Tous les marchés d'exportation sont empreints d'une grande fermeté et un flot d'ordres et de demandes de prix doivent être déclinés étant donné la situation de production actuelle et la nécessité de faire d'abord face aux besoins immenses du pays.

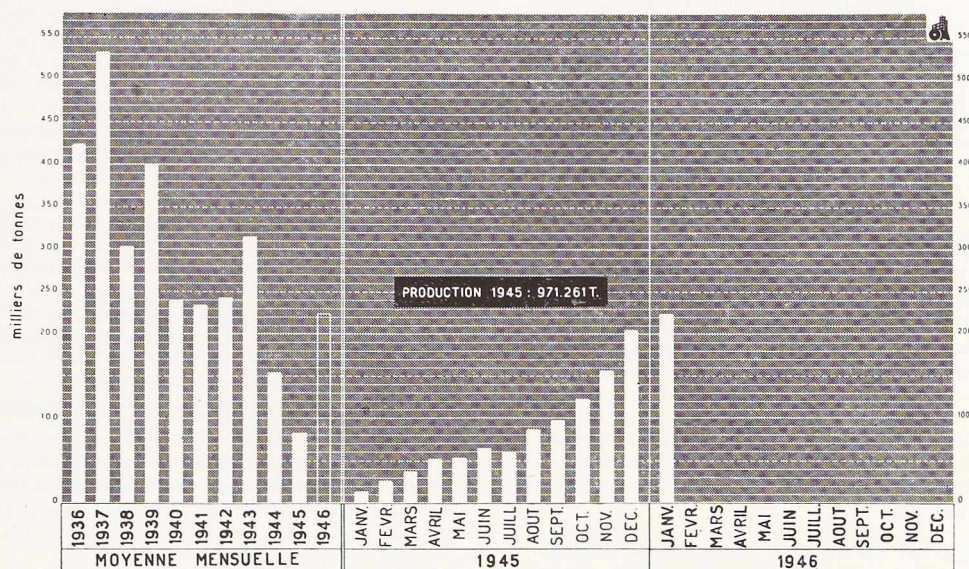


Fig. 67. Production des aciéries belges et luxembourgeoises.



Résistance des wagons métalliques au choc

Les accidents de chemin de fer ont montré à plusieurs reprises la bonne tenue des wagons métalliques. La figure 68 en est une nouvelle preuve. Il s'agit d'un wagon métallique, construit par la firme Ch. Roberts & C^o Ltd de Horbury Junction, Angleterre. Ce wagon, impliqué dans une sérieuse collision, a résisté malgré les déformations subies par sa caisse.

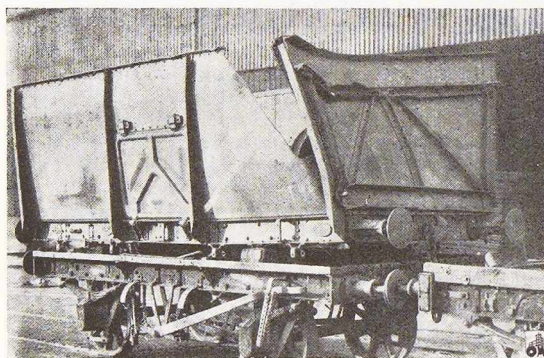


Fig. 68. Vue d'un wagon métallique accidenté.

La consommation d'acier de l'industrie des fabrications métalliques en Belgique

Il est difficile de se rendre compte avec exactitude de l'importance que représente l'ensemble de l'industrie des fabrications métalliques en tant que consommateur d'acier. Les statistiques relatives à ce domaine donnent lieu en effet à une interprétation nécessaire par suite des recoupements qu'il est pratiquement impossible d'éviter. Un travail récent réalisé par le groupement de l'industrie des fabrications métalliques donne cependant des indications particulièrement utiles et qui méritent d'être soulignées. L'industrie des fabrications métalliques consomme en Belgique approximativement 80.000 tonnes d'acier par mois en Belgique dont près de 30 % destinées à l'exportation constituent donc ce qu'on appelle une exportation indirecte d'acier. Sur ces 80.000 tonnes, les profilés interviennent pour un peu plus de 15 %, les aciers marchands pour plus de 20 %, les tôles fortes et moyennes pour environ 15 %, les tôles fines dans la même proportion, le fil machine pour 20 %, les feuillards à froid pour un peu plus de 10 %. Les constructeurs de ponts et charpentes sont les plus importants consommateurs d'acier de l'industrie des fabrications métalliques avec 30 % du tonnage total.

La tréfilerie est aussi l'un des gros consommateurs mettant en œuvre 15 % du tonnage d'acier. A côté d'elle la construction navale intervient directement pour 6 %, celle du matériel roulant également. On notera encore que le matériel élec-

trique industriel est un gros consommateur d'aciers marchands, de tôles fortes et moyennes et surtout de tôles fines, et que cette industrie consomme plus de 2.000 tonnes d'acier par mois. Enfin, on notera que les industries du travail de la tôle et de son emploi dans le bâtiment constituent par leur ensemble dès maintenant une consommation de près de 3.000 tonnes par mois.

