

L'OSSATURE METALLIQUE

16^e ANNÉE

6

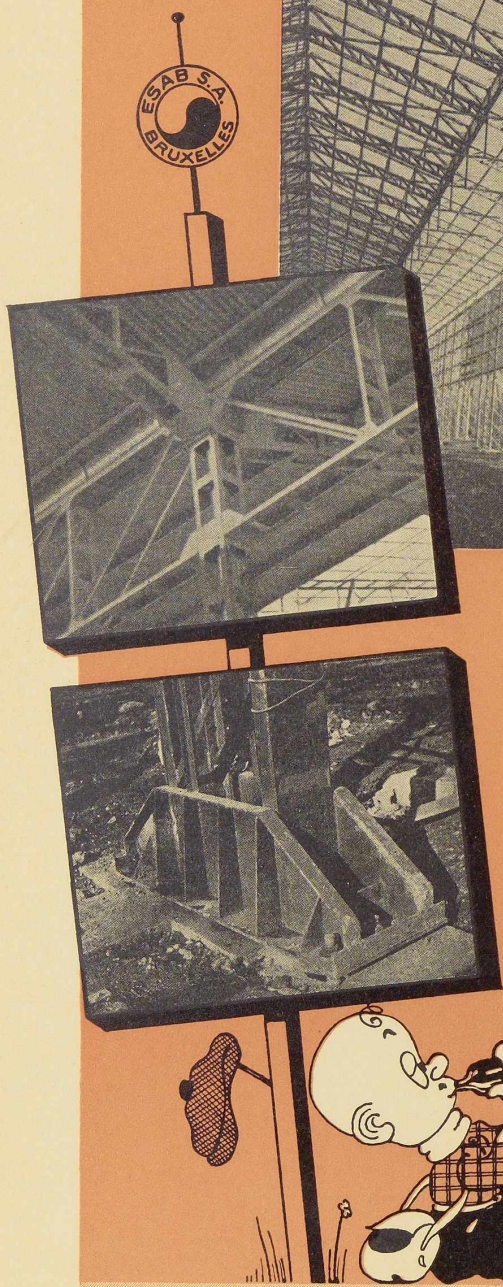
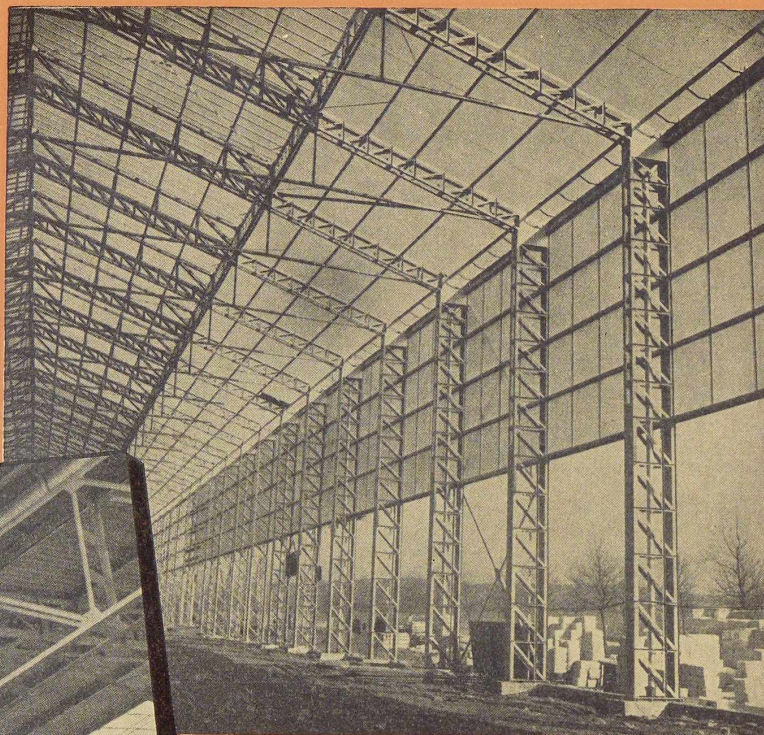
JUIN 1951



UNIVERSITEIT GENT
AFDEELING voor BOUWKUNST
22, Plateaustraat GENT



REALISATION
PUBLIGRAPHE
BRUXELLES
TEL. 37.91.85



LE NOUVEAU HALL
DE LA METALLURGIE
DE LA FOIRE INTER-
NATIONALE DE LIEGE
CONSTRUCTEUR :

S. A. D'OUGREE-MARIHAYE

réalisé avec ...

OK47P

ESAB

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

SAMBRE-ESCAUT

HEMIKSEM-BELGIUM

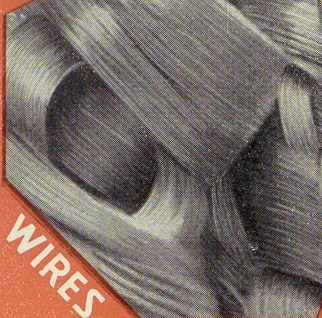
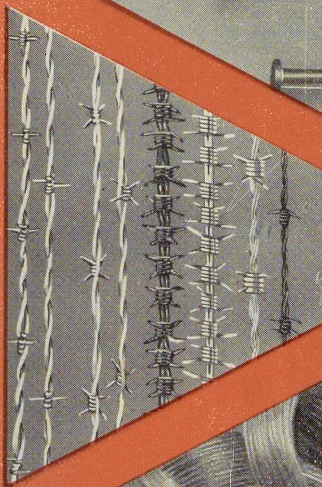
SCREWS

RIVETS

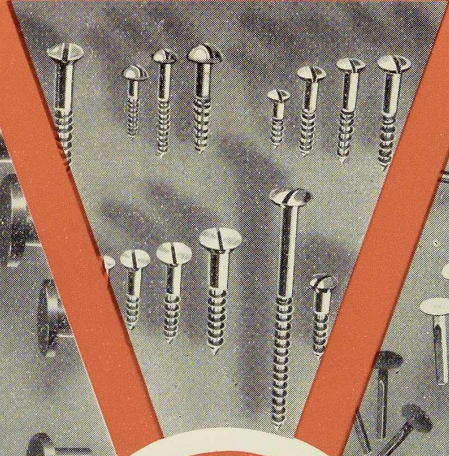
NAILS

BARBED
WIRE

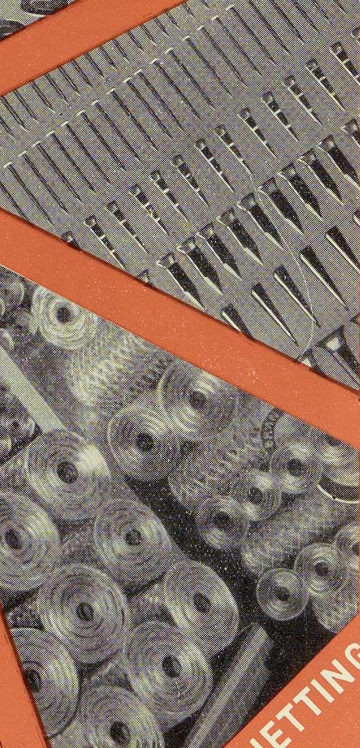
TACKS
& HOBS



WIRES

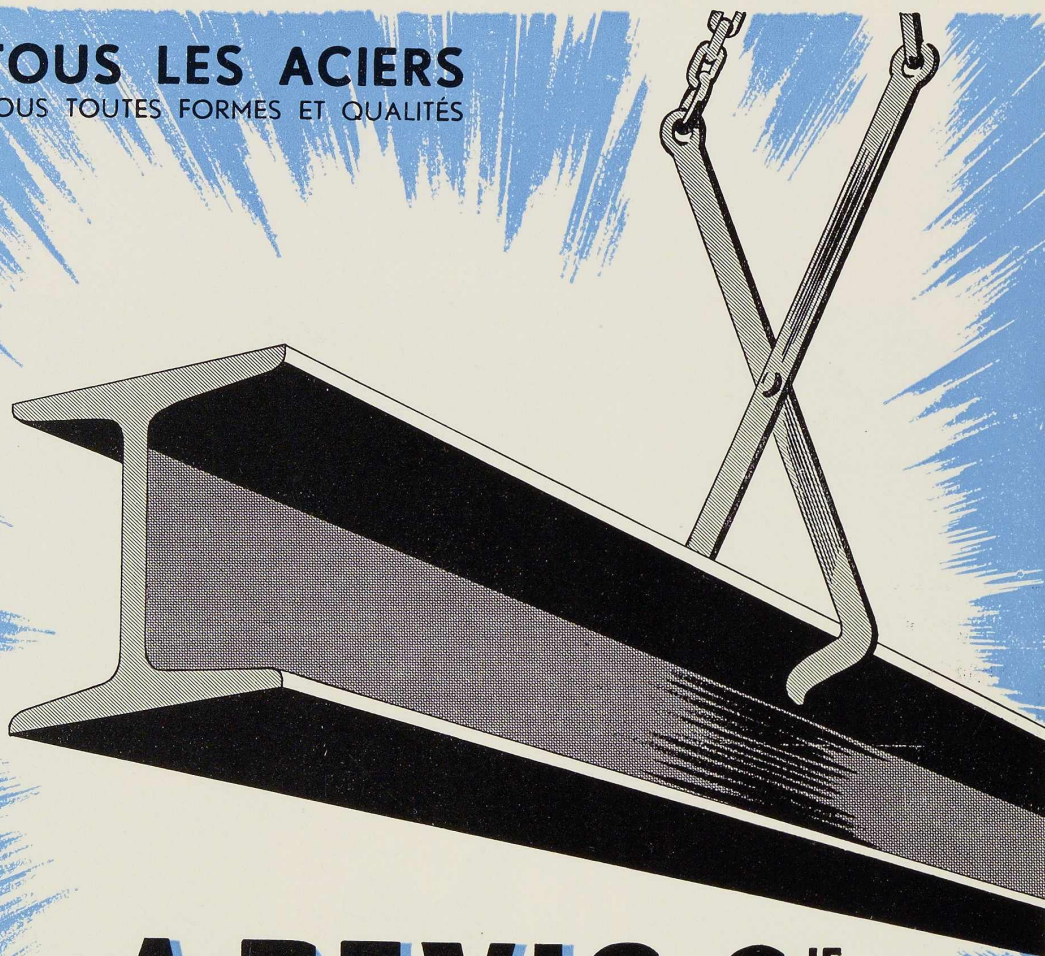


WIRE FENCING



NETTING

TOUS LES ACIERS
SOUS TOUTES FORMES ET QUALITÉS



A. DEVIS & C^{IE}

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

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

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

L'OSSATURE MÉTALLIQUE

REVUE MENSUELLE DES APPLICATIONS DE L'ACIER

éditée par

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

154, avenue Louise, Bruxelles - Téléphone : 47.54.98 - 47.54.99
Chèques post. : 340.17 - Adr. télégr. : « Ossature-Bruxelles »

16^e ANNÉE

N^o 6

JUIN 1951

UNIVERSITEIT GENT
AFDEELING voor BOUWKUNST
22, Plateaustraet, GENT

S O M M A I R E

La Foire Internationale de Liège 1951	267
Les appareils de soudage électrique à l'arc et les nouvelles normes françaises les concernant, par A. Gaubert	277
Usine de préparation mécanique de roche dure et de concentration de cassitérite, par A. Bartholomé et H. Ehlen	287
Le nouveau pont de Nimy-Maisières, par R. Desprets	297
Les nouvelles usines « Abbey Works » en Grande-Bretagne	302
Propriétés mécaniques des aciers Thomas à basse teneur d'azote, par L. Marbais et M. Nepper	304
Préparation des surfaces métalliques avant peinture, par D. Bernane	310
Discussion sur le flambement des pièces comprimées axialement, par J. Dutheil	315
CHRONIQUE : Le marché de l'acier pendant le mois d'avril. - La sidérurgie dans le monde. - Conférence du Professeur J. Verdeyen. - Réunion des Directeurs des Centres d'Information de l'Acier à Zurich. - L'industrie charbonnière au service de la Nation. - Centre d'étude de corrosion (C. E. C.). - Réunion du Comité Permanent de l'A. I. P. C. à Lisbonne. - Inauguration de la nouvelle usine Goodyear à Colmar-Berg. - Soutènement des excavations, calcul des rideaux des palplanches. - Congrès sur la Recherche dans le Bâtiment. - Extension des Magasins du Bon Marché à Liège. - Palais des Expositions à Charleroi. - III ^e Exposition de Namur. - Il y a quinze ans.	326
BIBLIOTHÈQUE	334

ABONNEMENTS 1951 (11 numéros) :

Belgique, Grand-Duché de Luxembourg, Congo belge : francs belges 200,-,
France et Union française : 1.900 francs français, payables au dépositaire général pour la France : Librairie des Sciences, GIRARDOT & C^{ie}, 27, quai des Grands-Augustins, Paris 6^e (Compte chèques postaux : Paris n^o 1760.73).

Etats-Unis d'Amérique et leurs possessions : 7 dollars, payables à M. Léon G. RUCQUOI, Technical Consultant to the Steel and Mechanical Industries of Belgium & Luxembourg, 30 Rockefeller Plaza, New York 20, N. Y.

Autres pays : 350 francs belges.

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

PRIX DU NUMÉRO :

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

DROIT DE REPRODUCTION :

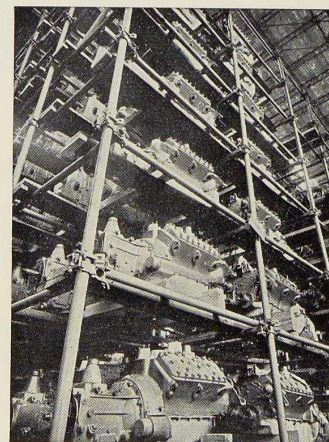
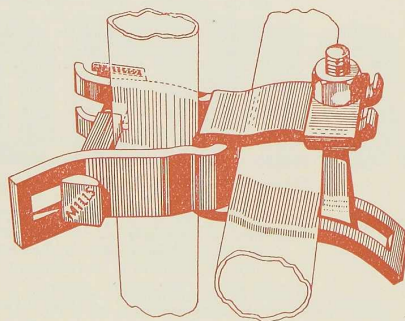
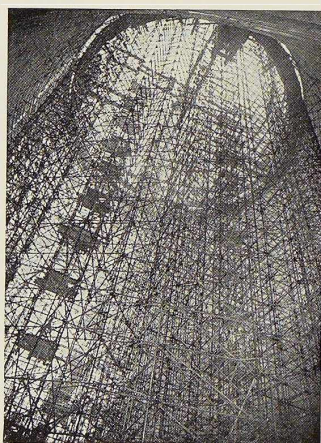
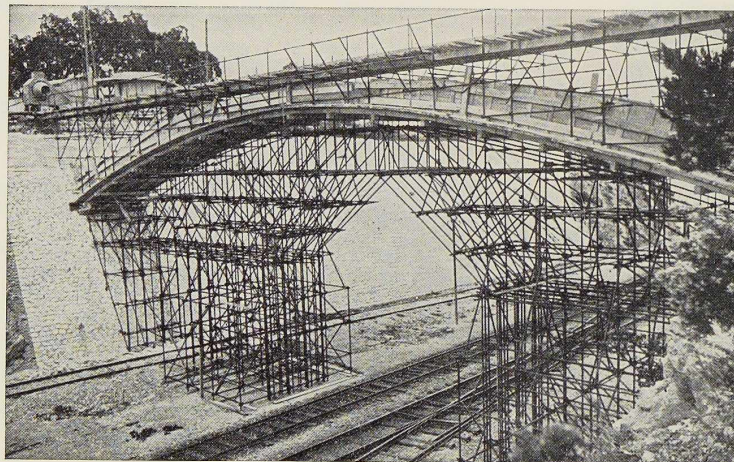
La reproduction de tout ou partie des articles ou des illustrations ne peut se faire qu'en citant L'Ossature Métallique.

ECHAFAUDAGES TUBULAIRES

MILLS

V E N T E

LOCATION



PRODUITS MÉTALLURGIQUES

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

120-124, AVENUE DU PORT
4-6, QUAI DES CHARBONNAGES
200, RUE DE LA SOIERIE, FOREST

(Coin rue Emile Pathé)

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

CENTRE BELGO-LUXEMBOURGEOIS D'INFORMATION DE L'ACIER

ASSOCIATION SANS BUT LUCRATIF

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

CONSEIL D'ADMINISTRATION

Président :

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

Vice-Président :

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

Administrateur-Conseil :

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

Membres :

M. Justin BAUGNEE, Directeur Général Adjoint de la S. A. des Laminoirs, Hauts Fourneaux, Forges, Fonderies et Usines de la Providence,
M. Oscar BIHET, Administrateur-Directeur Général des Usines à Tubes de la Meuse, S. A.,
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. Jean DRIESEN, Directeur Général-Adjoint de la S. A. John Cockerill,
M. Hector DUMONT, Administrateur-Délégué de la S. A. des Ateliers de Construction de Jambes-Namur,
M. Louis ISAAC, Administrateur-Délégué de la S. A. Métallurgique d'Enghien-Saint-Eloi,
M. Charles MOUTON, Secrétaire Général du Bureau d'Etudes Industrielles F. Courtoy, S. A.,
M. Louis NOBELS, Président et Administrateur Délégué des Anciens Etablissements Métallurgiques Nobels-Peelman,
M. Henri NOEZ, Administrateur-Délégué de la Fabrique de Fer de Charleroi,
M. Henri ROGER, Directeur Général des H. A. D. I. R., à Luxembourg,
M. Arthur SCHMITZ, Conseiller de la S. A. d'Ougrée-Marihaye.

Directeur :

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

LISTE DES MEMBRES

ACIÉRIES BELGES

Usines Gustave Boël, S. A., à La Louvière.
Fabrique de Fer de Charleroi, S. A., à Charleroi.
Forges de Clabecq, S. A., à Clabecq.
John Cockerill, S. A., à Seraing-sur-Meuse.
Métallurgique d'Espérance Longdoz, S. A., 60, rue d'Harscamp, Liège.
Usines Gilson, S. A., à La Croÿère, Bois-d'Haine.
Usines Métallurgiques du Hainaut, S. A., à Couillet.
Forges et Laminoirs de Jemappes, S. A., à Jemappes.
Ougrée-Marihaye, S. A., à Ougrée.
Laminoirs, Hauts Fourneaux, Forges, Fonderies et Usines de la Providence, S. A., à Marchienne-au-Pont.
Aciéries et Minières de la Sambre, S. A., à Monceau-sur-Sambre.
Métallurgique de Sambre et Moselle, S. A., à Montigny-sur-Sambre.
Hauts Fourneaux, Forges et Aciéries de Thy-le-Château et Marcinelle, S. A., à Marcinelle.

ACIÉRIES LUXEMBOURGEOISES

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

TRANSFORMATEURS

Laminoirs d'Anvers, S. A., 38, rue Métropole, Schooten.
Forges et Laminoirs de Baume, S. A., à Haine-Saint-Pierre.
Tôleries Delloye-Matthieu, S. A., à Marchin (Huy).
Emailleries et Tôleries Réunies, S. A., Gosselies.
Usines Gilson, S. A., à La Croÿère, Bois-d'Haine.
Laminoirs de Longtain, S. A., à La Croÿère, 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 Borquet, Flémalle-Haute.
Laminoirs et Boulonneries du Ruau, S. A., à Monceau-sur-Sambre.
Travail Mécanique de la Tôle, S. A., 147, boulevard de la II^e Armée Britannique, à Forest-Bruxelles.
Usines à Tubes de la Meuse, S. A., à Flémalle-Haute.
Usines à Tubes de Nimy, S. A., Nimy.

ATELIERS DE CONSTRUCTION

ACMA, S. A., Ateliers de Construction et Ets Geerts & Van Aalst réunis, à Mortsel-lez-Anvers.
Société Anglo-Franco-Belge des Ateliers de la Croÿère, Senefte et Godarville, S. A., à La Croÿère.
Awans-François, S. A., à Awans-Bierset.
Baume et Marpent, S. A., à Haine-Saint-Pierre.
Ateliers de Bouchout et Thirion Réunis, S. A., 249-251, chaussée de Vleurgat, Bruxelles.
Ateliers de Construction Alphonse Bouillon, 58, rue de Birmingham, Molenbeek-Saint-Jean.

ATELIERS DE CONSTRUCTION (suite)

- Ateliers de Construction Paul Bracke, s. p. r. l., 30-40 rue de l'Abondance, Bruxelles.
Usines de Braine-le-Comte, S. A., à Braine-le-Comte.
La Brugeoise et Nicaise & Delcuve, S. A., à Saint-Michel-lez-Bruges.
Société Anonyme Anciennes Usines Canon-Légrand, 17, rue Terre du Prince, Jemappes-lez-Mons.
Chaurobel, S. A., à Huyssinghen.
John Cockerill, S. A., à Seraing-sur-Meuse.
La Construction Soudée, Anciens Etablissements André Beckers, S. A., 64, avenue Rittweger, Haren-Bruxelles.
« Cribla », S. A., Construction de Criblages et Lavoirs à charbon, 31, rue du Lombard, Bruxelles.
Compagnie Centrale de Construction, S. A., à Haine-Saint-Pierre.
Les Ateliers De Meestere Frères, Heule-lez-Courtrai.
Ateliers de la Dyle, S. A., à Louvain.
Société Métallurgique d'Enghien-Saint-Eloi, S. A., à Enghien.
Ateliers de Construction et Chaudronnerie de l'Est, S. A., Marchienne-au-Pont.
Société Anonyme des Ateliers de Construction Flamen-court et C^{ie}, 112-114, rue des Anciens Etangs, Forest-Bruxelles.
Ateliers Georges Heine, S. A., chaussée des Forges, Huy.
Ateliers de Construction Heuze, Malevez & Simon Réunis, S. A., 52, rue des Gloires Nationales, Auvélais.
L'Industrielle Boraine, S. A., Quiévrain.
Ateliers de Construction de Jambes-Namur, S. A., à Jambes-Namur.
Constructions Métalliques de Jemeppe-sur-Meuse, S. A., Anc. Ateliers Georges Dubois, à Jemeppe-sur-Meuse.
Ateliers de Construction J. Kihn, Rumelange (G.-D.).
Société Anonyme des Ateliers de La Louvière-Bouvry, La Louvière.
Usines Lauffer Frères, S. P. R. L., Hermalle s/Argenteau.
Leemans L. et Fils, S. A., 114, rue de Louvain, Vilvorde.
Macsima, S. A., Bouffiloux-lez-Châtelaineau.
Ateliers de Construction de Malines (Acomal), S. A., 29, Canal d'Hanswyck, Malines.
La Manutention Automatique, S. A., Machelen.
Les Ateliers Métallurgiques, S. A., à Nivelles.
Anciens Etablissements Métallurgiques Nobels-Peelman, S. A., à Saint-Nicolas (Waes).
Ougrée-Marihayé, S. A., à Ougrée.
Minière et Métallurgique de Rodange, S. A., à Rodange.
Ateliers Sainte-Barbe, S. A., Eysden-Sainte-Barbe.
Chaudronnerie A.-F. Smulders, S. A., à Grâce-Berleur-lez-Liège.
Ateliers Arthur Sougniez Fils, 42, rue des Forgerons, Marcinelle.
Etablissements D. Steyaert-Heene, à Eccloo.
Ateliers du Thiria, S. A., La Croÿère.
Ateliers de Construction Mécanique de Tirlemont, S. A., à Tirlemont.
Le Titan Anversoise, S. A., à Hoboken.
Compagnie Belge des Freins Westinghouse, S. A., 105, rue des Anciens Etangs, Forest-Bruxelles.
Société Anonyme de Construction et des Ateliers de Willebroeck, à Willebroeck.
Société Anonyme des Anciens Etablissements Paul Würth, à Luxembourg.
Chaudronneries et Ateliers de Construction Lucien Xhignesse & Fils, S. A., rue d'Italie, Ans-Liège.

MENUISERIE MÉTALLIQUE

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

SOUDURE AUTOGÈNE

Matériel, électrodes, exécution

- Electromécanique, S. A., 19-21, rue Lambert Crickx, Bruxelles.
ESAB, S. A., 118, rue Stephenson, Bruxelles.
Philips, S. A., 37-39, rue d'Anderlecht, Bruxelles.
L'Air Liquide, S. A., 31, quai Orban, Liège.
La Soudure Electrique Autogène « Arcos », S. A., 58-62, rue des Deux Gares, Bruxelles.

- L'Oxydrique Internationale, S. A., 31, rue Pierre van Humberg, Bruxelles.
Soudométal, S. A., 83, chaussée de Ruysbroeck, Forest-Bruxelles.

COMPTOIRS DE VENTE
DE PRODUITS MÉTALLURGIQUES

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

MARCHANDS DE FER ET DE POUTRELLES

Individuellement :

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

MARCHANDS D'ACIERS SPÉCIAUX

- S. A. des Aciers Alexis, 19, rue de Fragnée, Liège.
Aciers Bungert, S. A., 141-143, chaussée de Mons, Bruxelles.
Jos. Bol, 86, rue Emile Féron, Bruxelles.
Maison Courard & C^o, 9-11, place des Déportés, Liège.
Davum, S. A. Belge, 22, rue des Tanneurs, Anvers.
Etablissements Moréa et Nahon, 23-25, rue des Ateliers, Bruxelles.
Société des Aciers et Métaux, Soamet, 41, boulevard du Midi, Bruxelles.
Wauters Frères, 23, rue de Liverpool, Bruxelles.
BUREAUX D'ÉTUDES ET INGÉNIEURS-CONSEILS
Bureau d'Etudes Léon-Marc Chapeaux, S. A., 54, rue du Pépin, Bruxelles.
Bureaux d'Etudes Industrielles Fernand Courtoy, S. A., 43, rue des Colonies, Bruxelles.
M. René Leboutte, ing. tech. I. G. Lg., 105, boulevard Emile de Laveleye, Liège.
MM. C. et P. Molitor, Construction métallique et soudure électrique, 5, boulevard Emile Bockstael, Bruxelles.
Multifer Grisard (Systèmes brevetés de const. mét.) - S. A. Magifer Grisard, 199, avenue Louise, Bruxelles.
Robert et Musette, S. A., 59, rue de Namur, Bruxelles.
Bureau d'Etudes Ir. J. Ronsse, 63, boulevard de Dixmude, Bruxelles.
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.), 15, rue Guimard, Bruxelles.

MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

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

DIVERS

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

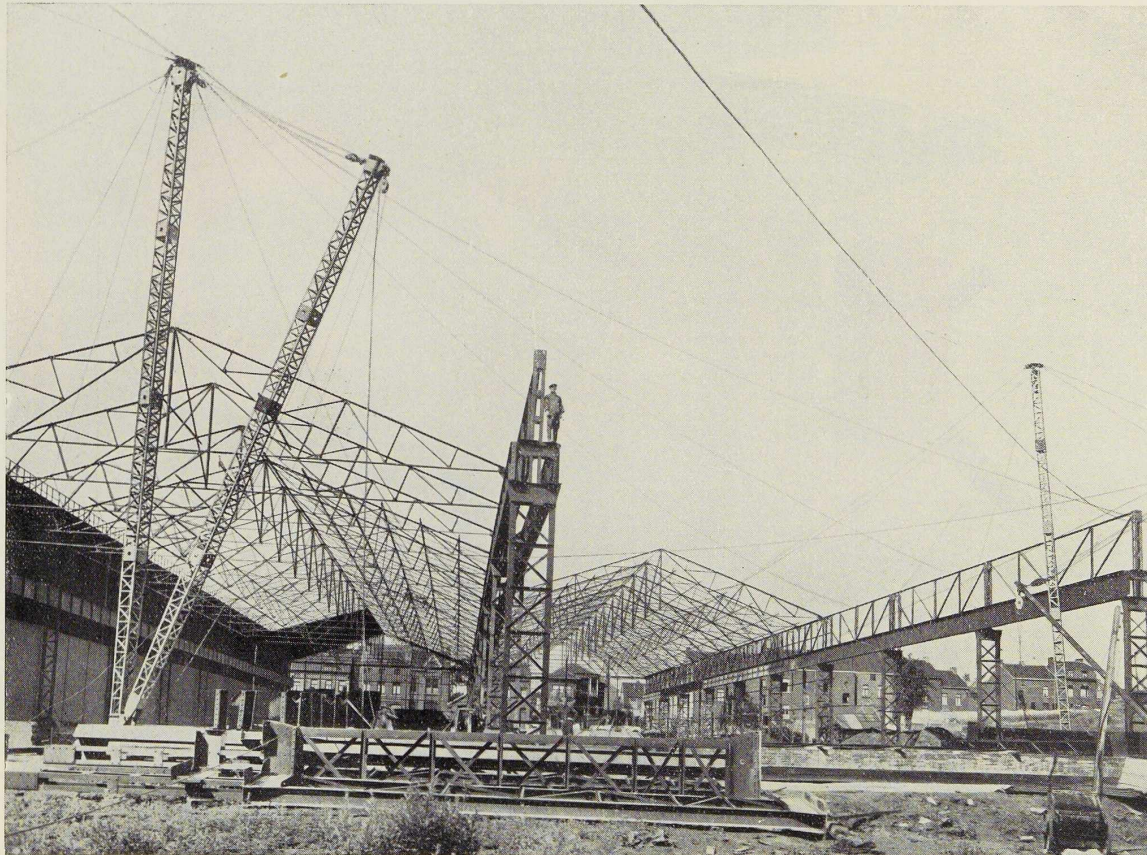
MEMBRES INDIVIDUELS

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

SOCIÉTÉ ANONYME

BAUME & MARPENT

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



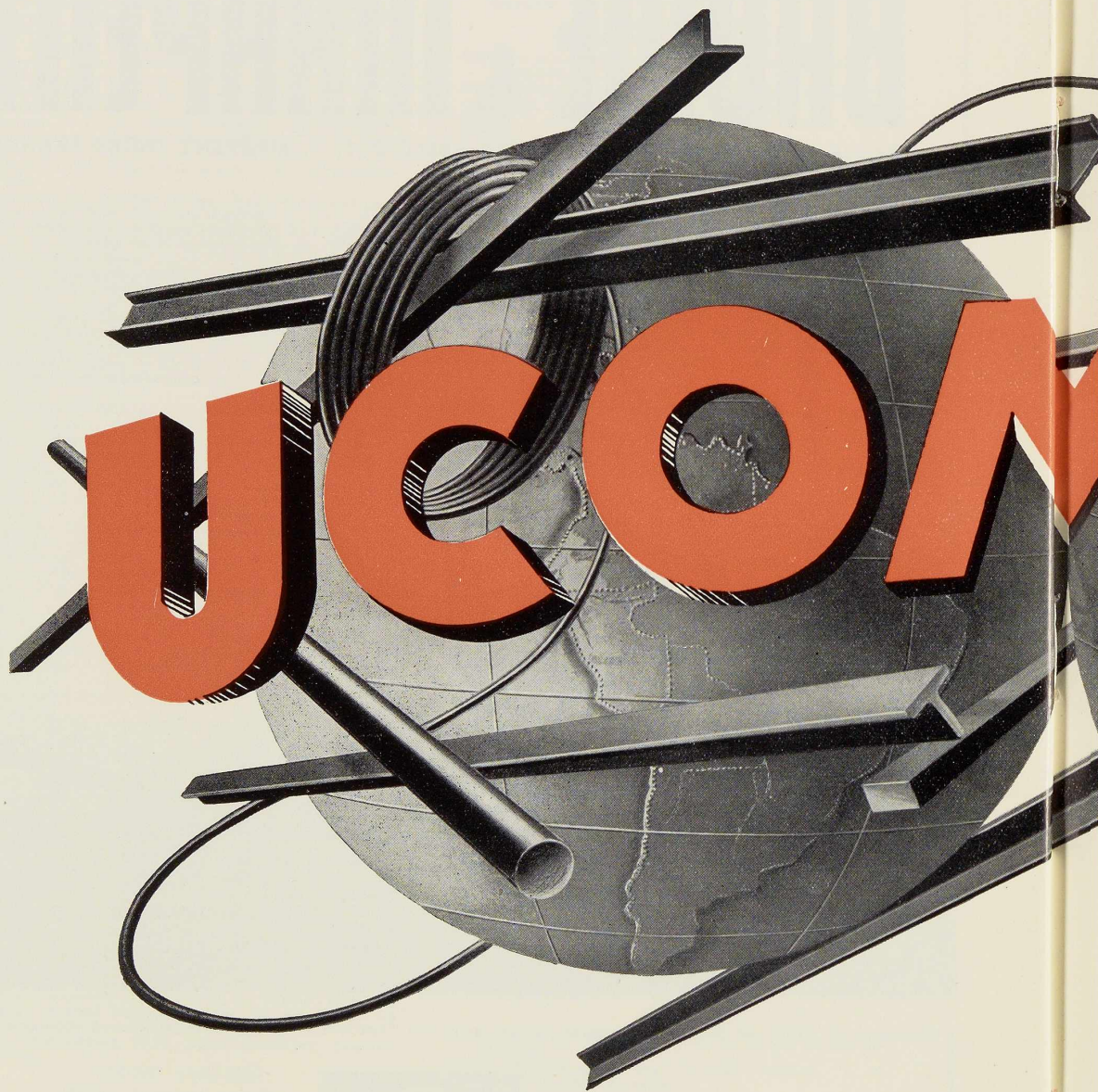
Charpente de 6 000 m² construite et montée par nos soins, aux Laminoirs et Boulonneries du Ruau à Monceau-sur-Sambre.

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



VOITURES ET WAGONS
AUTORAILS ET AUTOMO-
TRICES — LOCOMOTIVES
ÉLECTRIQUES

TOUS PRODUITS M

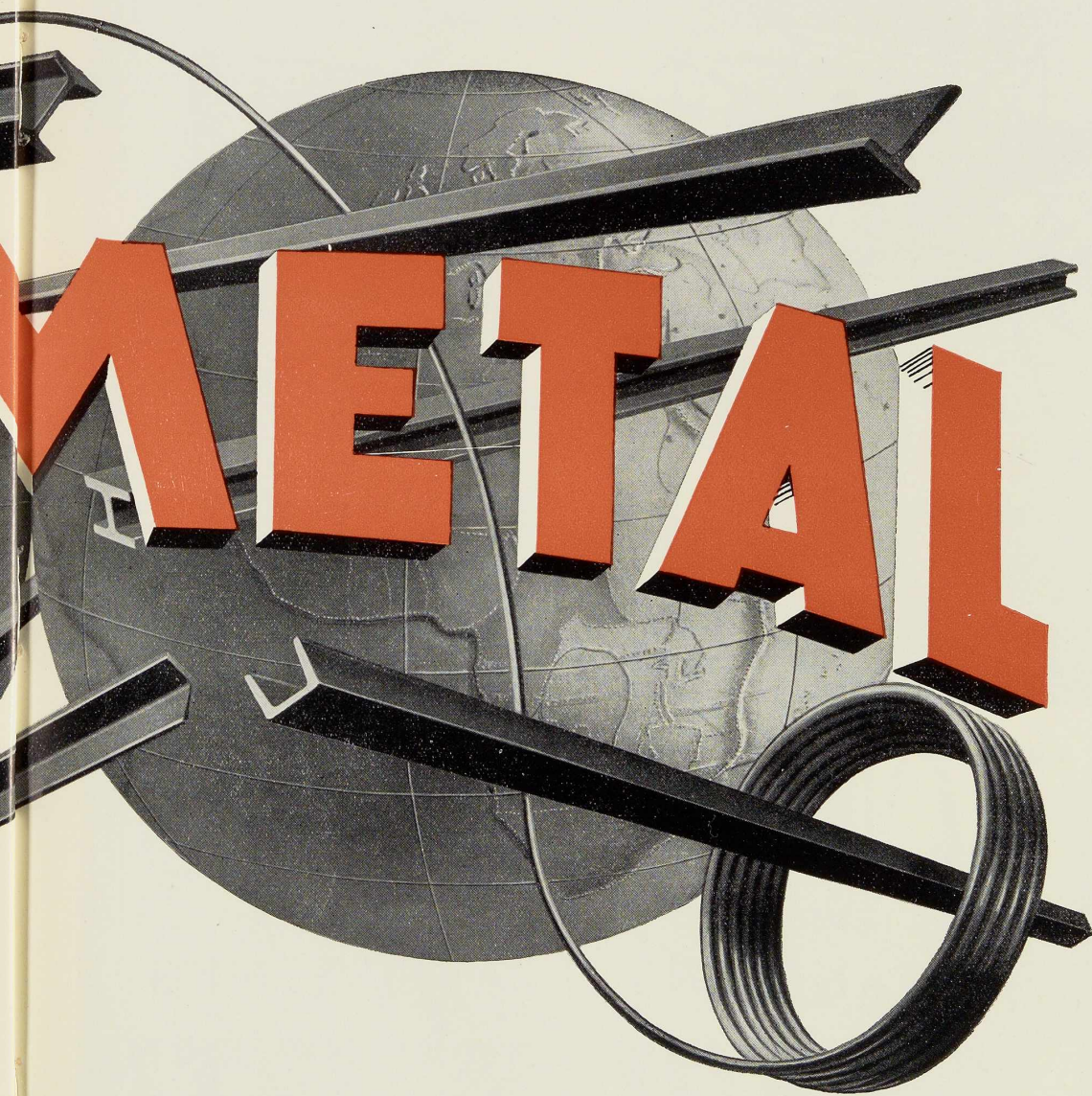


24 RUE ROYALE
BRUXELLES

COCKERILL - PROVIDENCE

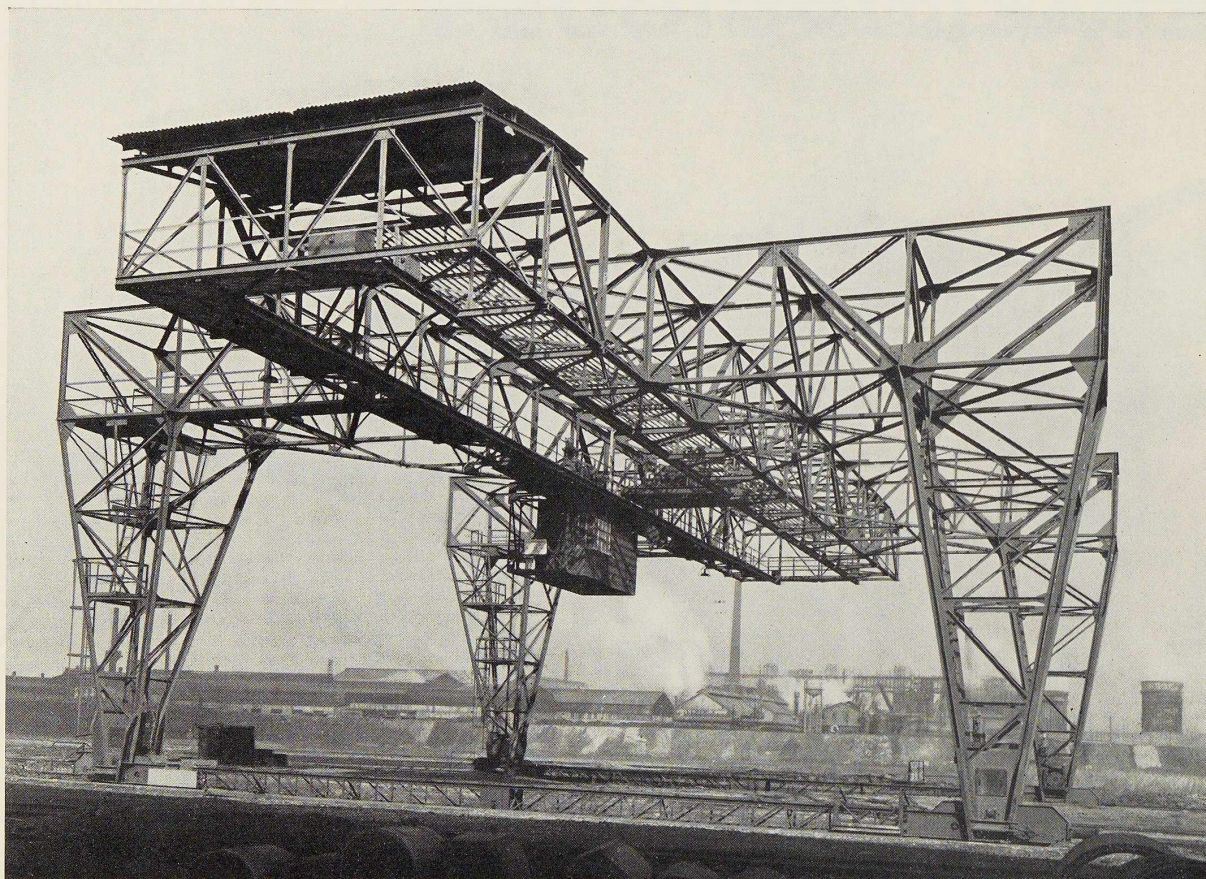
C.G.P.I.