Ces chiffres, pour intéressants qu'ils soient, ne doivent cependant pas nous faire perdre de vue que dans la plupart des pays d'un niveau industriel identique au nôtre, tels l'Angleterre, l'Amérique, l'Allemagne, la consommation intérieure d'acier est supérieure à la nôtre. On peut admettre en effet d'après les dernières statistiques que l'on consommait en 1937, par tête d'habitant : Amérique, 340 kg; Angleterre, 278 kg; Allemagne, 253 kg; Belgique et Luxembourg, 260 kg.

Isolation des maisons métalliques

Les maisons préfabriquées et notamment les maisons métalliques doivent être convenablement isolées contre le froid et la chaleur.

Parmi les matières les plus efficaces, figure la laine de verre, matériau qui est aujourd'hui fabriqué en quantité en Belgique.

Afin de se rendre compte des possibilités dans ce domaine, MM. Nihoul et Balbachevsky, directeur et ingénieur du Centre belgo-luxembourgeois d'Information de l'Acier, se sont rendus à Franière et ont visité les Usines de la S. A. Isoverbel.

Ces usines fabriquent deux types de produits isolants : l'ouate de verre et la soie de verre. La capacité de production en fibres de verre est de 180 tonnes par mois. Etant donné que ces produits ont une densité moyenne de 75 kg par m³, les usines sont à même de produire des matériaux isolants pour plus de 500 maisons par mois.

L'ouate de verre est produite en partant d'un calcin (chutes de verre) par fusion au four (procédé de centrifugation). Le coefficient de conductibilité de l'ouate de verre est de 0,028 à 0,030 calorie par mètre, heure et degré, ce qui veut dire qu'un centimètre d'ouate de verre a un pouvoir isolant équivalent à un mur en briques sèches de 20 cm d'épaisseur.

La soie de verre, produite par étirage, est employée principalement pour l'isolation phonique des parquets. Elle est plus dense et moins élastique que l'ouate de verre.

A noter que les isolants thermiques et phoniques à base de fibres de verre sont imputrescibles et incombustibles.

La production sidérurgique japonaise

D'après *Iron & Steel*, les aciéries japonaises viennent de reprendre récemment leur activité et produiront dans les mois à venir des quantités suffisantes pour couvrir les besoins civils. La production totale sera vraisemblablement limitée à 2.000.000 tonnes d'acier par an.

L'acier sera obtenu en partant des mitrailles et notamment du matériel de guerre désaffecté, parmi lequel on compte 30 sous-marins.



Bibliothèque

Nouvelles entrées (1) :

The Builders of the Bridge (Les bâtisseurs du pont)

par D. B. STEINMAN

Un volume relié de 457 pages, format 14 × 21 cm, illustré de 18 planches. Edité par Harcourt, Brace & Co, New-York, 1945. Prix : 3,50 dollars.

La construction du pont de Brooklyn à New-York, œuvre maîtresse des constructeurs américains John Roebling et son fils Washington Roebling, forme la trame principale de l'attachant volume de M. Steinman. L'auteur, dont les lecteurs trouveront un article dans le présent numéro de notre revue, a voulu rendre hommage à l'habileté technique et au courage des pionniers que furent les Roebling.

A côté de l'histoire du pont suspendu de Brooklyn (inauguré en 1883) on trouvera dans le livre de M. Steinman des descriptions fort intéressantes d'autres ponts construits par les Roebling : le Mongahela Bridge à Pittsburgh, le pont-rails du Niagara, le Cincinnati-Covington Bridge et le pont Allegheny à Pittsburgh.

Ce remarquable ouvrage technique se lit avec un intérêt complet de bout en bout et il faut féliciter son auteur de l'élégance et de la précision de son exposé.

Mémoires de l'Association Internationale des Ponts et Charpentes (Vol. VII)

Un volume de 387 pages, format 17 × 24 cm. Edité par A. G. Gebr. Leeman & Co, Zurich, 1943-44.

Le septième volume des Mémoires de l'Association internationale des Ponts et Charpentes contient 18 communications techniques et scientifiques, dont 5 en français, 12 en allemand et 1 en anglais. Les titres des communications intéressant la construction métallique sont les suivants :

Un rapport inconnu de Navier (F. Stüssi).

Sur le calcul des ponts suspendus pour des charges verticales et horizontales (A. Aas-Jacobsen).

La sécurité au flambage des membrures comprimées de ponts ouverts (Z. Bazant).

(1) Tous les ouvrages analysés sous cette rubrique peuvent être consultés en notre salle de lecture, 14, rue Van Orley, à Bruxelles, ouverte de 9 à 17 heures tous les jours ouvrables (les samedis : de 9 à 12 heures).

Décomposition des coefficients d'influence dans les problèmes de vibration et de flambage (Détermination approchée de fréquences ou de charges critiques) (F. Buckens).

La méthode combinée des forces et des déformations (A. Efsen).

Le calcul des plaques obliques par la méthode des équations aux différences (H. Favre).

Poutres creuses traitées en « toits plissés » (E. Gruber).

Limite de plasticité par suite de charges locales du demi-espace (K. Hruban).

Stabilité des dalles comprimées dans les domaines élastique et plastique (Rapport sur les essais) (C. F. Kollbrunner).

Oscillations des clochers encastrés élastiquement dans le terrain (P. Lardy).

Influence de la déformabilité aux efforts tranchants sur la résistance au flambage des poutres à âme pleine ou en treillis (A. de Marneffe).