MÉTALLURGIQUES



ROYALE
ELLES

CE - SAMBRE & MOSELLE



PONT-PORTIQUE MONTÉ SUR ROULEMENT

INSTALLÉ AU PARC DE PARACHEVEMENT
D'UNE USINE MÉTALLURGIQUE

VITESSE DE TRANSLATION : 170 M/MIN.

EMPATTEMENT : 24 M
PORTÉE : 25 M
PORTE-A-FAUX : 2 x 10 M
CHARGE UTILE : 10 TONNES

SOCIÉTÉ ANONYME DES

ANCIENS ÉTABLISSEMENTS

**PAUL WURTH
LUXEMBOURG**

TÉLÉPHONE : 23.22-23.23-65.92 ADRESSE TÉLÉGRAPHIQUE : PEWECO-LUXEMBOURG



USINES

Balteau S.A.

91-97, rue de Serbie — LIEGE Tél. 32.19.10 (4 lignes)

QUELQUES RÉFÉRENCES :

- Fabrique Nationale d'Armes de Guerre, à Herstal.
- S. A. John Cockerill, à Seraing
- S. A. Aluminium Français, à Chambéry.
- S. A. Anciens Etablissements Paul Wurth, à Luxembourg.
- S. A. Usines Métallurgiques du Hainaut, à Couillet.
- Administration des Ponts et Chaussées, à Liège.
- S. A. des Usines à Tubes de la Meuse, à Flémalle-Haute.
- Ministère de la Défense nationale, à Zwijndrecht.
- Poudreries Réunies de Belgique, à Baelen.
- S. A. Usines Emile Henricot, à Court-Saint-Etienne.
- S. A. des Usines Métallurgiques d'Enghien-Saint-Eloi, à Manage.
- S. A. Bailly-Mathot, à Bois-de-Breux.
- Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi.
- Université de Liège. Institut du Génie civil.
- Association des Industriels de Belgique, à Bruxelles.
- S. A. Usines Gilson, à La Crorière.

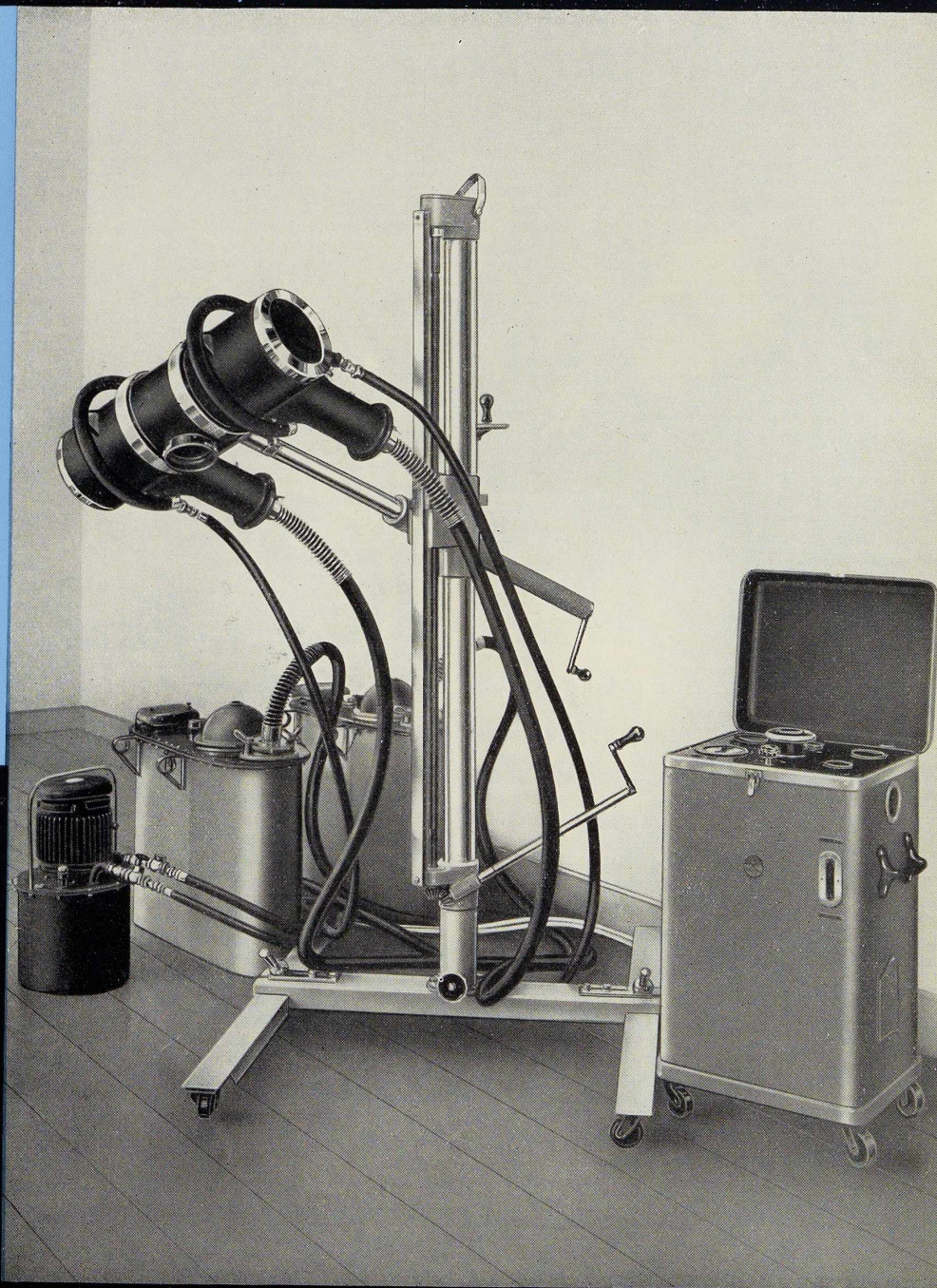
Rayons X

Appareil transportable
pour l'industrie

Vervoerbaar
Röntgenapparaat
voor de industrie

Industrial transportable
X Ray unit

Aparato de rayos X
transportable
para la industria



"BALTOGRAPHE 250"

PROCÉDÉS UNIONMELT

PRODUCTIVITÉ

AUTOMATICITÉ

QUALITÉ

RAPIDITÉ

PÉNÉTRATION

CONSTRUCTIONS NAVALES

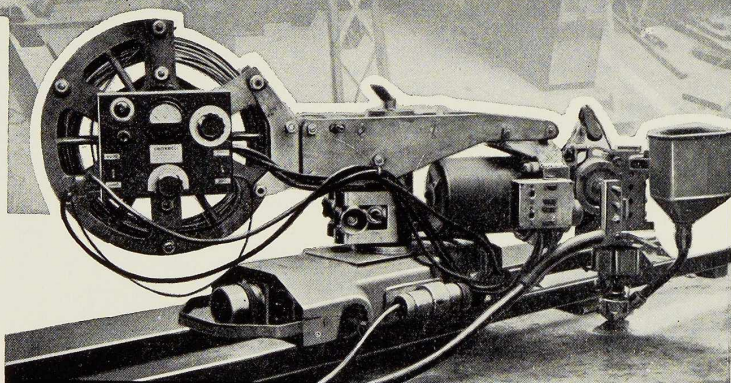
CHAUDRONNERIE GÉNÉRALE

CHAUDIÈRES - RÉCIPIENTS

A PRESSION - TUYAUTERIES

MATÉRIEL DE CHEMIN DE FER

MÉCANIQUE - RECHARGEMENTS



**SOUDEGE ELECTRIQUE
AUTOMATIQUE
ET SEMI-AUTOMATIQUE SOUS FLUX**

S.A. L'AIR LIQUIDE

31, QUAI ORBAN LIÈGE TÉL. 43.65.55

Grey de Differdange et tous les produits métallurgiques

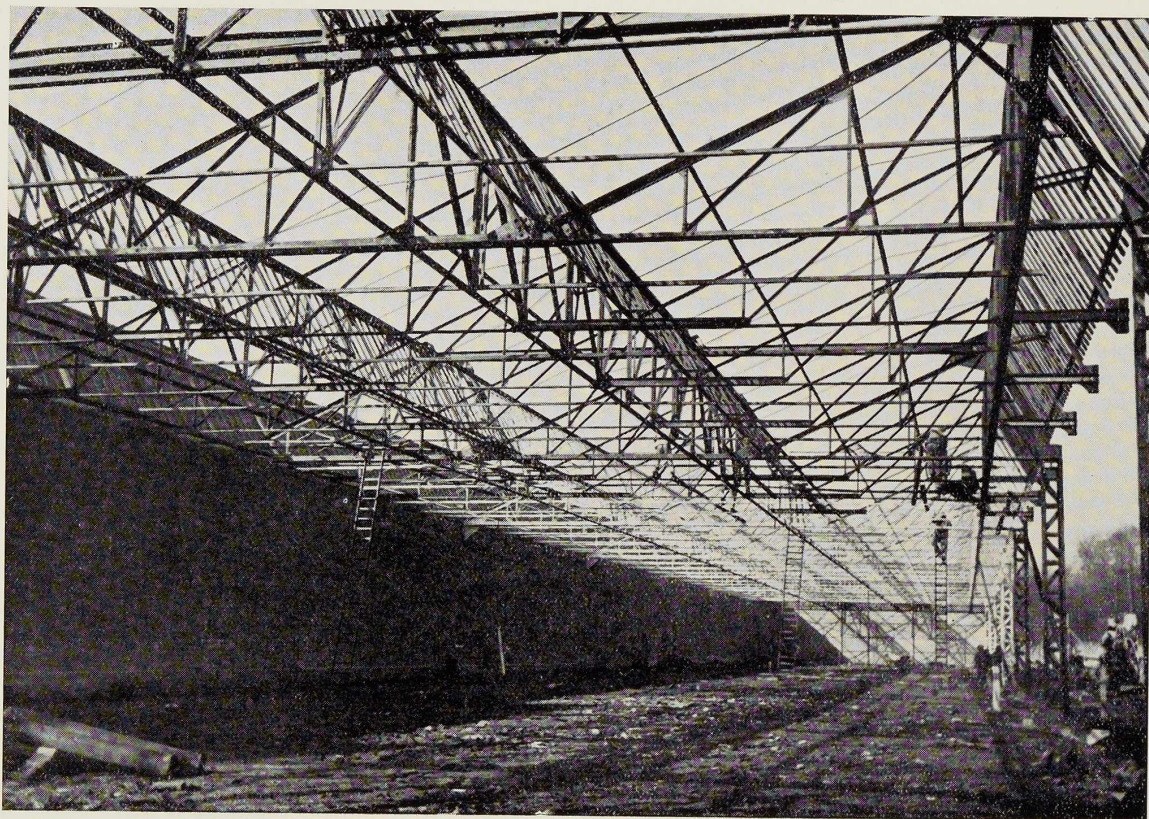


*Grands stocks
permanents
de tous aciers*

JOURET

TEL. LUTTRE 444.44 (3 Lignes)
444.43

CREATIVE
JOURET



Charpente industrielle

ATELIERS DE
BOUCHOUT & THIRION RÉUNIS S. A.

CHAUSSÉE DE VLEURGAT, 249, À BRUXELLES

USINE A VILVORDE

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

PONTS, CHARPENTES, CHAUDRONNERIE,
TANKS, MATÉRIEL POUR HUILLERIES,
USINES À CAOUTCHOUC, SÉCHOIRS À
CAFÉ.

USINE A BOECHOUT

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

TÔLES GALVANISÉES, ARTICLES DE
MÉNAGE, CHÂSSIS MÉTALLIQUES

**ARCHITECTES,
ENTREPRENEURS**

POUR LA CONSTRUCTION
DES
MAISONS PRÉFABRIQUÉES

Longtain

EST LE GRAND SPÉCIALISTE
EN PROFILS LÉGERS.

CONSULTEZ-LE.



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



GRACE A LA

COMETE ROUGE

ÉLECTRODE À TRÈS FORTE PÉNÉTRATION

PLUS DE 100 000 MÈTRES DE JOINTS ONT DÉJÀ FAIT LEURS
PREUVES DANS LES APPLICATIONS LES PLUS DIVERSES.

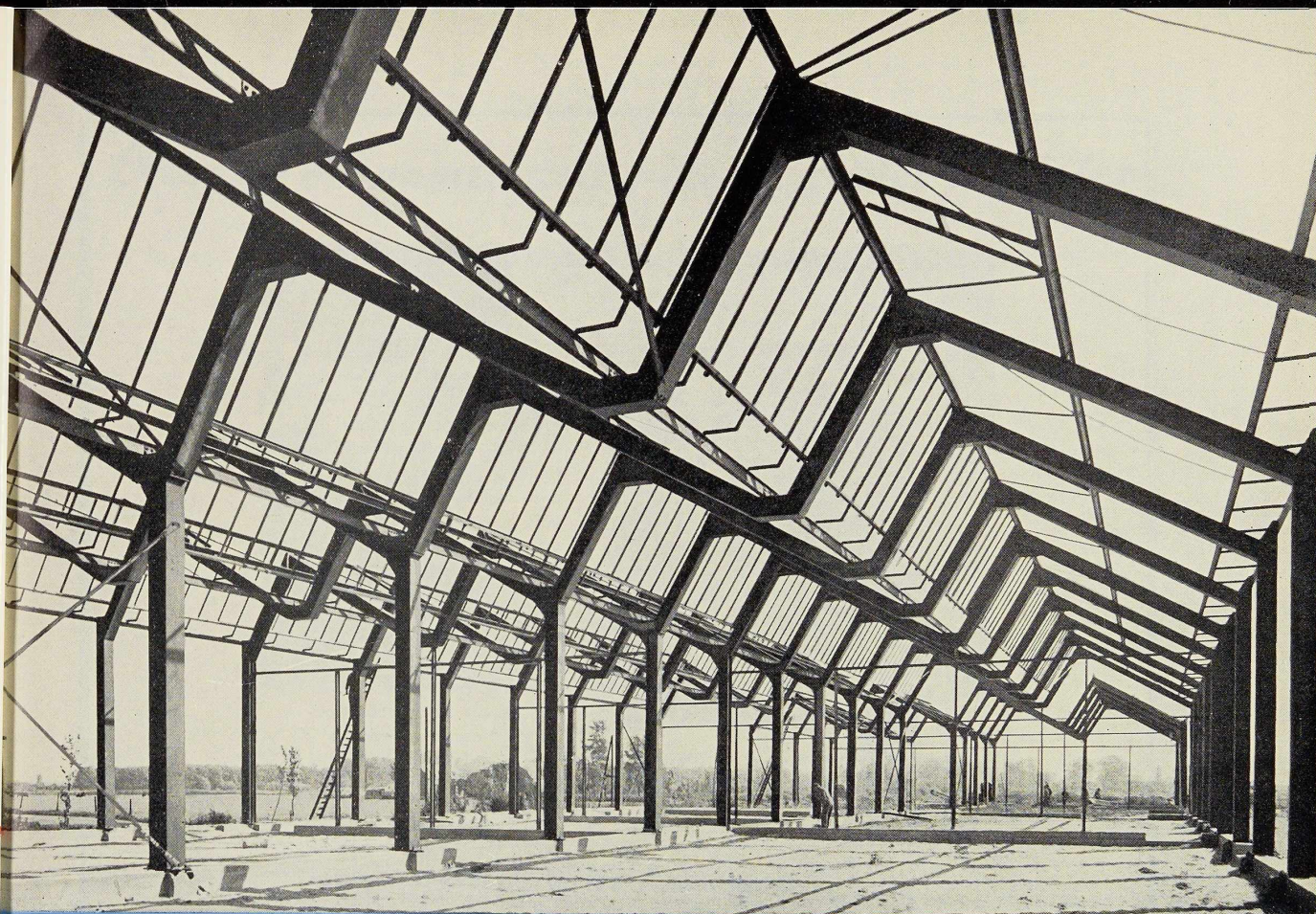
SOUDOMETAL

SOCIÉTÉ ANONYME

SOUDAGE SUR CHANTIER
D'ÉLÉMENTS DE PONT DE
NAVIRE.



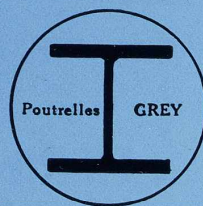
83, CHAUSSEE DE RUYSBROECK, FOREST-BRUXELLES — TÉL. 43.45.65 - 44.09.02



Staalconstructie.
De Vries Robbé & Co, N. V.
Kininefabriek, Maarsse

Photo Renes

POUTRELLES GREY DE DIFFERDANGE



Agence de vente pour la Belgique et le Congo belge :

DAVUM S. A.

22, RUE DES TANNEURS, ANVERS

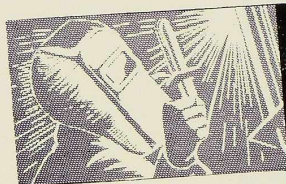
Téléphone : 32.99.17 (5 lignes) — Télégramme : Davumport

QUELLE QUE SOIT LA POSITION DU SOUDEUR



MA
TO

ELECTRODE
MONARC
BOUT BLANC



Pour le soudage EN TOUTES POSITIONS d'assemblages en acier doux et demi-doux. Soudures d'une FORGEABILITE EXCEPTIONNELLE.
Cette électrode est agréée par le Lloyds, la British Admiralty, le Ministry of War Transports, etc...