Encastrement élastique et flambage des colonnes (A. Paris).

Calcul du treillis latéral des ponts suspendus (A. Selberg).

Flambage et oscillations latérales des poutres en arc (F. Stüssi).

La détermination de la ligne de flexion des poutres en treillis au moyen de la méthode des équations aux différences (N. Zeleny).

Comme les volumes précédents des Mémoires de l'A.I.P.C., le septième volume, dont tous les exposés sont dus à des spécialistes, constitue une contribution très utile à l'étude des problèmes posés à l'ingénieur par la « Stabilité » des constructions.

Materiallehre (Etude des matériaux)

par H. CHRISTEN

Un volume relié de 496 pages, format 15 × 21 cm, illustré de 139 figures. Edité par Huber & Co, Frauenfeld (Suisse), 1945. Prix : 20 francs suisses.

Cet ouvrage traite en ordre principal de l'acier depuis l'extraction du minerai jusqu'au traitement thermique en passant par la description des hauts-fourneaux, des convertisseurs, des laminoirs ainsi que de la confection des moules.



Une deuxième partie passe en revue tous les autres métaux ainsi que les divers alliages.

Une dernière partie comprend les matériaux non métalliques tels que bois, cuir, abrasifs, matériaux d'isolation thermique, combustibles, etc.

Cet ouvrage, comprenant de nombreux renvois bibliographiques se termine par divers tableaux, tels que : chaleurs spécifiques et densités de divers matériaux tant solides que liquides et gazeux; coefficient de dilatation; températures de fusion et de solidification; coefficients de transmission de la chaleur; résistances spécifiques électriques ainsi que divers prix de matériaux et produits finis (entre 1914 à 1945).

Traité de plasticité pour l'ingénieur

Un ouvrage de 170 pages, format 15 × 22 cm, illustré de 118 figures. Edité par H. Vaillant-Carmanne, Liège, 1944. Prix : 110 francs.

La théorie de l'élasticité révèle des tensions excessives au fond des entailles pratiquées dans les pièces de construction. Mais la ductilité de l'acier atténue le danger de rupture du moins dans le cas de charges statiques. On accepte sans preuve que le métal se déforme lorsque la sollicitation atteint la limite élastique. L'application de la théorie de la plasticité plane au problème des entailles donne des résultats intéressants. Des essais, entrepris aux Pays-Bas pour contrôler la théorie, révélèrent des faits nouveaux, par exemple que le métal commence à déchirer dans l'angle après une certaine déformation assez restreinte.

Ce sont ces faits qui ont conduit l'auteur à écrire son livre, dont les principaux chapitres traitent des problèmes suivants : L'équilibre interne des tensions et de la plasticité — Les déformations plastiques prises des entailles — La théorie de la plasticité à trois dimensions — La tension idéale selon la théorie de la plasticité — L'essai de plasticité par empreinte à la bille ou essais de Brinell — La barrette cylindrique entaillée — La torsion — La rupture — Applications.

Steel and its practical applications, 2^e édition (L'acier et ses applications pratiques)

par W. BARR et A. J. K. HONEYMAN.

Un volume relié de 156 pages, format 12 × 18 cm, illustré de 120 figures. Edité par Blackie and Son Ltd, Londres, 1945. Prix : 8 s. 6 d.

Le but de l'ouvrage de MM. Barr et Honeyman est de mettre à la disposition des ingénieurs un ouvrage décrivant d'une façon simple et claire, la

nature des métaux ferreux, les traitements qu'ils ont à subir pour satisfaire telle exigence particulière et les moyens par lesquels il est possible de déceler leurs défauts. Le travail des métaux s'il est très vieux en tant que « art » est très jeune en tant que « science ».

Beaucoup de sujets tels la fragilité au revenu, le mécanisme de la corrosion, etc., sont encore controversés, d'autres problèmes (le fluage, la soudabilité) semblent avoir reçu des solutions satisfaisantes.

Les auteurs ont fait le point, et cela d'une façon magistrale, de ces questions qui intéressent tout ingénieur engagé dans la métallurgie ou la construction métallique. Parmi les chapitres citons notamment : Essais — Structure et propriétés du fer — Elaboration de l'acier — Traitement thermique — Aciers alliés — Aciers travaillés à froid — Aspects métallurgiques de la soudure — Défauts dans l'acier et leur détection.

La fatigue des métaux

2^e édition, par R. CAZAUD et L. PERSOZ.

Un ouvrage de 260 pages, format 16 × 25 cm, illustré de 193 figures. Edité par Dunod, Paris, 1943. Prix : 262 francs français.

Cet ouvrage, d'un intérêt technique indiscutable, est préfacé par M. Caquot, membre de l'Institut de France. La première édition, parue en 1937, a été analysée dans *L'Ossature Métallique* n° 10, 1937, p. 507.

La fatigue étant presque toujours la cause de la rupture des pièces métalliques en service, des études systématiques de ce phénomène ont été entreprises tant en France qu'à l'étranger. Ces faits ont décidé les auteurs à publier une deuxième édition de leur livre dans laquelle ils analysent les principaux travaux effectués et fournissent les résultats d'essais personnels sur la question de la fatigue des métaux.