S. A.

ELECTROMECHANIQUE

BRUXELLES

19-21, RUE LAMBERT CRICKX • TEL. 21.00.65 • TELEGR. : ELECTROMECHANIC

Création TOITGANS & C° Tél. : 12.21.30



L. LEEMANS & FILS

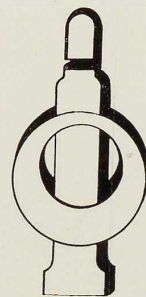
DELENNE+MALEVEZ

**SOCIETE ANONYME
TEL. 51.03.25-51.16.50**

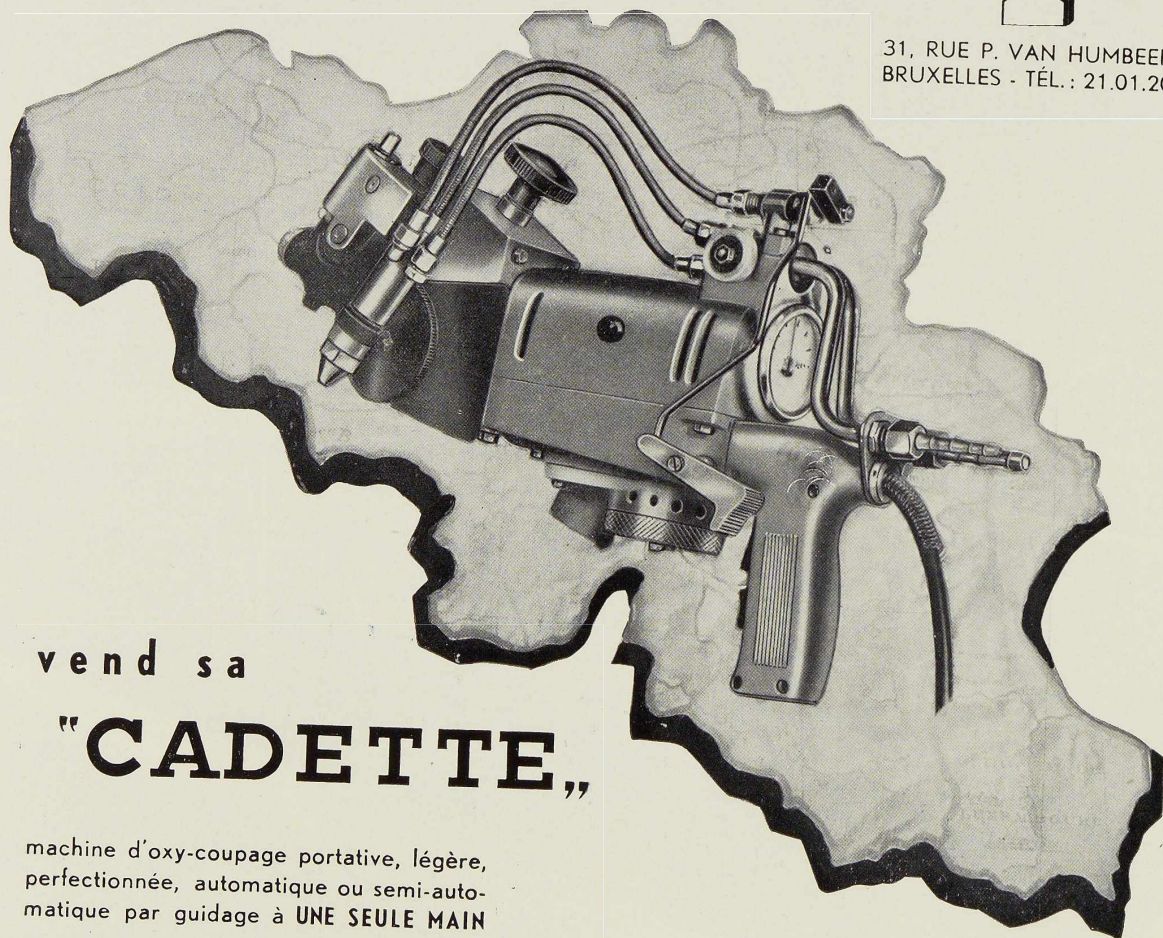
VILVORDE

DANS TOUTE LA BELGIQUE,
LE GRAND-DUCHÉ,
LE CONGO BELGE

**L'OXHYDRIQUE
INTERNATIONALE**



31, RUE P. VAN HUMBEEK
BRUXELLES - TÉL.: 21.01.20

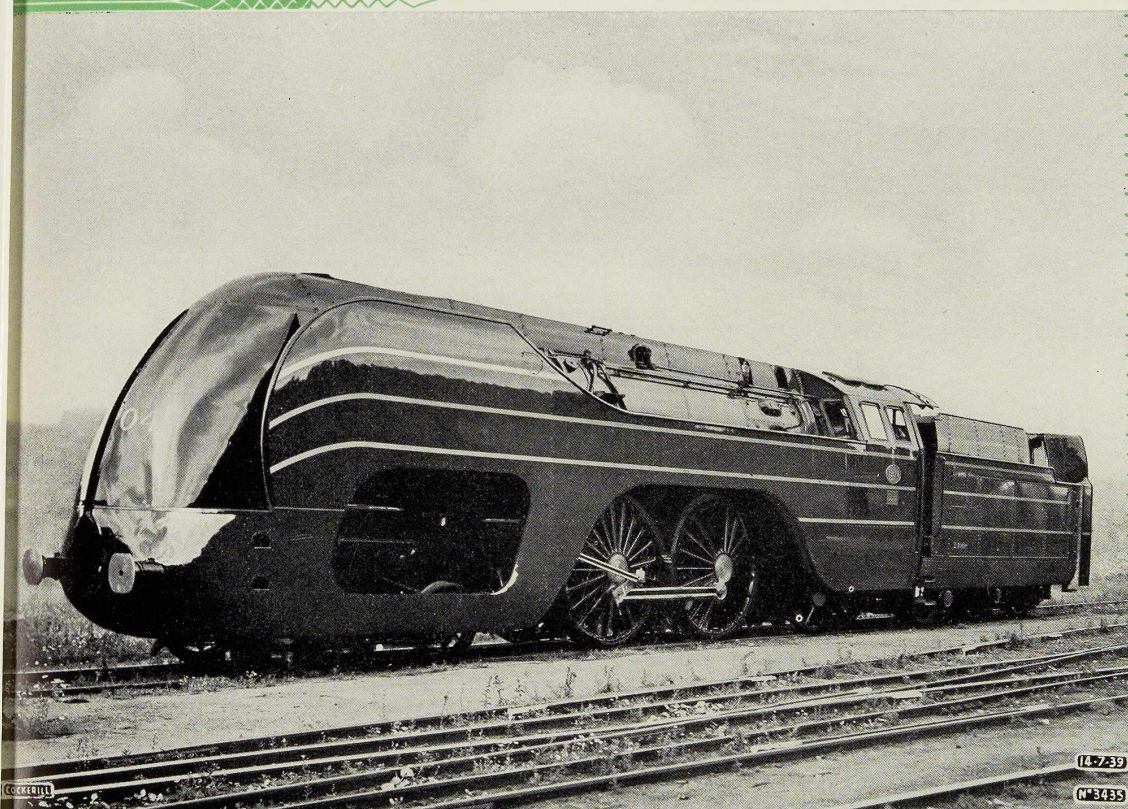


vend sa

"CADETTE,"

machine d'oxy-coupage portable, légère,
perfectionnée, automatique ou semi-automatique par guidage à **UNE SEULE MAIN**

Documentation sur demande
au sujet de la Cadette et des autres machines d'oxy-coupage "AUTOSECTOR.. (portative), "SECTOMATIC.. (fixe), etc.



Locomotive «Atlantic» type 12
Construite pour la S. N. C. B.

METALLURGIE · CONSTRUCTIONS
MECANIQUES & METALLIQUES
CONSTRUCTIONS NAVALES



S.A. JOHN *C*OCKERILL

SERAING · BELGIQUE



TYPE BELVAL Z
PALPLANCHES ONDULÉES

PALPLANCHE

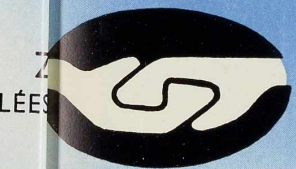
TYPE BELVAL P
PALPLANCHES PLATES

POUR LA BELGIQUE ET LE CONGO BELGE:

POUR TOUS RENSEIGNEMENTS S'ADRESSER A

LA BELGO-LUXEMBOURGEOISE

BRUXELLES • 11, QUAI DU COMMERCE



LÉES

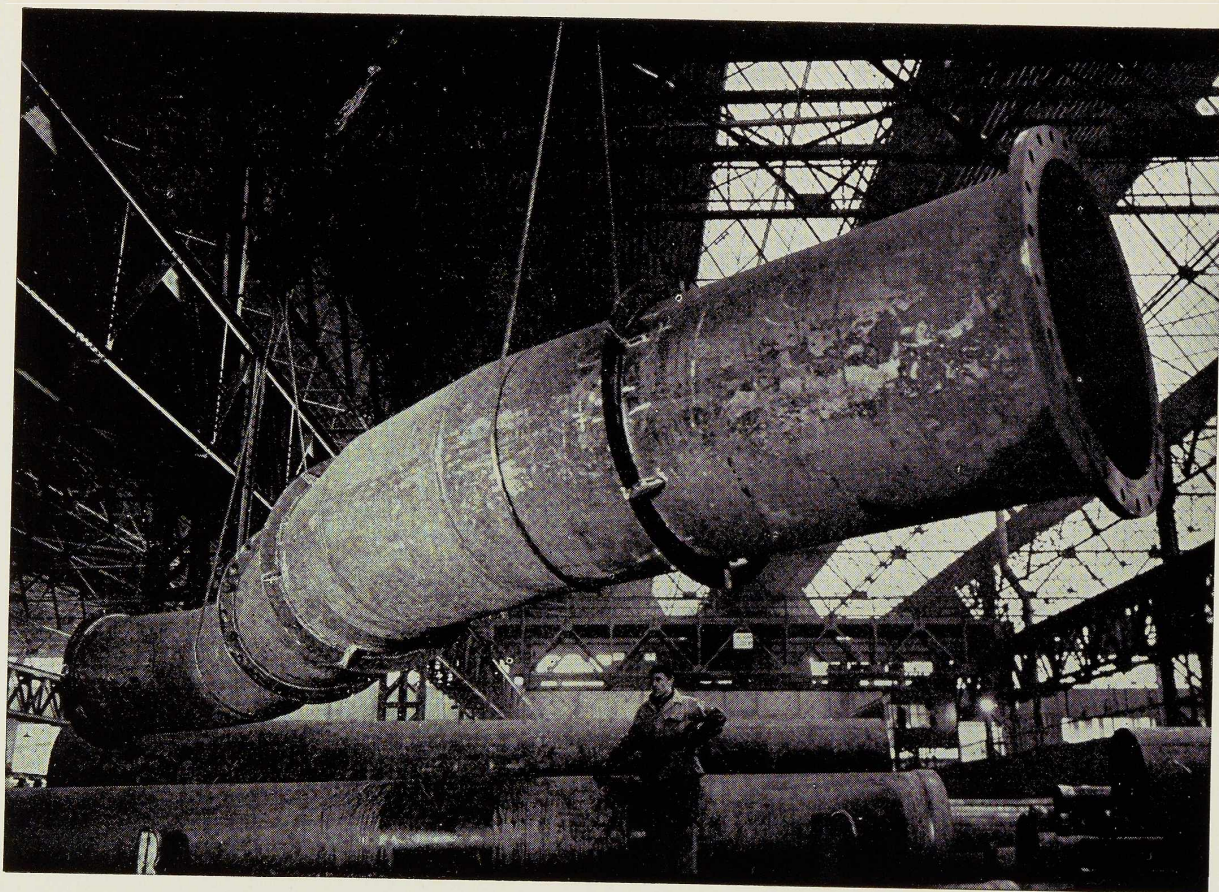
CHES ARBED-BELVAL



RES A

COLUMETA

COMPTOIR MÉTALLURGIQUE LUXEMBOURGEOIS • S. A. • LUXEMBOURG



DIVISION SOUDAGE : FABRICATION D'UNE COURBE EN S

Nos usines fabriquent :

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

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

NOTICES, CATALOGUES ET DEVIS SUR DEMANDE

USINES A TUBES DE LA MEUSE

FLÉMALLE-HAUTE (BELGIQUE)



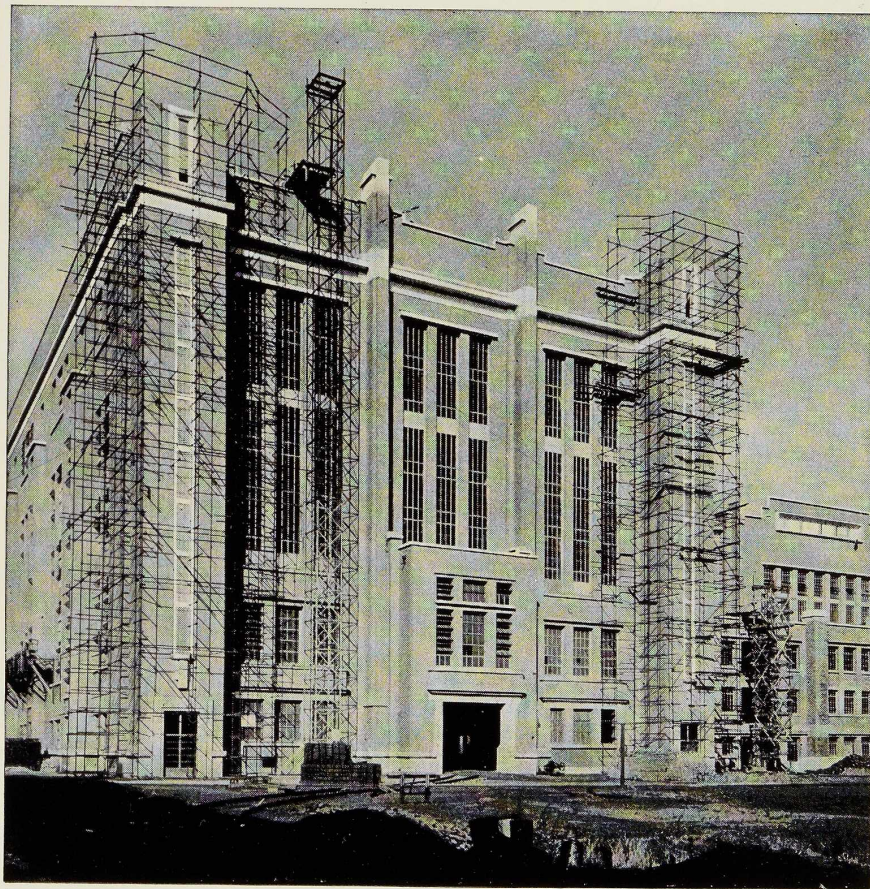
CHAMEBEL S.A.

VILVORDE

Centrale électrique
de Droogenbosch,
architecte

M. DHUICQUE

Vue de l'extension
de la Centrale N° 2.
La partie ancienne de
cette Centrale est éga-
lement équipée en-
tièrement de châssis
CHAMEBEL

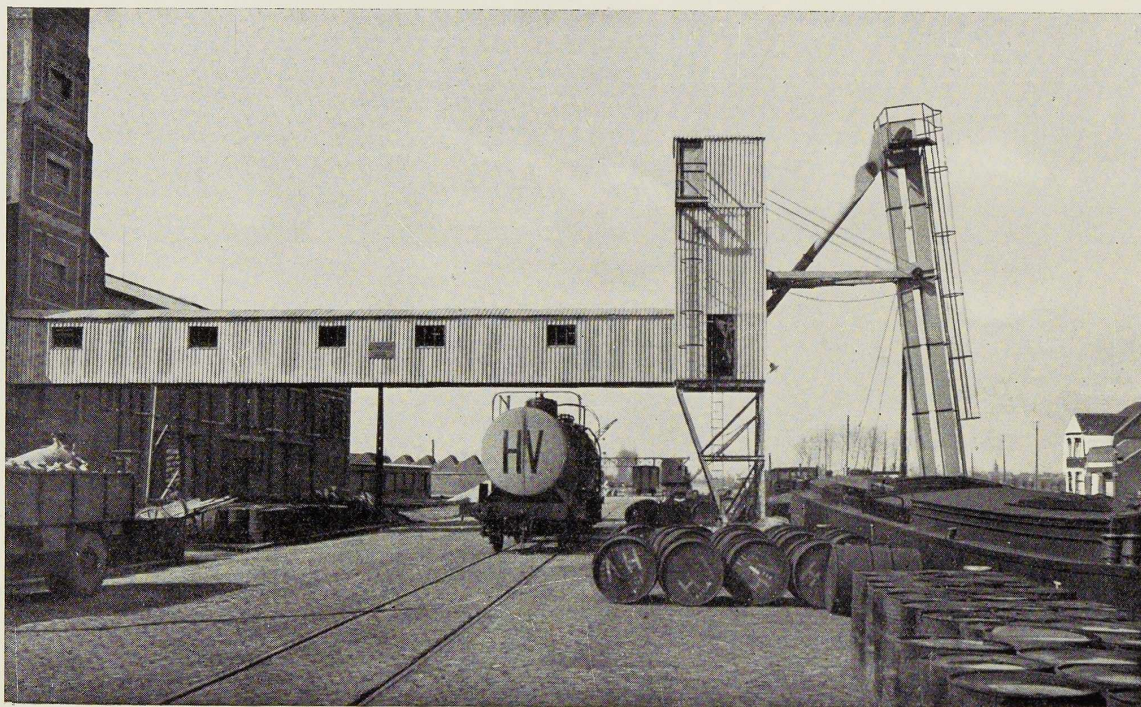


*encore une référence de plus
la qualité toujours la qualité*



Usines à Vilvorde
Tél.: 15.84.24
15.99.20

Bureaux à Bruxelles
27, rue Royale
Tél.: 17.47.40
17.21.81



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

Plus de 25 années de spécialisation
en manutention

LA MANUTENTION AUTOMATIQUE

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

Tél. : Bruxelles 15.38.34



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

CATALOGUE DE 150 PAGES SUR DEMANDE



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



BLINDAGE DE
HAUT FOURNEAU

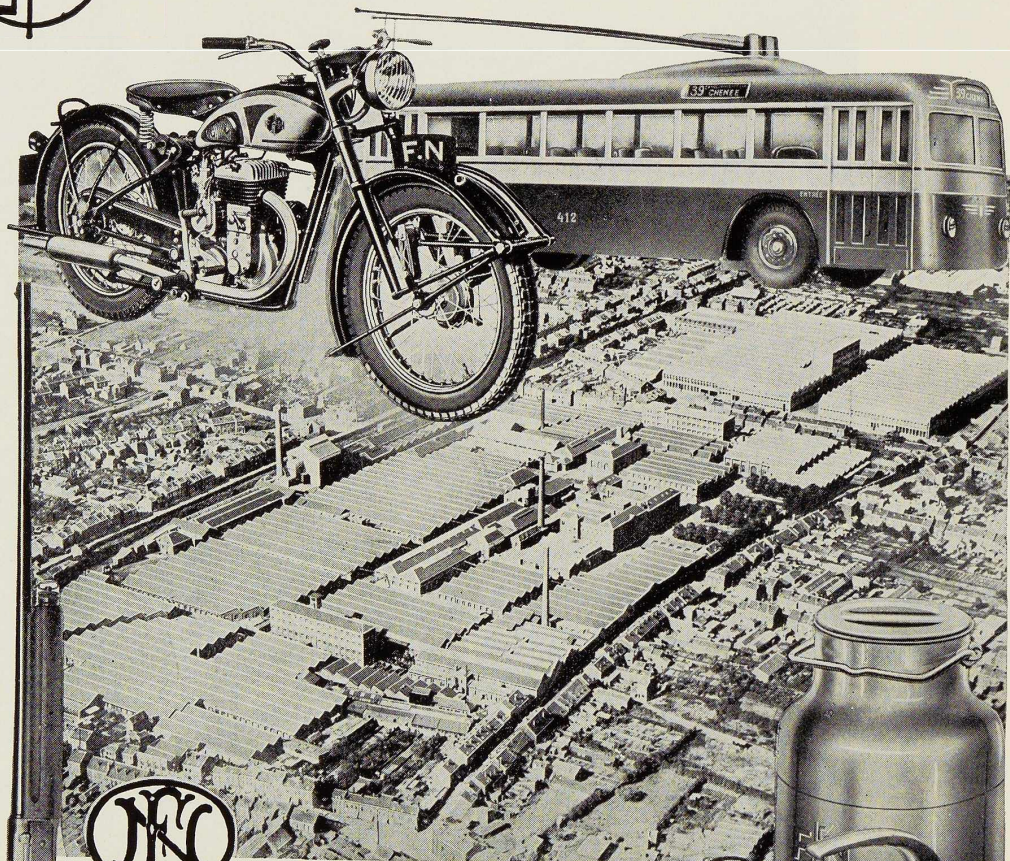
S. A. John Cockerill

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

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



40 HECTARES — 8.000 OUVRIERS
7.500 MACHINES-OUTILS — 8.000 H. P.

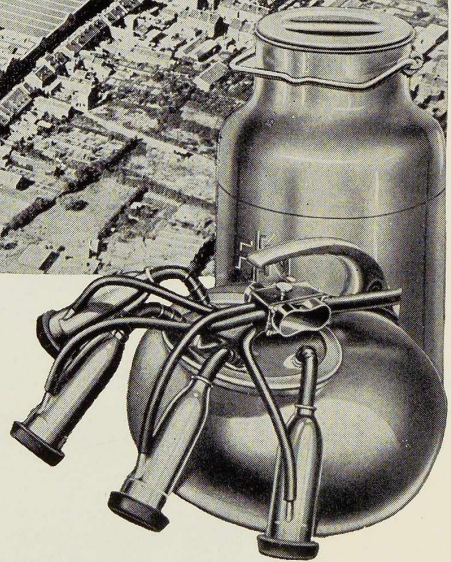


**ARMES ET
MUNITIONS**

Fusils ● Carabines ● Pistolets
Munitions de chasse, de défense
et de guerre

VÉHICULES

Camions ● Tracteurs ● Motocyclettes
Trolleybus ● Véhicules spéciaux



MATÉRIEL AGRICOLE

Machines à traire ● Cruches à lait

CARBURES MÉTALLIQUES MITIA-F. N.

TRAITEMENTS THERMIQUES

FORGE ET FONDERIE

Fontes spéciales ● Alliages légers et ultra légers

Fabrique Nationale d'Armes de Guerre, s. a., Herstal-Belgique

S.A. MÉTALLURGIQUE D'

ESPÉRANCE LONGDOZ

*Tôles fines et moyennes
laminées à chaud
feuilles ou bobines*

*Tôles fines laminées à froid
feuilles ou bobines*

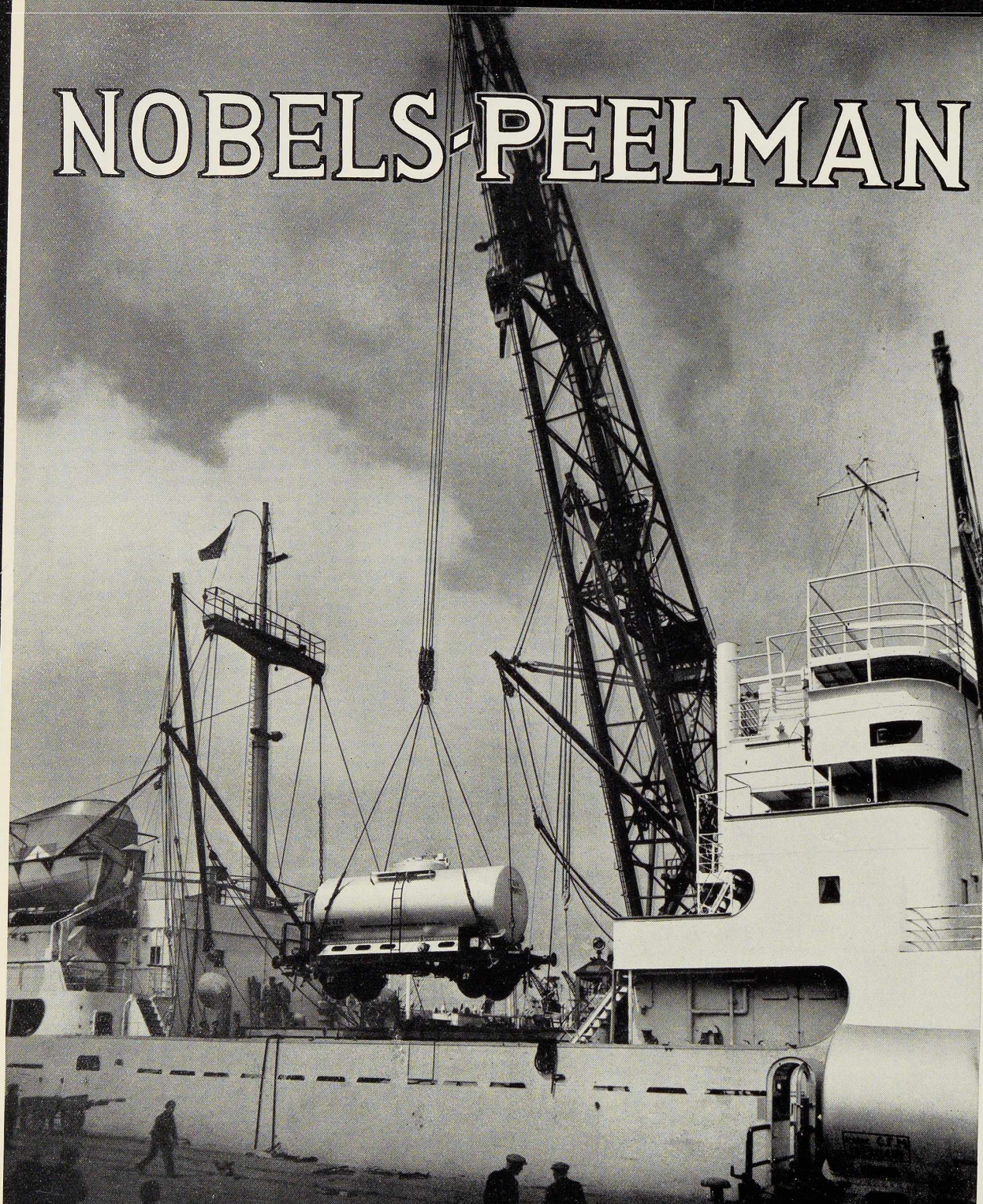
*Feuillards à chaud
Feuillards à froid*

*Tôles galvanisées
planes et ondulées*



60, rue d'Harscamp, LIEGE - Tél. 43.74.68

NOBELS-PEELMAN



ANC. ETABLISSEMENTS MÉTALLURGIQUES (S. A.)

Téléphones : 13 et 235

• **ST-NIKLAAS** •

BELGIQUE

METAALWERKHUIZEN VOORHEEN (N. V.)

Adr. Télég. : Ateliers St-Nicolas-Waes (Belgique)

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

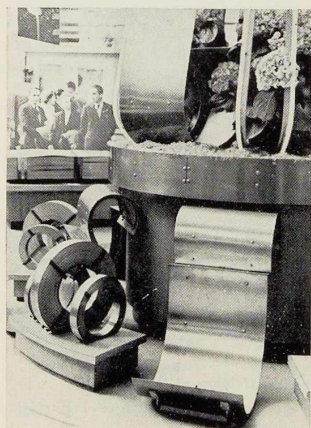


L'OSSATURE MÉTALLIQUE

REVUE MENSUELLE DES APPLICATIONS DE L'ACIER

16^e ANNÉE - N° 6

JUIN 1951



La Foire internationale de Liège 1951

Créée en 1949 pour donner une vue d'ensemble de toute la production métallique, allant de la petite pièce usinée à la machine la plus moderne, la Foire internationale de Liège a connu en 1951 un très vif succès.

Parmi les nombreux groupes représentés à la Foire, on peut citer notamment les suivants : Grosse métallurgie, Fontes, Aciers, Métaux non ferreux, Tréfilerie, Etirage, Laminage à froid, Forge, Estampage, Emboutissage, Travail de la Tôle, Ponts et Charpentes, Constructions navales, Matériel de Chemin de fer et tramways, Aéronautique, Automobiles, Cycles, Moteurs, Machines outils, Matériel d'entreprises de travaux, Construction électrique.

Cette grande manifestation industrielle a été inaugurée le 21 avril, par M. Pholien, Premier Ministre, accompagné de plusieurs personnalités du monde officiel et technique.

A la cérémonie d'inauguration, M. Neef de Sainval, Président du Conseil d'Administration de la Foire, a dégagé le sens de la troisième Foire et déclaré que ses dirigeants avaient décidé d'orienter chaque année les exposants vers les progrès réalisés dans des secteurs judicieusement sélectionnés, leur proposant en quelque sorte un

thème qui constitue la trame d'une réalisation collective.

En 1951, on pouvait noter parmi les sujets de la World's Fair liégeoise : le matériel destiné à l'exploitation des mines, l'équipement des raffineries de pétrole, les productions pour la défense nationale, etc.

Dans son discours inaugural, le Premier Ministre a rendu hommage à la hardiesse, à la persévérance et à l'esprit d'organisation des industriels liégeois qui, dès la première expérience, ont atteint la réussite et qui, d'année en année, améliorent encore les résultats obtenus.

La Foire internationale de Liège, a souligné M. Pholien, comme la région liégeoise elle-même, est une synthèse vivante des processus auxquels le génie humain a soumis la matière inerte et les énergies latentes de la nature pour les transformer en produits utiles à l'amélioration des conditions matérielles de la population.

La Foire des trois « M » qui a enregistré en 1951 une importante participation étrangère, était complétée par des Journées du Pétrole organisées par les Ingénieurs sortis de l'Ecole de Liège (A. I. Lg.).





Fig. 2. Stand de la S. A. d'Ougrée-Marihayé.

Le thème général des Journées du Pétrole était le suivant : « Ce que l'Industrie mécanique et l'Industrie de la construction métallique peuvent retirer de la création en Belgique de puissantes raffineries ».

Ces journées étant placées sous la présidence de M. A. Delmer, Ingénieur A. I. G., Secrétaire général honoraire au Ministère des Travaux publics, Professeur émérite à l'Université de Liège.

Parmi les communications présentées, citons notamment les suivantes :

- Raisons d'être des Journées du Pétrole (A. Delmer);
- Aspects économiques du raffinage du pétrole en Benelux (M. Krock);
- Description sommaire des Raffineries existantes et en construction en Benelux (G. de Henau);
- Conception des appareils et choix des matériaux pour les raffineries (W. P. Kerkhof);
- Recherches belges en matière d'aciers au chrome-molybdène (P. Coheur);
- Le pétrole et notre Colonie (P. Legraye);
- Pétrole et charbon (A. Gillet);
- La technique du forage et le matériel utilisé en forage (J. Kleinsmiède);
- Considérations sur le pétrole et son industrie dans l'économie d'un pays (R. Navarre), etc.

Fig. 3. Stand de la S. A. Ferblatil, Filiale de la Société John Cockerill.

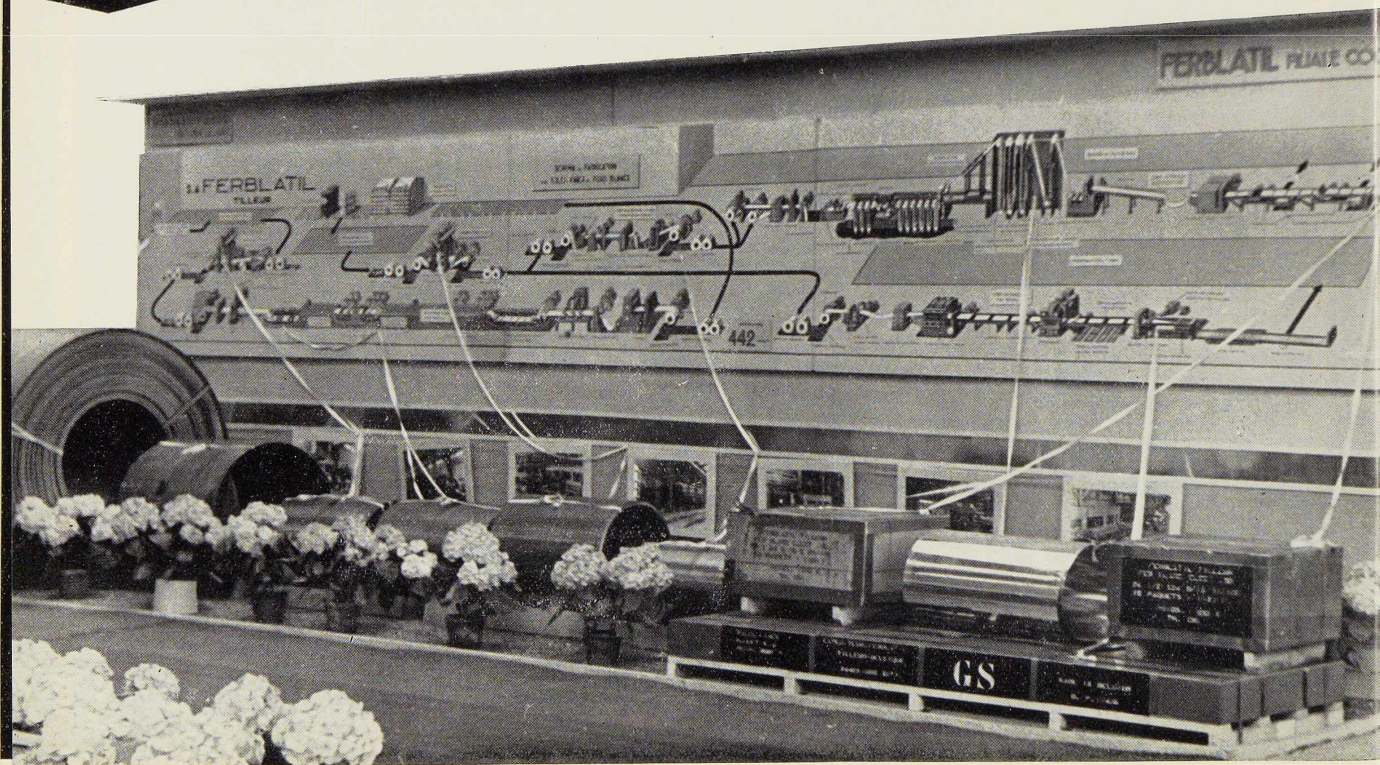




Fig. 4. Stand du Centre Belgo-Luxembourgeois d'Information de l'Acier.

A TRAVERS LES STANDS DE LA FOIRE

S. A. d'Ougrée-Marihaye (fig. 2)

Comme l'année dernière, la S. A. d'Ougrée-Marihaye s'est distinguée par un stand d'une conception originale. Celui-ci se présentait sous forme d'un immense lingot.

La S. A. d'Ougrée-Marihaye n'a fait qu'accroître son potentiel depuis sa fondation en 1836. A l'heure actuelle, la production de la Société est voisine d'un million de tonnes par an. Parmi les modernisations effectuées récemment, il convient de citer le nouveau laminoir blooming-slabbing, qui peut être considéré comme une des plus belles unités en Europe. Ce laminoir peut en effet traiter des lingots pouvant atteindre 15 tonnes.

S. A. John Cockerill (fig. 3)

La Société John Cockerill a mis l'accent cette année sur les fabrications de sa filiale la Com-

pagnie des Fers blancs et tôles « Ferblatil ». La technique moderne cherchant à réaliser en tôles de nombreuses fabrications, en vue de comprimer notamment le prix de revient, les nouvelles installations de Ferblatil équipées d'une façon très moderne fourniront aux industriels des tôles fines laminées à froid et du fer blanc produit électrolytiquement.

A côté des fabrications de la S. A. Ferblatil, la Société Cockerill montrait quelques-unes de ses nombreuses activités. Parmi celles-ci, il convient de citer les installations pétrolifères en cours de réalisation au port d'Anvers, ainsi que les constructions du chantier naval d'Hoboken. A signaler également les soutènements de mines en acier, dont l'emploi devient de plus en plus courant dans les installations de fond des charbonnages.

Centre Belgo-Luxembourgeois d'Information de l'Acier (fig. 4)

Le Centre Belgo-Luxembourgeois d'Information



Fig. 5. Stand de l'Union Commerciale Belge de la Métallurgie (Ucométal).



de l'Acier (C. B. L. I. A.) a présenté dans son stand des panneaux montrant ses activités et les instituts et commissions techniques auxquels le C. B. L. I. A. participe.

D'autres panneaux garnissant ce stand concernaient le Centre pour l'étude du fluage des métaux aux températures élevées et la Commission pour l'étude de la Construction Métallique.

Enfin, le C. B. L. I. A. présentait des spécimens de sa revue *L'Ossature Métallique* et de ses éditions techniques.

L'ossature du stand était réalisée en tubes d'acier, par A. Devis & C^{ie}.

Ucométal (fig. 5)

L'Union Commerciale Belge de la Métallurgie (Ucométal) organisme de vente de produits sidérurgiques des Usines John Cockerill, Forges de la Providence, Sambre et Moselle, a présenté ses fabrications dans un stand de bon goût. Pour souligner l'importance de la production de ses usines, un panneau suggestif rappelait aux visiteurs que les 3.000.000 tonnes produites par le groupe Ucométal représentaient un poids d'acier suffisant pour construire 430 tours Eiffel!

S. A. Phenix-Works (fig. 7)

La S. A. Phenix-Works spécialisée dans la fabrication de tôles et feuillets présentait dans un stand bien agencé la grande variété de ses produits.

Société Métallurgique d'Espérance-Longdoz (fig. 6)

Dans son stand artistiquement agencé, la Société Métallurgique d'Espérance-Longdoz exposait une grande variété de tôles et feuillets laminés à chaud et à froid. On sait que cette Société, plus



Fig. 6. Stand de la Société Métallurgique Espérance-Longdoz.

Fig. 7. Stand de la S. A. Phenix-Works.



Fig. 8. Une des applications des tubes d'acier figurant au stand des Usines à Tubes de la Meuse.



que centenaire, n'a cessé de moderniser ses installations. Récemment encore, ses dirigeants ont inauguré les nouveaux laminoirs à bandes à chaud, ainsi que les installations de laminage à froid.

S. A. Electromécanique (fig. 26, p. 273)

La S. A. Electromécanique exposait dans son stand quelques machines de sa fabrication dans le domaine du soudage électrique par résistance

et à l'arc et notamment une soudeuse au point triphasée pour le soudage d'alliages légers, ainsi que des postes de soudure à l'arc Econom'arc.



Fig. 9. Stand de la S. A. des Laminoirs de Longtain.

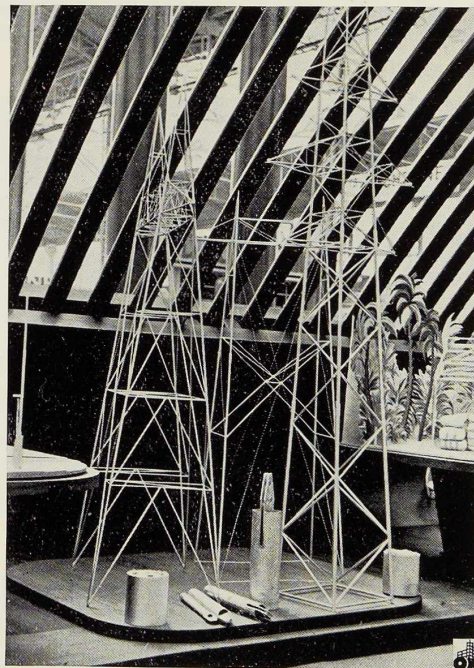
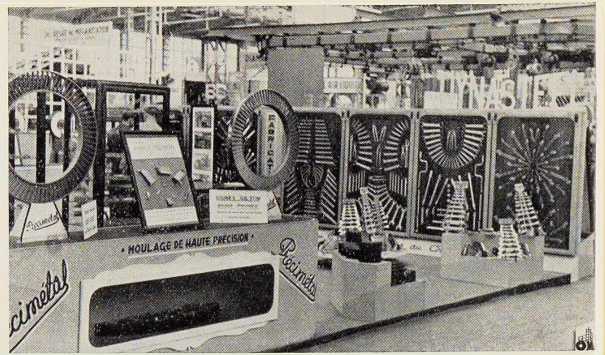
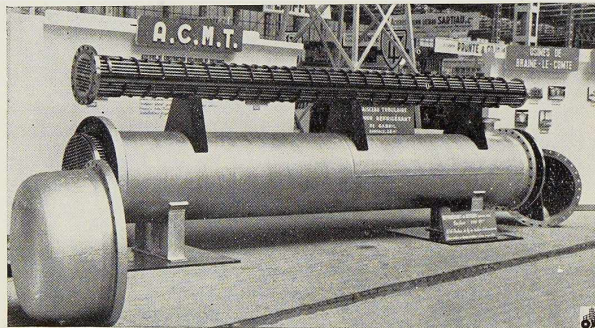


Fig. 10. Maquette des pylônes en tubes d'acier du stand des Usines à Tubes de la Meuse.