Les principaux chapitres de ce magistral ouvrage sont les suivants : Historique — Mécanisme de la fatigue — Les essais de fatigue — Limites de fatigue des métaux et alliages — Influence de divers facteurs sur la fatigue — Résistance des assemblages à la fatigue — Conclusion.

Guide des charbonnages

Un volume de 176 pages, format 13,5 × 21,5 cm. Edité par les Guides Hallet, Bruxelles, 1945. Prix 100 francs.

Cet ouvrage, qui fait partie de la série des guides industriels Hallet, contient à côté d'une liste alphabétique des charbonnages, une documentation sur chaque exploitation. Les renseignements figurant dans ce guide se rapportent aux charbonnages belges et hollandais.



Bibliographie

La bibliothèque du Centre belgo-luxembourgeois d'Information de l'Acier recevait, avant la guerre, le service d'environ 275 revues techniques émanant des principaux pays. La liste de ces revues a paru dans le numéro 2, 1939, de *L'Ossature Métallique*, ainsi que dans le Catalogue de la Bibliothèque du C.B.L.I.A. (1).

Dès après la libération du pays, nous avons renoué nos contacts avec l'étranger. On trouvera ci-dessous la liste des revues reçues actuellement par la bibliothèque.

Toutes les revues, reçues par le Centre belgo-luxembourgeois d'Information de l'Acier, sont dépouillées régulièrement et les études concernant l'acier et ses applications sont indexées méthodiquement les quelque 20.000 fiches classées à l'heure actuelle constituent un répertoire complet, depuis le début de 1934, des documents sur l'acier parus au cours de ces années. Leur consultation permet de retrouver immédiatement toutes études ou ouvrages concernant une question déterminée (2).

Liste des périodiques reçus par le Centre belgo-luxembourgeois d'Information de l'Acier, établie au 1^{er} janvier 1946.

Revues belges et luxembourgeoises

Alliance industrielle, Bruxelles.
Annales des Travaux Publics, Bruxelles.
Architecture (Art de bâtir), Bruxelles.
Belgique-Amérique Latine, Bruxelles.
Bulletin Commercial Belge, Bruxelles.
Bulletin de la Chambre de Commerce, Bruxelles.
Bulletin d'Information et de Documentation de la Banque Nationale de Belgique, Bruxelles.
Bulletin de la Société d'Etudes et d'Expansion, Liège.
Bulletin du C. C. I., Bruxelles.
Chaufferies, Bruxelles.
Chimie des Peintures, Bruxelles.
Chronique de l'Entreprise et de l'Industrie, Bruxelles.
Document, Bruxelles.
Echo de l'Industrie, Luxembourg.
Industriel, Bruxelles.
Maison, Bruxelles.
Ossature Métallique, Bruxelles.
Publications de l'A. I. Ms., Mons.
Revue de l'Union des Anciens Etudiants de l'U. L. B., Bruxelles.
Revue de la Soudure de l'I. B. S., Bruxelles.
Revue Universelle des Mines, Liège.
Science & Technique, Bruxelles.
Standards, Bruxelles.
Technisch-Wetenschappelijk Tijdschrift, Anvers.
Trains, Bruxelles.

(1) Nos abonnés peuvent se procurer un exemplaire de ce catalogue (éd. 1944) au prix de 40 francs.

(2) Toute la documentation du C. B. L. I. A. peut être consultée en notre salle de lecture.

Revues brésiliennes

A Casa, Rio de Janeiro.

Revues colombiennes

Ingenieria y Arquitectura, Bogota.

Revues danoises

Bygmesteren, Copenhague.

Revues de l'Empire britannique

Architectural Association Journal, Londres.
Architectural Design and Construction, Londres.
Building, Westminster.
Building Science Abstracts, Watford.
Bulletin of the Iron and Steel Institute, Londres.
Civil Engineering, Londres.
Engineer, Londres.
House-BUILDER and Estate Developer, Londres.
Iron and Coal Trades Review, Londres.
Iron and Steel, Londres.
Journal of the Institution of Civil Engineers, Londres.
Machinery Lloyd, Leicester.
Man and Metal, Londres.
National Builder, Londres.
Railway Gazette, Londres.
Structural Engineer, Londres.
Tin and its Uses, Greenford.
Transactions of the Institute of Welding, Londres.
Welding, Londres.
Welder, Waltham Cross.



Revues espagnoles

Ferrocarriles y Tranvías, Madrid.
Metalurgia y Electricidad, Madrid.
Revista Nacional de Arquitectura, Madrid.
Revista de Obras Públicas, Madrid.
Técnica Metalúrgica, Barcelone.

Revues des Etats-Unis

A.S.T.M. Bulletin, Philadelphia.
Construction Methods, New-York.
Engineering News-Record, New-York.
Metal Progress, Cleveland.
Metals Review, Cleveland.
Review of the American Society for Metals, Cleveland.
Steel Construction Digest, New-York.
Welding Engineer, Chicago.