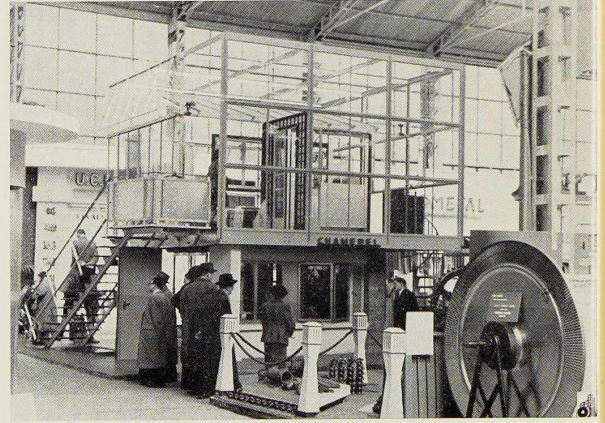
A



B

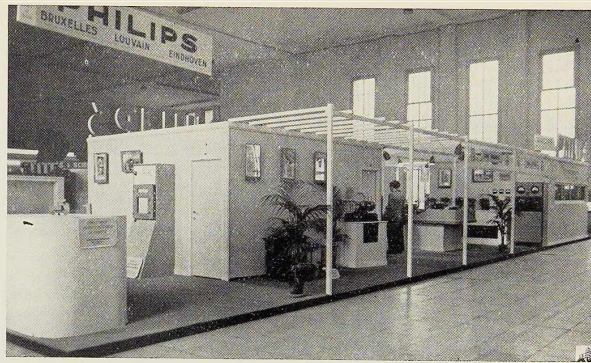
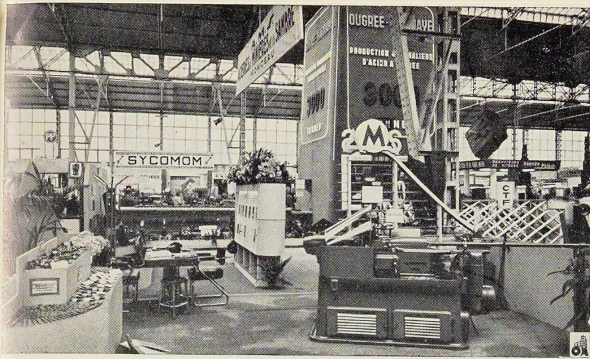


C

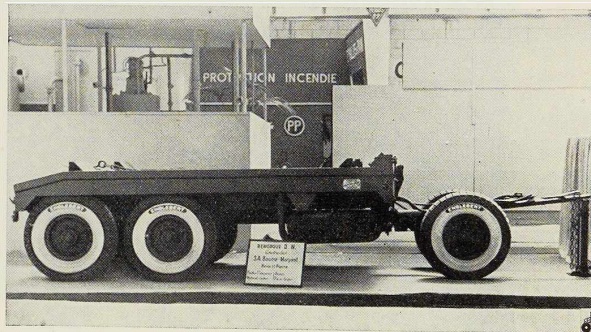


D

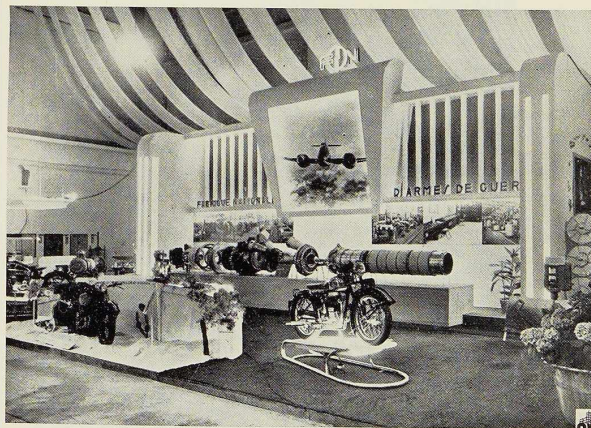
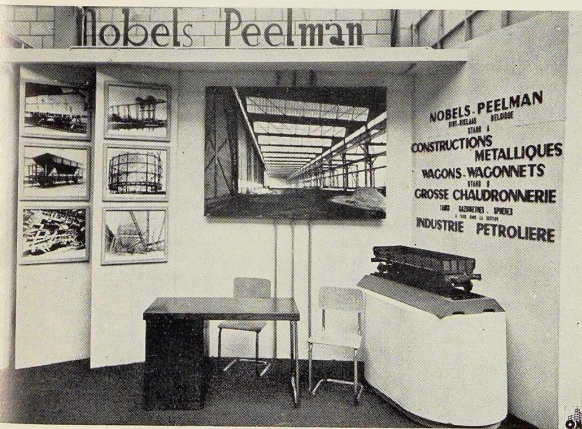




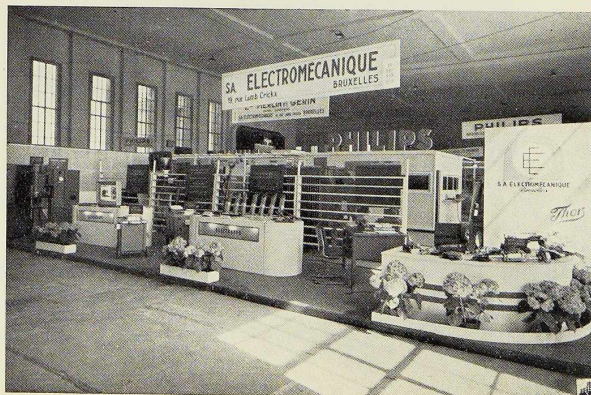
A



B



C



D

Légende des figures 11 à 26 (pp. 272-273) de gauche à droite.

Rangée A (fig. 11 à 14) :

Stands de la S. A. Arcos, de la S. A. Gilsoco, des Ateliers et Minières de la Sambre (A. M. S.), de la S. A. Philips.

Rangée B (fig. 15 à 18) :

Stands des Ateliers de Constructions Mécaniques de Tirlemont (A. C. M. T.), de la S. A. Magifer, de la Brugeoise et Nicaise & Delcuve, Remorques militaires figurant au Stand de la S. A. Baume et Marpent.

Rangée C (fig. 19 à 22) :

Stands de la S. A. L'Air Liquide, de la S. A. Chamebel, des Anciens Etablissements Nobels-Pelman, de la Fabrique Nationale d'Armes de Guerre (F. N.).

Rangée D (fig. 23 à 26) :

Etablissements des Constructions Métalliques de Jemeppe-sur-Meuse, de la S. A. Minière et Métallurgique de Rodange, de la S. A. de Construction de Jambes-Namur, de la S. A. Electromécanique.

Usines à Tubes de la Meuse (fig. 8 et 10)

Le stand des Usines à Tubes de la Meuse (U. T. M.) était, cette année, particulièrement réussi. On y voyait les tubes d'acier dans toutes

leurs applications. A côté d'applications classiques, les U. T. M. montraient quelques emplois nouveaux de tubes tels notamment les cintres de ponts dont le succès va d'ailleurs grandissant.

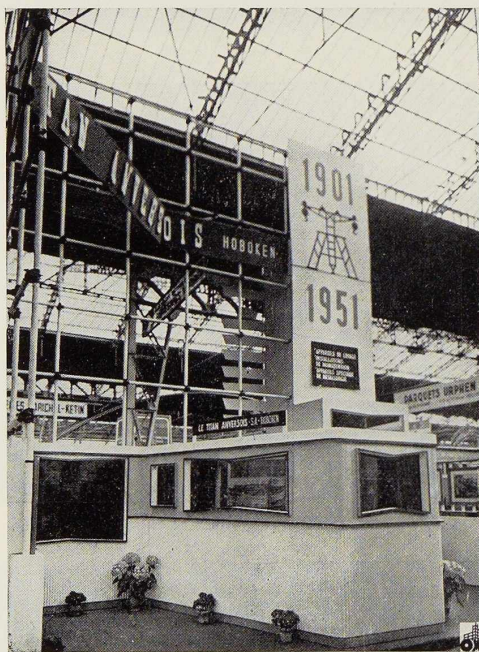


Fig. 27. Stand du Titan Anversois (Hoboken).

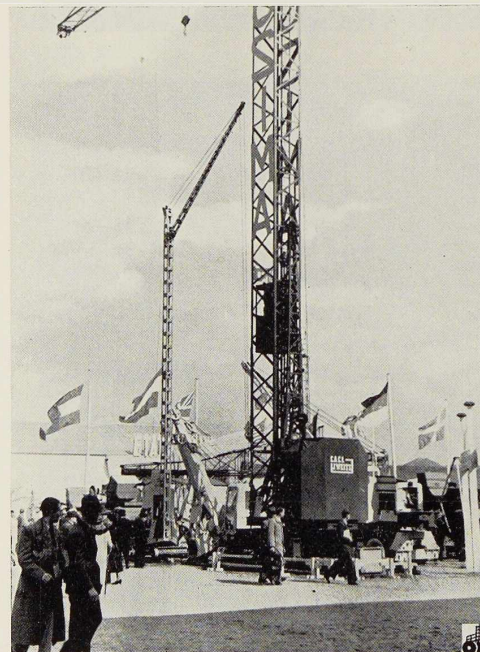


Fig. 28. Grue de la S. A. Macsima à Bouffloux, figurant à l'Esplanade de la Foire.



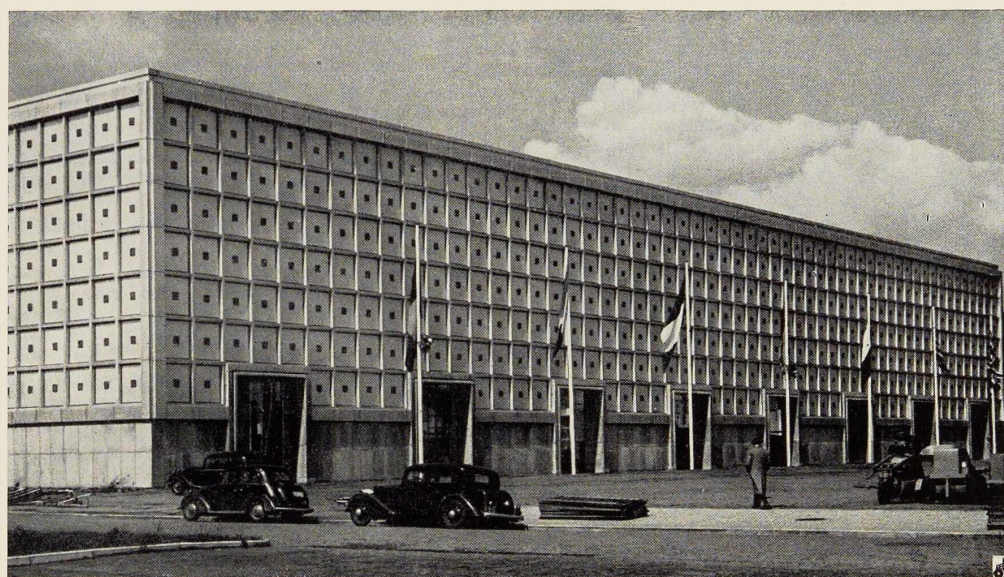


Fig. 29. L'élégante façade du Palais de la Métallurgie. Œuvre de l'Architecte G. Dedoyard.

S. A. Magifer Grisard (fig. 16, p. 272)

La S. A. Magifer Grisard exposait une sorte de mécano industriel destiné à réaliser une multitude d'assemblages démontables et transformables, notamment des rayonnages de tout type, des échafaudages, abris, baraquements, cloisons, faux plafonds, etc.

La Société Grisard présentait également un hangar agricole et un petit pont provisoire, système Monofer Grisard, réalisés en éléments standardisés hors feuillards pliés à froid, facilement démontables. Ces éléments étaient fabriqués par la S. A. d'Ougrée-Marihaye.

S. A. Philips (fig. 14, p. 273)

Le stand de la S. A. Philips permettait de voir en fonctionnement quelques-unes des dernières réalisations industrielles de cette firme.

On y remarquait notamment une cabine de soudure à l'arc, où une machine semi-automatique produisait des pièces de série, destinées aux suspensions caténaïres des chemins de fer.

Une autre nouveauté dans la gamme des générateurs inductifs HF était une unité de 10 kW utiles pourvue d'un système breveté assurant une

protection totale contre fausses manœuvres ou accident.

S. A. Aciéries et Minières de la Sambre
(fig. 13, p. 273)

La participation à la Foire de Liège des Aciéries et Minières de la Sambre (A. M. S.) portait exclusivement sur certaines spécialités de leur programme de fabrication. Y ont notamment été exposées des utilisations pratiques ayant trait aux fontes toutes catégories, aux moulurés à froid, aux profils spéciaux, aux aciers électriques de toutes nuances, aux aciers brevetés Ledloy, etc.

Un panneau dioramique soulignait les multiples contrôles et analyses effectués de manière méthodique aux diverses phases de fabrication.

S. A. Minière et Métallurgique de Rodange
(fig. 24, p. 272)

Le stand de la Société Minière et Métallurgique de Rodange montrait les profilés (et notamment les palplanches) qui font partie du programme de laminage de cette importante usine luxembourgeoise. Le stand était garni de photographies représentant des réalisations de la division fon-



Fig. 30. Stand des Usines Lauffer Frères.

derie et ateliers de construction. A signaler encore une fraiseuse à lingotières, placée au centre du stand, qui fut très remarquée.

S. A. Soudure Electrique Autogène « Arcos »
(fig. 11, p. 272)

La S. A. « Arcos » montrait dans son stand une cabine de soudage et exposait ses nouveaux produits, notamment les électrodes Navalend et Vertend D.

A signaler également un nouveau type de convertisseur de fréquence à raccordement triphasé, ainsi qu'une grosse soudeuse Sciaky de 100 kVA, dont Arcos a la représentation exclusive.

Fabrique Nationale d'Armes de Guerre (fig. 22, p. 273)

La Fabrique Nationale d'Armes de Guerre de Herstal (F. N.) présentait à la Foire de Liège un important stand, dont la majeure partie était réservée à la fabrication aéronautique.

On remarquait notamment un moteur « Derwent » complètement démonté laissant voir ses pièces disposées dans l'ordre d'assemblage.

D'autres départements de cette importante industrie liégeoise figuraient également à son stand.

S. A. l'Air Liquide (fig. 19, p. 272)

L'Air Liquide présentait, outre sa gamme complète d'appareils oxyacétyléniques classiques, une série d'innovations dans le domaine du soudage et du coupage des métaux spéciaux. Citons le soudage automatique en atmosphère d'Argon et le matériel nécessaire au découpage manuel et au

coupage automatique à la poudre de fer des aciers spéciaux et des métaux non ferreux.

A signaler également une machine de soudage sous flux Unionmelt, ainsi que la maquette d'une usine à oxygène.

Parmi les très nombreux participants à la Foire internationale de Liège, il convient de citer encore les firmes suivantes :

Les Ateliers de Construction de Jambes-Namur (fig. 25), qui présentaient des maquettes de maisons métalliques, le locopulseur Pulso, ainsi que divers travaux d'installations pétrolières.

La S. A. Gilsoco (fig. 12), qui montrait ses aciers de qualité et ses outillages, Dynasteel et Precimetal.

Les Ateliers de Construction Nobels-Peelman, la S. A. Baume et Marpent et La Brugeoise et Nicaise & Delcuve (fig. 17, 18, 21) qui présentaient des maquettes et des photographies d'ouvrages réalisés dans leurs ateliers.

A signaler encore les stands de la S. A. Chamebel (fig. 20), des Ateliers de Constructions Mécaniques de Tirlemont (A. C. M. T.) (fig. 15), du Titan Anversois (fig. 27), de la Société Macsima (fig. 28), des Usines Lauffer Frères (fig. 29), des Ports d'Anvers et de Liège, de la S. A. Constructions Métalliques de Jemeppe-sur-Meuse (fig. 23), des Laminoirs de Longtain (fig. 9), etc.

*
**

Ainsi que l'a dit M. Paul Gruselin, Bourgmestre de Liège, la Foire internationale était une véritable encyclopédie industrielle. A côté des lourdes pièces exposées par de puissantes sociétés, on y trouvait les petits joyaux de l'artisanat, qui était dignement représenté.

La réputation que la Foire des trois M a su acquérir en trois ans, tant en Belgique qu'à l'étranger, est un sûr garant des succès futurs de cette grande manifestation liégeoise.

Les photographies sont de Daniel (fig. 2, 9, 13, 21, 24, 25, 29), Malevez (fig. 1, 3, 5, 7, 8, 10, 11, 12, 15, 17, 18, 20, 23, 27, 28), Nélissen (fig. 6, 30), O. T. P. (fig. 26), Philips (fig. 14), Piron (fig. 4), Robyns (fig. 22).



A. Gaubert,
Ingénieur
des Arts et Manufactures,
Chef de Service
à l'Office Central
et Institut de Soudure, Paris.

Les appareils de soudage électrique à l'arc et les nouvelles normes françaises les concernant

Tous ceux qui utilisent à une certaine échelle, installent ou construisent des machines électriques, statiques ou rotatives, connaissent les Normes Françaises étudiées et éditées par l'Union Technique de l'Electricité (U. T. E.) et pourraient s'étonner, en raison du champ d'application très large de ces normes et de leur haut degré de perfection, que le Comité de Normalisation de la Soudure (C. N. S.) ait eu à créer des normes spéciales pour les appareils de soudage électrique à l'arc.

Cependant la nécessité de créer des spécifications venant compléter celle de l'U. T. E. est apparue dès 1935. Elle s'explique facilement quand on sait que les appareils de soudage doivent présenter des caractéristiques électriques tout à fait spéciales qui tiennent, d'une part, aux propriétés des arcs électriques qu'ils doivent alimenter, et, d'autre part, aux conditions d'exploitation particulières inhérentes aux opérations de soudage.

La soudure électrique à l'arc a pris aujourd'hui une grande extension et les appareils de soudage ont dû suivre les progrès de la technique et s'adapter à des services correspondant aux besoins actuels. Les six normes françaises concernant les appareils de soudage à l'arc, homologuées en mai 1950, accusent le reflet de cette évolution.

Il est ainsi apparu opportun à l'auteur de cet article, M. A. Gaubert, Ingénieur, Chef de Service à l'Office Central et Institut de Soudure, de rappeler certaines des conditions essentielles auxquelles doivent satisfaire ces appareils, de justifier, en tenant compte des exigences du soudage moderne, les dispositions prises dans les normes récentes les concernant et de montrer comment ces dernières, tout en s'appuyant sur celles de l'U. T. E., les complètent et permettent à tous les usagers le choix et l'exploitation judicieuse des appareils de soudage répondant aux besoins les plus divers.

Soucieux également de donner des bases de comparaison valables sur le plan international, l'auteur situe les dispositions adoptées dans ces nouvelles normes françaises par rapport à celles figurant dans les normes analogues mises en pratique ou étudiées par les grandes nations industrielles.

O. M.

Les principales caractéristiques des appareils de soudage à l'arc

Les appareils de soudage à l'arc visés par la normalisation et la nécessité de celle-ci

On sait que les procédés de soudage électrique à l'arc peuvent se classer en deux grandes catégories :

— Ceux dans lesquels l'électrode est fusible et constitue le métal d'apport;

— Ceux dans lesquels l'électrode ou les électrodes, pratiquement réfractaires, ne participent pas substantiellement à la constitution du joint.

Ces derniers procédés, très intéressants par les services qu'ils rendent dans l'industrie, ont toutefois actuellement un champ d'application beau-

coup plus limité que les procédés à électrodes fusibles dont nous préoccupons essentiellement ci-après.