Revues françaises

Acier (O. T. U. A.), Paris.
Annales des Ponts et Chaussées, Paris.
Architecture d'Aujourd'hui, Boulogne.
Architecture française, Paris.
Bulletin de la Société des Ingénieurs civils de France, Paris.
Chronique de France, Paris.
Circulaire de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, Paris.
L'Homme et l'Architecture, Paris.
Génie Civil, Paris.
Journal de la Marine Marchande, Paris.
Marchés coloniaux, Paris.
Mémoires de la Société des Ingénieurs Civils de France, Paris.
Métallurgie, Paris.
Métaux et Civilisation, Saint-Germain-en-Laye.
Métaux, Corrosion et Usure, Saint-Germain-en-Laye.
Productions Françaises, Paris.
Revue de l'Aluminium, Paris.
Revue Nautique, Paris.
Revue de l'Industrie Minérale, Paris.
Revue de Métallurgie, Paris.
Science et Vie, Paris.
Technica, Lyon.

Technique Moderne, Paris.
Techniques et Architecture, Paris.
Travaux, Paris.
Usine Nouvelle, Paris.

Revues hollandaises

Laschtechnik, Haarlem.
T. G. Bouwstoffen, Deventer.

Revues italiennes

Giornale del Genio Civile, Rome.

Revues mexicaines

Revista Mexicana Ingeniería y Arquitectura, Mexico.

Revues portugaises

A Arquitectura Portuguesa, Lisbonne.
Chambre de Commerce belge au Portugal, Lisbonne.
Revista da Ordem dos Engenheiros, Lisbonne.
Técnica, Lisbonne.

Revues suédoises

Teknisk Tidskrift, Stockholm.

Revues suisses

Bulletin technique de la Suisse romande, Lausanne.
Entreprise Suisse, Zurich.
Journal de la Soudure, Bâle.
Revue Polytechnique, Genève.
Schweizer Archiv, Soleure.
Schweizerische Bauzeitung, Zurich.
S.T.Z., Zurich.
Suisse Industrielle et Commerciale, Lausanne.
Technique Suisse, Lausanne.
Technische Rundschau, Berne.
Von Roll Mitteilungen, Gerlafingen.

Revues de l'U. R. S. S.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences de l'U. R. S. S., Moscou.
Stroitel'naja Promyshlennost, Moscou.

Articles à paraître prochainement :

Résistance des ossatures métalliques aux bombardements.

Les constructions préfabriquées, système Prouvé.

Le pont métallique soudé de Tordera (Espagne).

Calcul des assemblages rivés, par F. H. Frankland.

Le nouveau pont de Saint-Cloud.



Le décapage

Oxy-Acétylénique

Assure des surfaces

- *sèches*
- *tièdes*
- *adhérentes*

*avant
peinturage...
et*



J. Em. Dupuis

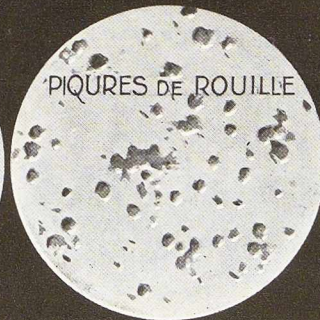
SUPPRIME

SOUFFLURES

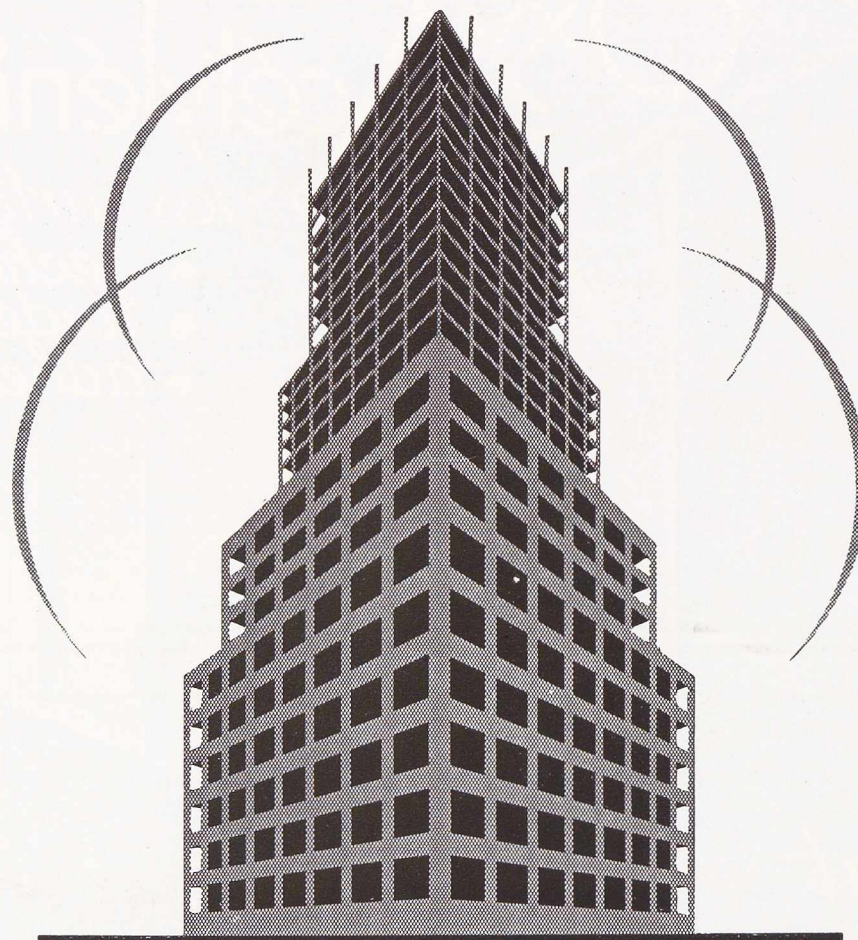
ÉCAILLES

PIQÛRES DE ROUILLE

RIDES



par l'emploi des BRULEURS DE DÉCAPAGE DE
"L'AIR LIQUIDE, S.A.", 31, Quai Orban, Liège