Au surplus, il y a lieu de remarquer que de tous les procédés à électrode réfractaire, celui qui semble voué au plus brillant avenir est le soudage à l'arc en atmosphère inerte et que ce procédé s'accommode, sous réserve de prendre quelques précautions, des appareils de soudage construits pour l'utilisation d'électrodes fusibles.

Ainsi donc, la norme française A 85-011 « Règles techniques relatives à la fourniture de matériels de soudage électrique à l'arc » bien que visant essentiellement les appareils destinés au soudage manuel, semi-automatique ou automatique avec électrode fusible, couvre pratiquement la plupart



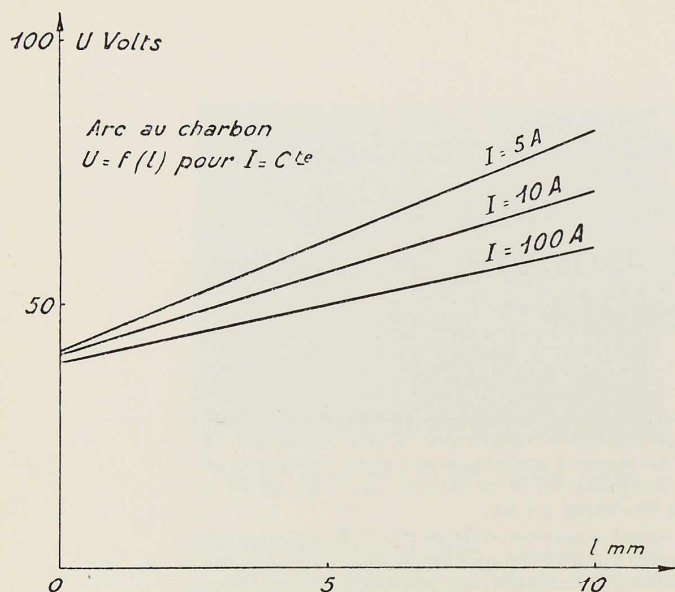


Fig. 1. Graphique établi pour l'arc au charbon dans l'air. Dans le cas d'électrodes réfractaires, à intensité I en ampères constantes, la tension à l'arc U en volts est une fonction linéaire croissante de la longueur du fuseau de l'arc l en mm. Lorsque l'intensité du courant croît, la pente des droites décroît pour tendre vers une limite.

des appareils de soudage actuellement construits.

Ceux-ci revêtent des aspects divers :

- Groupes convertisseurs ou électrogènes;
- Transformateurs statiques auto-régulateurs;
- Transformateurs-redresseurs polyphasés;

sont les formes les plus connues.

Chacun de ces types d'appareils présente de nombreuses variantes dans leur conception et dans leur réalisation et l'appréciation des mérites respectifs des diverses solutions proposées échappe au but que nous poursuivons ici. Plus simplement, nous voulons dégager les caractéristiques communes absolument fondamentales que doivent présenter tous les appareils de soudage à l'arc précités, indépendamment de leur type et de leurs particularités constructives.

Ces caractéristiques spécifiques doivent intéresser au premier chef tous ceux qui ont à choisir ou exploiter des appareils de soudage à l'arc. Elles sont en effet aussi précieuses pour le soudeur que celles requises par le mécanicien pour l'appréciation des possibilités d'une machine-outil. Mais le soudeur se heurte à deux difficultés : la définition des paramètres de fonctionnement des appareils de soudage fait appel à des notions peu usuelles et malheureusement ne saurait évi-

ter l'emploi de grandeurs caractéristiques ayant une signification conventionnelle. L'obligation de recourir à de telles dispositions suffirait, à elle seule, à justifier, si besoin en était, la création des normes dont nous avons à nous préoccuper.

Les appareils de soudage électrique à l'arc tiennent cette situation particulière comparativement aux autres machines électriques, d'une part aux propriétés de l'arc électrique qu'ils doivent alimenter, et, d'autre part, aux conditions d'exploitation imposées par la technique du soudage.

Caractéristiques des appareils de soudage imposées par les propriétés générales de l'arc électrique

LOIS FONDAMENTALES

Cas des électrodes réfractaires :

L'arc électrique a d'abord été étudié dans le cas simple du courant continu et d'électrodes réfractaires. De ces études expérimentales, deux lois simples se dégagent :

1° *A intensité constante la tension à l'arc est une fonction linéaire croissante de sa longueur.*

Lorsque l'intensité varie, l'ensemble des droites représentatives des fonctions $U = f(l)$ forme un faisceau et aux intensités les plus élevées correspondent les droites à plus faible pente (fig. 1).

2° *La loi d'Ohm n'est pas applicable à l'arc électrique : à longueur constante, la tension à l'arc décroît lorsque l'intensité du courant croît.* L'allure de la variation $U = f(I)$ est hyperbolique et lorsque la longueur de l'arc croît, les branches hyperboliques se déplacent dans le sens des tensions croissantes (fig. 2).

Mais, dans la plupart des applications pratiques où on recherche un effet thermique intense, des arcs courts et des courants élevés sont utilisés. Alors les points représentatifs des conditions de fonctionnement se situent sur les branches quasi horizontales des hyperboles et on peut pratiquement dire qu'à longueur constante la tension à l'arc est à peu près indépendante de l'intensité du courant.

Cette tension dépend de la nature des électrodes et de la composition de l'atmosphère où l'arc jaillit. Par exemple cette tension comprise entre 20 et 40 volts dans l'air dépasse 90 volts dans l'hydrogène.

Extension de ces lois au cas des électrodes fusibles

Ces lois demeurent valables dans le cas d'électrodes fusibles et s'étendent également aux valeurs efficaces des tensions et courants alternatifs. Elles sont vérifiées dans toutes leurs conséquences et



la proportionnalité des tensions aux longueurs d'arc est de plus contrôlable facilement par une mesure directe.

Conséquence de ces lois

Le fait que la tension à l'arc à longueur constante est à peu près indépendante de l'intensité du courant, impose à l'appareil d'alimentation de l'arc les caractéristiques électriques appropriées :

Pour que la valeur du courant soit bien définie, donc stable, il est nécessaire que la caractéristique externe du générateur soit plongeante.

Corrélativement, il est impossible de faire fonctionner directement un arc de soudage sur un réseau de distribution d'énergie à tension constante sans interposition d'un organe de stabilisation et de réglage du courant; on demande précisément aux appareils de soudage électrique à l'arc de jouer ce rôle essentiel (fig. 3).

Sous l'angle de la normalisation, cette caractéristique fondamentale apparaît presque implicitement et par le seul fait de la prise en considération des courants de court-circuit que les appareils doivent assurer.

Caractéristiques des appareils de soudage imposées par les propriétés des électrodes enrobées

TENSION D'AMORÇAGE

Pour pouvoir être amorcées, les électrodes doivent être alimentées par un appareil présentant une tension à circuit ouvert suffisante. Cette tension, variable avec la nature de l'âme, son diamètre, la composition des enrobages et le genre du courant de soudage (continu, alternatif et fréquence de celui-ci) est pratiquement comprise entre 40 et 80 volts. Les électrodes qui peuvent s'amorcer avec des tensions inférieures à 40 volts ou qui requièrent des tensions supérieures à 80 volts existent, mais elles représentent une faible minorité.

Fig. 3. Alimentation des arcs électriques : A longueur d'arc constante, le point figuratif M du fonctionnement dans le plan U, I doit être situé à la fois sur la caractéristique hyperbolique de l'arc (1) et sur la caractéristique externe du générateur (3). Pour que le courant I_s soit défini, donc stable, ces deux caractéristiques doivent se couper sous un angle non nul. La caractéristique externe du générateur doit donc être plongeante. Une tension d'alimentation constante U_s (2) ne peut convenir et les arcs électriques ne peuvent être alimentés directement par les réseaux.

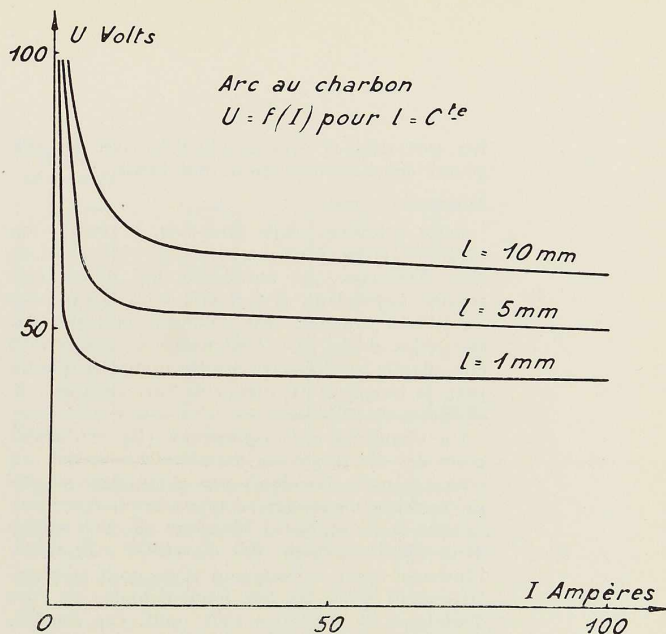
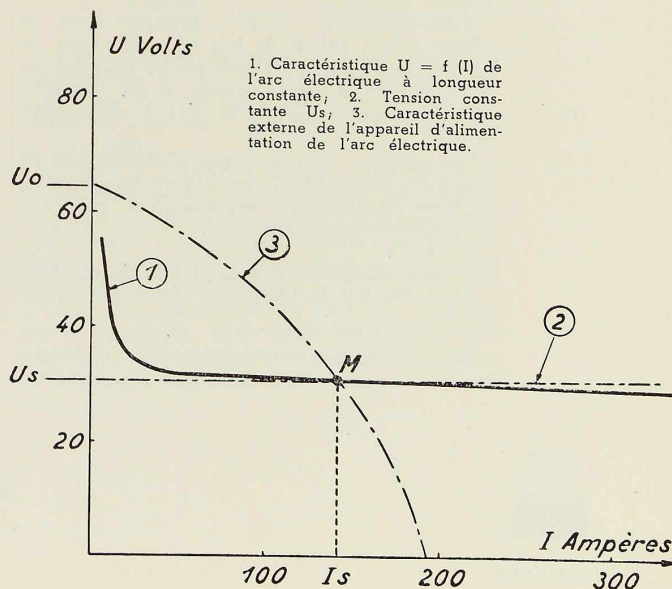


Fig. 2. Graphique établi pour l'arc au charbon dans l'air. Dans le cas d'électrodes réfractaires à longueur d'arc constante 1 mm, la tension à l'arc U en volts est une fonction décroissante du courant I en ampères. Lorsque la longueur d'arc croît, les hyperboles se déplacent dans le sens des tensions croissantes. En fait, dans la plupart des applications où un effet thermique est recherché, le point de fonctionnement se situe sur les branches quasi-horizontales des hyperboles et à longueur d'arc constante la tension est à peu près indépendante du courant.

En tout cas, sur ce point, la normalisation doit être très libérale : les tensions à circuit ouvert doivent figurer dans la désignation des appareils, mais il appartient évidemment à l'utilisateur de véri-



fier que celles-ci sont compatibles avec les exigences des électrodes qu'il veut fondre.

TENSIONS À L'ARC

Cette question, déjà examinée à propos des caractéristiques imposées par les propriétés de l'arc électrique, ne semblerait pas devoir être reprise. Cependant, il doit être tenu compte des conditions imposées par l'emploi pratique des électrodes; d'une part, l'intensité du courant doit être adaptée au diamètre des électrodes, et d'autre part, la longueur du fuseau de l'arc croît avec le diamètre de celles-ci.

Un simple croquis comparatif (fig. 4), établi pour des électrodes de diamètre 1,6 et 6,3, en tenant compte des épaisseurs d'enrobage et des profondeurs de cratère, confirme ce fait.

Ainsi donc, au fur et à mesure que l'on s'élève dans l'échelonnement des diamètres d'électrode, l'intensité croît, la longueur d'arc croît et corrélativement selon les lois fondamentales de l'arc électrique, la tension à l'arc croît. Ces considérations sont suffisantes pour justifier les relevés expérimentaux indiquant que la tension à l'arc, dans la pratique du soudage, est une fonction croissante du courant.

D'autre part, toutes choses égales par ailleurs, certaines électrodes présentent des tensions à l'arc relativement élevées; ceci se produit par exemple pour celles dont les enrobages renferment des corps susceptibles de se décomposer en donnant de l'hydrogène.

Si les appareils de soudage étaient destinés à fondre un seul et même type d'électrode, ces propriétés ne soulèveraient aucune difficulté de principe. Il suffirait de connaître la loi $U_s = f(I_s)$ reliant la tension à l'arc U_s au courant de soudage I_s , valable pour le type d'électrode considéré et de spécifier les appareils de soudage en conséquence.

Malheureusement, il n'en est pas ainsi, et comme il y a autant de lois $U_s = f(I_s)$ que de types d'électrodes, si on veut rendre comparables entre eux les divers appareils, il est indispensable de choisir une loi $U_s = f(I_s)$ conventionnelle.

Une première formule serait d'adopter une loi $U_s = f(I_s)$ représentant une valeur moyenne; ce n'est pas ce qu'a fait le normalisateur, nous verrons ultérieurement pourquoi.

Les caractéristiques des appareils de soudage imposées par la technique du soudage.

LA LONGUEUR DES CÂBLES

Une certaine longueur de câble relie l'appareil à la pièce à souder et à la pince porte-électrode. Les

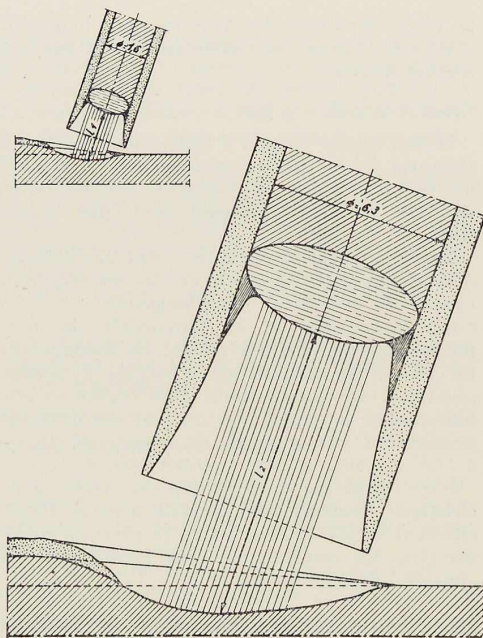


Fig. 4. Variation de la longueur d'arc avec le diamètre des électrodes enrobées.

∅ de l'électrode	Longueur du fuseau de l'arc	Courant	Tension à l'arc
1,6	$l_1 = 2 \text{ mm}$	40 A	20 à 25 V
6,3	$l_2 = 11 \text{ mm}$	250 A	26 à 30 V

parties terminales de ces câbles sont pour l'utilisateur les véritables bornes de l'appareil et nous verrons l'intérêt de déterminer les caractéristiques des appareils de soudage en tenant compte de ce point de vue.

LES GRADUATIONS

Outre que la mesure des courants de soudage soulève certaines difficultés techniques dont l'exposé dépasserait le cadre de cet article, il est souhaitable, pour des raisons pratiques, que les organes de réglage des appareils de soudage soient gradués en débit; le soudeur en effet n'a pas, seul, la possibilité de souder et de lire en même temps l'indication d'un ampèremètre.

Or, pour une position de l'organe de réglage, le débit dépend de la tension réelle à l'arc, mais celle-ci étant variable d'une électrode à l'autre



et pour une électrode donnée avec la longueur d'arc qui est elle-même sous la dépendance des conditions opératoires, il en résulte que les indications, portées par les organes de réglage, ne peuvent être qu'approximatives; elles sont cependant indispensables. Là encore, si on veut que tous les appareils de soudage soient comparables, la normalisation doit intervenir pour fixer les bases d'établissement des graduations; nous verrons ultérieurement quel a été le point de vue du normalisateur.

Le facteur de marche

Le soudage, même rendu semi-automatique ou automatique, n'est pas une opération continue. Il faut piquer le laitier mais cette opération peut être, il est vrai, éventuellement effectuée par un aide-soudeur; en tout cas, le changement d'électrodes, le passage au cordon ou à la passe suivante, sont des opérations entraînant des temps morts inévitables.

Au total, à une période de charge succède une période de marche à vide de l'appareil de soudage et il serait, en conséquence, abusif de le déterminer pour qu'il puisse assurer, tout comme un moteur ou un transformateur ordinaire, sa charge nominale sans arrêt, en service permanent.

La notion de durée de service et de facteur de marche doit être introduite: le facteur de marche est le rapport x , en général exprimé en % de la durée t de passage du courant à la durée T du cycle de soudage (fig. 5). Ainsi donc, tout appareil de soudage est calculé en tenant compte d'un certain facteur de marche et d'une certaine durée de service et dire, par exemple, que tel appareil peut souder avec un courant de 200 ampères ne renseigne nullement sur ses possibilités pratiques d'atelier si on ne précise pas les conditions de service pour lesquelles il a été prévu.

A cet endroit, la normalisation doit intervenir pour fixer un ou plusieurs facteurs de marche de référence et la durée du fonctionnement si on veut pouvoir comparer les possibilités énergétiques des divers appareils de soudage.

Conclusions

Ce tour d'horizon rapide permet de dégager les caractéristiques essentielles requises pour les appareils de soudage à l'arc; en résumé, ils doivent:

1° Présenter une caractéristique externe plongeante pour assurer la stabilité du fonctionnement de l'arc de soudage;

2° Donner une tension à vide juste suffisante pour amorcer les diverses électrodes dont l'emploi est prévu;

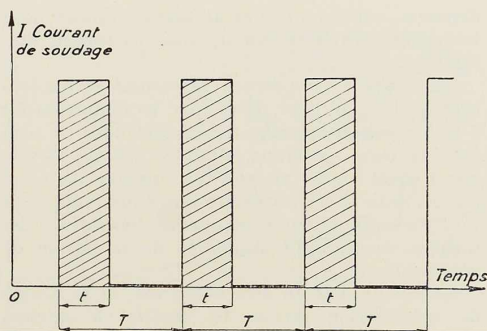


Fig. 5. Définition du facteur de marche: le soudeur fond une électrode pendant le temps t et le cycle de soudage se répète au bout du temps T . On appelle facteur de marche le rapport $x = 100 \frac{t}{T}$

3° Être muni d'un organe de réglage du courant de soudage gradué en ampères et ceci en corrélation avec l'adoption d'une certaine tension conventionnelle pour l'arc de soudage;

4° Assurer le courant de soudage nominal avec un certain facteur de marche pendant une durée spécifiée.

La normalisation nouvelle des appareils de soudage électrique à l'arc

Situation et évolution

Les nouvelles normes concernant les appareils de soudage à l'arc sont au nombre de six, formant un ensemble cohérent; elles ont pour référence:

A 85-011	A 85-022
A 85-020	A 85-024
A 85-021	A 85-025

La première est essentiellement une norme de spécification, les suivantes sont des normes d'essais. Elles ont été homologuées le 31 mai par arrêté en date du 7 juin (*Journal Officiel* du 11 juin 1950).

L'indice A 85-023 est réservé à un projet de norme concernant l'essai d'aptitude au soudage. Ce projet ne pourra être soumis à l'homologation que lorsque des études techniques auront pu assurer à l'épreuve des bases dont la valeur sera admise unanimement.

En vérité, ces normes ne sont pas essentiellement nouvelles, mais plus exactement, elles représentent l'état actuel de spécifications dont le C. N. S. avait jeté, dès 1935, les premiers fon-

dements; cependant elles accusent, comme nous le verrons ultérieurement, une évolution profonde.