La Société Anonyme des Anciens Établissements Paul Wurth, à Luxembourg, occupe le premier rang parmi les ateliers de construction du Grand-Duché. Son activité s'étend :

- 1° **AUX PONTS ET CHARPENTES**, construction de ponts, charpentes et tous travaux de grosse chaudronnerie;
- 2° **AUX APPAREILS DE LEVAGE ET DE MANUTENTION** : ponts-roulants, palans, treuils, monorails, grues, chevalets, monte-charges, transbordeurs, chariots à laitier, chariots-automoteurs pour transport de bennes à minerai et à coke ;
- 3° **A LA FONDERIE D'ACIER ET MÉCANIQUE GÉNÉRALE**, tous moulages d'acier bruts, dégrossis et finis, toutes parties mécaniques complètes ajustées, engrenages taillés.

Chacune de ces divisions a son bureau d'études autonome dirigé par des ingénieurs spécialisés.

Une notice détaillée vous sera envoyée volontiers sur demande adressée à la

SOCIÉTÉ ANONYME DES ANCIENS ÉTABLISSEMENTS
PAUL WURTH • LUXEMBOURG

CLICHES

POUR TOUTES IMPRESSIONS

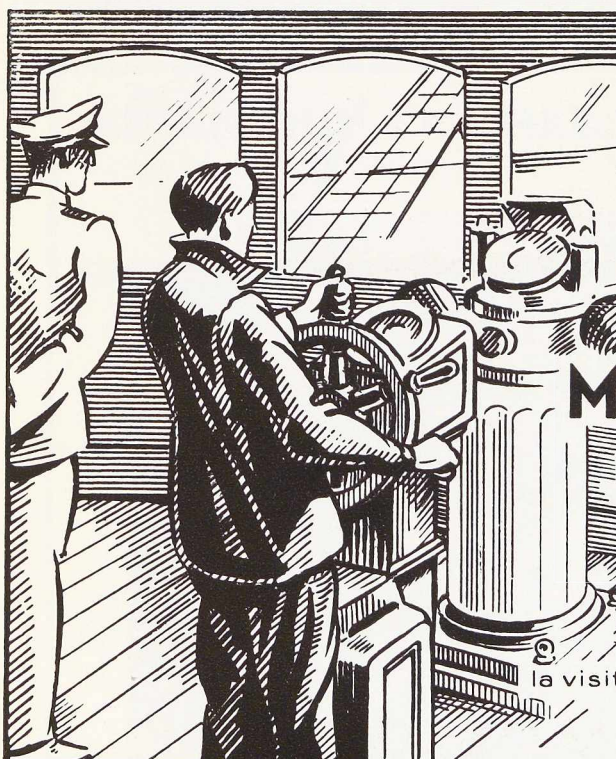
ÉTABLISSEMENTS DE PHOTOGRAVURE

TALLON & C^oS.A

22 - 26, RUE SAINT-PIERRE, BRUXELLES


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

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



ÉQUIPEMENTS
pour
MACHINES A GOUVERNER
TOUT ÉLECTRIQUE
& HYDRO-ÉLECTRIQUE

Consultez-nous ou demandez
la visite de nos ingénieurs spécialistes.



ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DE CHARLEROI
SOCIÉTÉ ANONYME

M₁

TOLES

ACIER SIEMENS-MARTIN

de toutes nuances
pour tous usages

Depuis 1 mm jusqu'à 200 mm d'épaisseur

Largeur maximum des tôles : 3 m 500

Longueur maximum des tôles : 30 m

S. A. FABRIQUE DE FER DE CHARLEROI
CHARLEROI (BELGIQUE)

ENTREPRISES GÉNÉRALES DE MONTAGE

A. LECLERCQ et A. GREUSE

Société en nom collectif

66, rue Lieutenant Liedel, BRUXELLES - Tél. 21.53.74

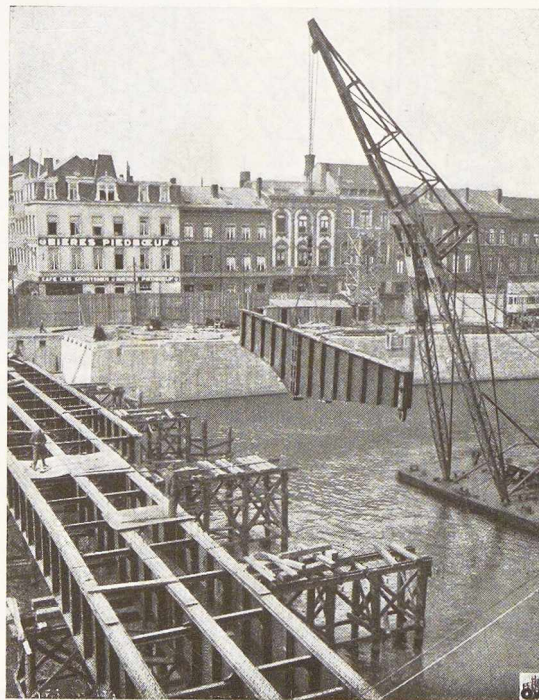
Quelques-uns des principaux travaux exécutés ces derniers temps.

Ponts soudés : Beeringen, Paal, Tessenderloo, Kwaadmechelen, Port houiller de Paal et Zolder, Oeselghem.

Ponts rivés : Hérenthals, Kwaadmechelen, Curange, Oolen, Termonde.

Divers : Ecluses d'Oolen et Kwaadmechelen — Centrale intervapeur Verviers (Bâtiments, chaudières et accessoires) — Centrale de Monceau — Bâtiment Hôpital académique de Gand — Châssis à molettes d'Hensies.

Jonction Nord-Midi : Ensemble des tabliers métalliques à la Gare du Midi.



Montage d'un tronçon d'une maîtresse-poutre du pont de Longdoz, à Liège.



légère, indéformable standardisée pour l'intérieur

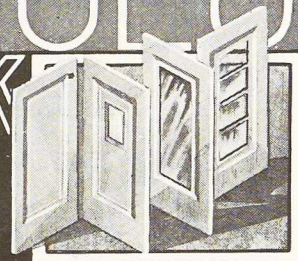
PORTES

METALLIQUES

VANDERPLANCK

(Tel: MANAGE 124) FAYT · LEZ · MANAGE

S. P. R. L.



Studio Simar-Stevens

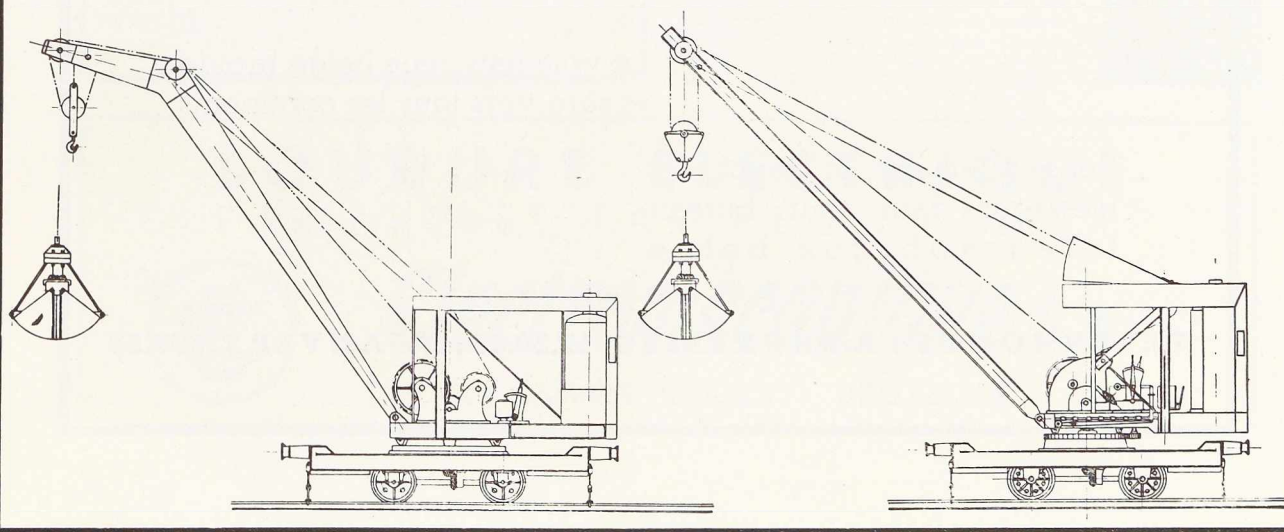
MÉCANIQUE ET CHAUDRONNERIE DE BOUFFIOULX

Société Anonyme

Anciennement « LA BIESME »

BOUFFIOULX (lez Châtelineau)

GRUES-LOCOMOTIVES à vapeur et électriques
SAUTERELLES, TRANSPORTEURS, GRAPPINS, APPAREILS DE LEVAGE ET DE MANUTENTION
Mécanique Générale - Chaudronnerie



ENROBAGES COMPRIMÉS A LA PRESSE

*Pourquoi ? — Qualité !
Régularité !*

SOUDOMETAL S. A.

LICENCE DES PROCÉDÉS OERLIKON

SPÉCIALITÉ D'ÉLECTRODES DE HAUTE QUALITÉ
POUR ACIERS DOUX ET SEMI-SPÉCIAUX

SOUDOMÉTAL, SOCIÉTÉ ANONYME

Adm. Dél. : Daniel LAGRANGE
Ingénieur A. I. Br. - A. I. Lg.

BUREAUX ET USINES :
83, CHAUSSÉE DE RUYSBROECK
FOREST-BRUXELLES
TÉL. 43.45.65 R. C. B. 108.263

TELEGARPHIEZ OUTRE-MER

VIA BELRADIO

La voie nationale belge rapide
et sûre vers tous les continents

Renseignements et dépôt des
messages dans tout bureau
télégraphique belge

TELEPHONES : A BRUXELLES 12.30.00 ; A ANVERS 399.50

PHENIX-WORKS

SOCIÉTÉ ANONYME
FLEMALLE-HAUTE
(LIÈGE)

TOLES GALVANISÉES, ONDULÉES ET MI-ONDULÉES
POUR MAISONS PREFABRIQUÉES

Les Ateliers de construction

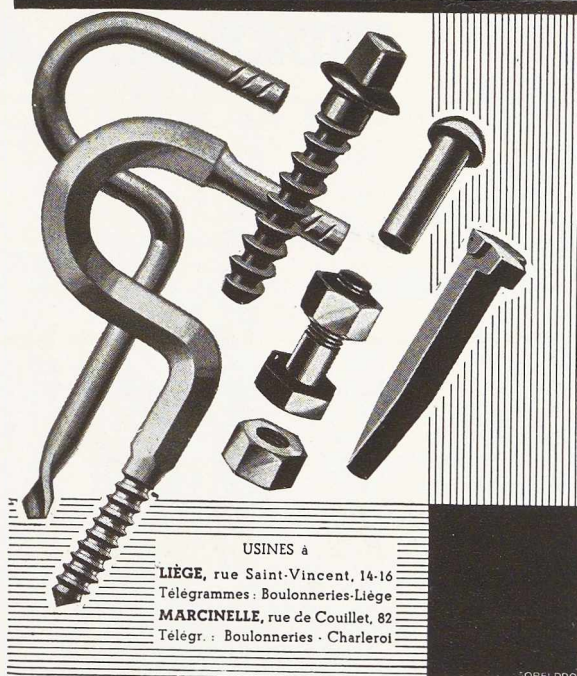
Ventola

S. A.

GAND, 155, Haut-Chemin. Tél. 516.19

VENTILATEURS - TOLERIE - AÉROTHERMES
SECHAGE - TRANSPORT PNEUMATIQUE
FILTRAGE - ETC., ETC.

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



USINES à

LIÈGE, rue Saint-Vincent, 14-16

Télégrammes : Boulonneries-Liège

MARCINELLE, rue de Couillet, 82

Télegr. : Boulonneries - Charleroi

BORELDRO

SOUDURE ÉLECTRIQUE
PAR ARC ET PAR RÉSISTANCE



Electromecanique S. A.

19, RUE LAMBERT CRICKX BRUXELLES

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

Catalogue des Profilés laminés en Belgique et au Luxembourg . . .	Frs 100,-
Abaques et Tableaux pour le calcul rapide des constructions métalliques, par H. M. SCHNADT	Frs 150,-
Tableaux pour le calcul rapide des poutres à âme pleine, par O. HOUBRECHTS	Frs 150,-
Abaque Général de Flambage, par H. M. SCHNADT	Frs 40,-
Album de Macrographies pour la réception des tôles et larges plats en acier calmé, par la Commission Mixte des Aciers	Frs 40,-
Catalogue de la Bibliothèque du C.B.L.I.A.	Frs 40,-

INDEX DES ANNONCEURS

Pages		Pages	
A		J	
A.C.E.C.	27	S. A. Ateliers de Construction Jambes	
A.C.M.T.	19	Namur	13
L'Air Liquide	25	L	
Arcos, « La Soudure Electrique Auto-gène »	24	Leclercq & Greuze	28
Ateliers Métallurgiques Nivelles	14	M	
B		Marigrée, Société Commerciale d'Ougrée	5
Belradio.	30	N	
Ateliers de Bouchout et Thirion Réunis. Mécanique et Chaudronnerie de Bouffioulx, S. A.	10	Nobels-Peelman.	couv. IV
S. A. des Boulonneries de Liège et de la Blanchisserie	29	O	
La Brugeoise et Nicaise & Delcuve	31	L'Oxydrique Internationale	21
B.S.E.W.	14	P	
C		Phénix Works	31
Cockerill	15	S	
Columeta	8-9	S.K.F.	23
D		Someba	18
Davis & C ^{ie}	12	Soudométal	30
Davum	17	T	
Alexandre Devis & C ^o	6	Ets Tallon	27
E		Imprimerie Georges Thone	20
Electromécanique	31	Le Titan Anversois	16
Société Métallurgique d'Enghien-Saint-Eloi	couv. II	Usines à Tubes de la Meuse	22
E.S.A.B.	2	V	
F		Ateliers Vanderplanck, S.P.R.L.	27
Fabrique de Fer de Charleroi	28	Ventola	31
G		W	
Gilsoco	11	Anciens Ets Paul Würth	26
		U	
		Ucométal	7

LA BRUGEOISE
ET NICAISE
& DELCUVE



STUDIO SIMAR STEVENS

A. E. M.

NOBELS-PEELMAN

ST.-NICOLAS-WAES BELGIQUE

P O N T S
C H A R P E N T E S
T A N K S
W A G O N S

GULF

Téléphone 13 • Adresse Télégraph : Ateliers

C. NEERLANDAISE S.A. ZOTI
A BRUXELLES
TRANSPORT D'UNE
SÉRIE BELGE ET
SERVIER VAN
ZWIJZER 60 B

C. NEERLANDAISE S.A. ZOTI
A BRUXELLES
TRANSPORT D'UNE
SÉRIE BELGE ET
SERVIER VAN
ZWIJZER 60 B

L. O W Y K E R E M E T A L L I E C H E Z O T I N I J O & O