Elles furent rédigées en respectant scrupuleusement le plan-type prévu par le Commissariat à la Normalisation; elles bénéficient donc de tous les avantages généraux attachés à cette forme, sur lesquels nous ne pouvons insister dans cet article, mais il est nécessaire que nous indiquions tout de suite qu'en conséquence immédiate, les normes d'essai sont disjointes de la norme de spécification.

Le lecteur doit en être averti car, si la norme de spécification précise tel résultat à obtenir, c'est dans la norme d'essai qu'il trouvera la technique à mettre en œuvre.

Ce mode de rédaction oblige à beaucoup de précision et favorise l'élargissement du domaine d'application des normes d'essais qui, à de nombreux égards, peuvent être considérées comme indépendantes. De ce fait, ces dernières sont applicables à des appareils de soudage qui ne répondraient que partiellement aux spécifications de la norme A 85-011, ou qui seraient hors de son domaine d'application.

La norme de spécification A 85-011

Nous n'en retracerons pas l'historique ⁽¹⁾, mais pour établir les comparaisons nécessaires et mettre l'accent sur l'évolution importante dont elle est le reflet, nous résumerons en quelques mots les dispositions de l'ancienne norme A 5-1 qu'elle remplace aujourd'hui.

La norme A 5-1 prenait principalement en considération :

— Une tension conventionnelle à l'arc constante : 25 volts;

— Un courant de soudage nominal relatif au facteur de marche 40 %;

— Une durée de fonctionnement d'une heure.

Examinons à présent et comparativement les dispositions de la NF A 85-011.

On remarquera d'abord que les spécifications de la norme A 85-011 sont relatives à des appareils en ordre de marche, c'est-à-dire équipés d'une certaine longueur de câble conventionnelle, ou d'une résistance équivalente.

La seconde novation importante porte sur la tension conventionnelle à l'arc. En parfait accord avec le point de vue technique développé dans la première partie de cet article, les réponses à l'enquête publique entreprise en 1947 ont montré

l'insuffisance d'une tension conventionnelle constante prise égale à 25 volts.

Le choix de la tension conventionnelle a, en effet, de multiples incidences :

— Pour tous les appareils de soudage, le choix de la tension conventionnelle a une répercussion immédiate sur leurs possibilités de débit.

— Pour les appareils comportant une génératrice, le choix de la tension conventionnelle influe directement sur la puissance du moteur d'entraînement.

— D'une façon plus générale enfin, le choix de la tension conventionnelle gère la graduation des appareils de soudage en courant débité et, s'il est impossible d'établir une graduation valable pour toutes les électrodes, il paraît infiniment souhaitable que la graduation adoptée ne puisse en aucun cas donner sur les possibilités de débit de l'appareil des indications fallacieuses. C'est pourquoi le C. N. S., s'inspirant de ces considérations, a adopté pour tension conventionnelle, non pas la valeur moyenne des tensions données par les diverses électrodes, mais plutôt une valeur voisine des maxima.

La tension à l'arc est une fonction croissante du courant. L'expérience montre qu'aux basses intensités les tensions sont de l'ordre de 22 à 25 V; pour des courants débités de 500 A et plus, les tensions peuvent atteindre et même dépasser 40 V avec certaines électrodes, notamment pour celles du type cellulosique.

On aurait pu adopter des tensions conventionnelles échelonnées par paliers comme cela est prévu par certaines normes étrangères, mais avec le souci d'éviter toutes dualités ou confusions, tenant également compte de ce que les normes françaises prévoient par ailleurs une graduation des appareils de soudage avec une précision imposée, le C. N. S. a adopté pour la tension conventionnelle une fonction linéaire croissante du courant, bornée pour les courants inférieurs à 100 A par la tension de 25 V et par la tension de 40 V pour les courants supérieurs à 500 A.

La figure 6 reproduit en trait fort la variation de la tension conventionnelle normalisée. Elle donne également le tracé de la caractéristique externe statique d'un appareil de soudage valable pour une position de son organe de réglage. L'intersection de cette caractéristique avec la courbe des tensions conventionnelles normalisées et avec la droite représentative de la tension constante 25 volts, permet de comparer les débits devant être indiqués par l'organe de réglage dans les deux cas.

Le débit relatif à la tension conventionnelle est nettement plus faible et cette circonstance

⁽¹⁾ Pour tous renseignements complémentaires sur ce point, voir communication présentée à la Société des Ingénieurs Soudeurs le 29 juin 1950, *Revue Soudure et Techniques Connezes*, vol. IV, no 7/8.



Fig. 6. Selon la norme A 85-011, l'intensité I_1 relative à une position de l'organe de réglage de l'appareil de soudage, est obtenue en prenant l'intersection de la caractéristique externe de l'appareil (3) avec la courbe des tensions conventionnelles (1). On constate que I_1 (310 A) est plus petit que le courant I_2 (345 A) relatif à une tension à l'arc constante égale à 25 volts (valeurs numériques données à titre d'exemple).

est tout à fait en faveur des usagers qui seront ainsi assurés d'acquérir un appareil avec lequel ils auront toujours l'assurance d'obtenir le débit indiqué quel que soit le type d'électrode qu'ils utiliseront.

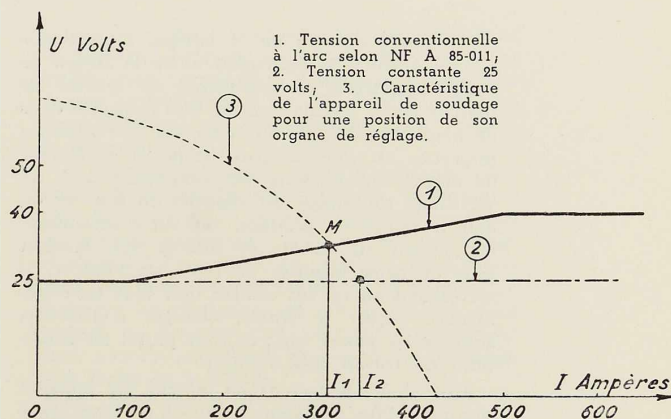
La norme A 85-011 répondant au légitime souci des constructeurs de donner aux usagers le maximum d'informations, déclare que les possibilités de débit des appareils pour d'autres tensions à l'arc pourront être indiquées complémentaiement, à titre facultatif, sous réserve qu'aucune confusion ne soit possible. En conclusion, la désignation des appareils de soudage est prévue en faisant référence à la tension conventionnelle normalisée et la graduation principale des appareils de soudage en courant débité est faite pour la même tension conventionnelle.

Le dernier point sur lequel la norme A 85-011 actuelle diffère essentiellement de la norme A 5-1 concerne la définition des possibilités énergétiques du matériel. L'enquête publique a en effet révélé que, d'une façon tout à fait générale, la conception d'une utilisation uni-horaire, avec un facteur de marche de 40 %, ne correspondait plus du tout aux besoins actuels des principaux usagers de la soudure.

Dans les observations recueillies, l'accent fut mis sur une comparaison du matériel de soudage français avec le matériel américain, et certains signataires concluaient en souhaitant l'adoption d'un facteur de marche de 80 % pour une utilisation continue.

Après discussion des réponses recueillies au cours de l'enquête publique, le C. N. S. reconnut qu'une évolution certaine s'était produite :

L'utilisation d'une charge uni-horaire apparaissait une conception ne correspondant plus qu'à des applications spéciales et l'acceptation d'un fonctionnement multi-horaire fut rapidement acquise. La formule d'échauffement admise fut celle des normes américaines NEMA, qui est reprise par l'article 4-2 de la norme A 85-021 Essai d'échauffement. Cet article précise, en effet, que l'essai est poursuivi jusqu'à l'obtention de l'équilibre de température, et pendant un maximum de quatre heures s'il n'est pas atteint.



Une évolution certaine s'est produite en matière de soudage. Les avantages et les possibilités offertes par ce mode d'assemblage conquièrent chaque jour de nouveaux adeptes. On soude mieux, on soude plus vite et surtout on soude davantage. Les dispositions adoptées par les normes américaines et par les nouvelles normes françaises ne sont, de ce point de vue, que le reflet des progrès et du développement des techniques du soudage à l'arc.

Mais, en revanche, l'adoption d'un facteur de marche aussi élevé que 80 %, qui était demandée par certaines réponses à l'enquête publique, ne pouvait être acceptée sans réserve. Tous ceux qui ont eu à se préoccuper de chantiers de soudage savent parfaitement que ce facteur de marche ne peut être pratiquement atteint que dans l'exécution de certains travaux et sous la réserve d'une organisation très poussée du travail.

Pour nous en rendre mieux compte, prenons en considération les trois facteurs de marche :

$$0,8 - 0,6 - 0,4$$

et, admettant une durée de fusion d'électrodes moyenne de 90 secondes, établissons un tableau donnant, en regard du facteur de marche, le temps mort, correspondant à la marche à vide de l'appareil, réservé à l'ouvrier pour changer d'électrode, passer au dépôt suivant, etc.

Tableau comparatif établi pour une durée de fusion moyenne d'électrodes de 90 secondes

Facteur de marche	Durée de la marche à vide en secondes
0,8	22,5
0,6	60
0,4	135

Le simple examen de ce tableau montre que si une minute de battement entre la fusion de chaque électrode correspondant au facteur de marche 60 % semble pouvoir être respectée dans de nombreux cas, en revanche, les 22,5 secondes imparties au soudeur pour respecter le facteur de marche 0,8 ne sont pas compatibles avec les servitudes qu'impose un chantier où souvent on doit travailler en position, sur un échafaudage, etc. Quant au facteur de marche 0,4, laissant plus de deux minutes de répit au soudeur, il correspond au cas où celui-ci doit tout faire lui-même : piquer le laitier, changer d'électrode, accoster les pièces, etc.; ce sont plutôt les conditions du travail chez l'artisan.

Ainsi donc, le facteur de marche 0,6 apparaît comme le plus probable et, puisqu'on nous opposait la qualité de robustesse du matériel américain, nous nous sommes une fois de plus tournés vers les normes de la NEMA, et nous avons dû constater qu'en soudage manuel, le facteur de marche maximum qu'elles adoptent pour la désignation des appareils à forte puissance est précisément de 60 %.

Il est apparu tout à fait raisonnable de considérer ce facteur de marche comme un maximum, et c'est celui qui fut adopté. Toutefois, pour tenir compte d'applications spéciales, la norme A 85-011 prévoit, à titre d'indications complémentaires exceptionnelles, les courants susceptibles d'être débités aux facteurs de marche 0,2 - 0,4 - 0,8 - 1.

Ainsi donc, les appareils de soudage sont à présent désignés par l'intensité du courant de soudage qu'ils peuvent débiter sous la tension conventionnelle à l'arc pour un facteur de marche de 60 %. En adoptant cette convention unique, valable pour toutes les gammes de puissance, le C. N. S. a voulu éviter toute confusion dans la désignation des matériels, à seule fin que l'utilisateur puisse juger, sans avoir à formuler la moindre hypothèse d'interprétation, les possibilités énergétiques de tous les appareils.

En revanche, le C. N. S. s'est interdit toutes spécifications complémentaires qui auraient finalement eu pour conséquence d'imposer l'adoption de règles constructives trop étroites. C'est ainsi, par exemple, qu'il n'a pas spécifié de rapport à respecter entre le courant relatif au facteur de marche 60 % et le courant maximum. Le constructeur a seulement pour obligation d'indiquer le facteur de marche relatif au réglage maximum; il est libre de situer à son gré le courant conventionnel de soudage dans la gamme de réglage. En particulier, ce courant peut coïncider éventuellement avec celui relatif au réglage maximum et, en ce cas, on se trouve en présence d'un

matériel très largement dimensionné; dans cette hypothèse, si les appareils justifient la relation $I \sqrt{x} = C^{te}$ (I intensité de courant correspondant au facteur de marche x) considérée comme valable en première approximation, cette disposition conduit à des matériels pour lesquels le courant, au facteur de marche 100 %, est sensiblement égal aux 77/100 du courant maximum. Il semble que de tels matériels doivent répondre complètement aux besoins des chantiers les mieux organisés, et même permettre l'alimentation de machines à souder automatiques.

Par ailleurs, en premier examen, le choix du facteur de marche 60 % pour le courant conventionnel de soudage pourrait paraître peu approprié à la désignation d'appareils de soudage de moyenne ou faible puissance destinés à des travaux intermittents. Or, de nombreux usagers de la soudure utilisent avec satisfaction des appareils conçus pour répondre à un tel programme de travail; l'existence de tels appareils est tout à fait justifiée et, au cours de ses séances de travail, la Commission du C. N. S. s'est, de nombreuses fois, penchés sur leur cas.

Mais là encore, la latitude qui est laissée au constructeur de situer à son gré le courant conventionnel de soudage dans la gamme de réglage permet la réalisation d'appareils répondant parfaitement au programme précité.

Par exemple, un appareil de soudage à faible puissance pour lequel la relation $I \sqrt{x} = C^{te}$ serait applicable en première approximation et donnant au réglage maximum un courant de 125 A pour un facteur de marche de 25 %, pourra être désigné aux conditions conventionnelles de soudage par 80 A—60 %.

Cette manière de faire qui, dans certains cas, pourra modifier quelques habitudes acquises, ne doit pas être considérée comme choquante, du fait que l'utilisateur sera parfaitement renseigné sur les possibilités de l'appareil qu'il aura à utiliser. De ces données, il déduira qu'il pourra fondre dans la pratique courante à son activité maximum des électrodes de 2,5, mais qu'il ne pourra fondre, en régime multi-horaire, qu'une électrode de 3,25 toutes les sept minutes environ.

Les normes d'essais

Celles-ci prennent pour base les normes U. T. E. avec lesquelles elles évitent d'interférer. Elles ont été conçues avec le souci :

— De donner aux spécifications de la norme A 85-011 l'assise très sûre qu'apporte toujours une méthode de contrôle;

— D'épargner aux expérimentateurs la peine de rechercher dans des textes très généraux ce



qui est strictement nécessaire à l'essai des appareils de soudage.

La norme A 85-020 intéresse le relevé des caractéristiques externes statiques. Le lecteur s'aperçoit d'emblée, par le sous-titre de la norme, qu'il ne s'agit pas d'un tracé complet des caractéristiques, mais seulement du relevé des grandeurs nécessaires à la désignation normalisée des matériels. Elle indique en outre que les mesures faites à froid sont répétées à chaud.

La norme A 85-021, *Essai d'échauffement*, indique que l'essai est effectué au moins pour les services conventionnels et maximum de soudage. Elle spécifie qu'en général, les mesures de température se font par thermomètre, et prévoit les cas où la mesure par variation de résistance peut être utilisée.

La norme A 85-022 tient compte de la norme C4 homologuée en juin 1949 quant à la terminologie et la conduite des essais des machines tournantes. Pour l'épreuve de rigidité diélectrique des transformateurs, elle s'inspire des tendances actuelles se manifestant dans des projets déjà étudiés par l'U. T. E. les concernant. Elle indique en outre que l'épreuve doit être faite à chaud.

La norme A 85-024 - *Commutation* donne toutes les conditions de l'essai et précise les tolérances à admettre sur les tensions d'alimentation et vitesses de rotation.

La norme A 85-025 - *Rendement* indique que celui-ci est déterminé pour les conditions de fonctionnement relatives à la désignation des appareils de soudage. Certaines tolérances sur les tensions d'alimentation ou vitesses de rotation sont admises. Elle indique également que l'essai doit être fait à chaud.

Un examen plus complet de ces normes serait fastidieux, et un commentaire ne saurait se substituer à la lecture des textes eux-mêmes; nous abandonnons donc ici leur analyse mais en indiquant que le C. N. S. sera toujours heureux de répondre à des demandes de renseignements sur des points particuliers les concernant ⁽¹⁾.

Situation de ces normes vis-à-vis des normes étrangères

Il paraît intéressant, à présent, de situer ces normes françaises vis-à-vis des normes nationales similaires des autres pays.

En règle générale, on peut dire qu'elles sont peu nombreuses et souvent très limitées dans leur portée, soit qu'elles n'envisagent qu'un aspect de la normalisation, comme la norme

⁽¹⁾ Le Comité de Normalisation de la Soudure a son siège 32, boulevard de la Chapelle, à Paris (XVIII^e)

danoise DS 380 « Marquage des appareils pour le soudage électrique », soit qu'elles ne visent qu'un type particulier d'appareil, comme la norme australienne C 97 « Poste de soudage à l'arc électrique en courant alternatif » (type à transformateur).

A notre connaissance, seuls l'Australie, l'Autriche, le Danemark, les Etats-Unis, le Royaume-Uni, la Suède et l'U. R. S. S. sont en possession de normes concernant le matériel de soudage électrique à l'arc. Mais, en revanche, dans divers pays, des normes sont à l'étude, et notamment en Italie et en Hollande, où un projet est assez avancé. Au Royaume-Uni, les normes en vigueur sont actuellement l'objet de révision et un projet très étoffé est à l'étude.

En fait, parmi les normes étrangères, les normes américaines NEMA, Publication 45-105 de septembre 1949, apparaissent comme les plus complètes, car elles envisagent les diverses catégories d'appareils et précisent certaines conditions d'essais, notamment pour le contrôle des échauffements et les épreuves de rigidité diélectrique.

Les normes françaises, nous l'avons vu, s'en sont inspirées, mais en cherchant à apporter tout à la fois le maximum de rigueur, de précision, d'unification et de souplesse.

Les normes NEMA, en effet, envisagent des facteurs de marche variables avec le type d'appareil et la valeur du courant de soudage nominal; même dans certains cas, il peut y avoir dualité, c'est ainsi que le type 200 A peut être réalisé soit avec le facteur de marche 50 %, soit avec le facteur de marche 60 %. Les tensions conventionnelles à l'arc sont 20 — 25 — 30 et 40 volts, sans variation continue et là encore, la dualité existe; il est prévu un type d'appareil 200 A — 30 V — 50 % et un type d'appareil 200 A — 40 V — 60 %.

D'autre part, les normes américaines imposent pour chaque valeur nominale de courant un certain domaine de réglage avec facteur de marche spécifié pour l'intensité maximum sous la tension conventionnelle à l'arc. Ce facteur de marche est en général de 30 à 35 %; cela revient, en fait, à imposer aux constructeurs des paramètres constructifs relativement étroits.

Enfin, nous noterons que, si les normes NEMA recommandent l'emploi de certaines sections de câble de soudage, elles ne tiennent pas compte d'une résistance conventionnelle du circuit de soudage dans la définition des matériels.

On doit reconnaître que les normes françaises offrent à l'usager la possibilité de requérir des matériels plus largement dimensionnés que les normes américaines: il lui est, en effet, toujours loisible, comme nous l'avons déjà dit, d'exiger



des appareils pour lesquels le facteur de marche 60 % est valable pour le réglage maximum. De plus, la prise en considération d'une tension conventionnelle à l'arc progressive et d'une certaine chute de tension dans les câbles de soudage fictifs lui apporte, certes, au prix d'une certaine complication dans les définitions, l'assurance de pouvoir se procurer des appareils très largement dimensionnés.

En Europe, les normes françaises concernant les appareils de soudage électrique à l'arc, dont les textes, sous forme de projets, ont été largement diffusés tant par les soins de l'Association Française de Normalisation, que par l'Institut International de la Soudure, retiennent vivement l'attention des organismes nationaux de normalisation. C'est ainsi que la norme autrichienne M 786, très récente, adopte un facteur de marche unique de 55 %, et reprend, sous forme de tableau, la tension conventionnelle à l'arc des normes françaises. Le projet de norme hollandais envisage également une tension conventionnelle à l'arc représentée par une fonction linéaire croissante du courant, qui, partant d'environ 23 V, atteint 40 V pour des courants de 450 à 550 A.

Sur le plan international, enfin, les normes françaises ont, dès avant leur homologation, retenu l'attention générale et sont prises notamment comme base de discussion technique par la Commission compétente de l'Institut International de la Soudure.

Conclusion

Dans les normes françaises, la désignation des appareils par un facteur de marche unique 60 %, relatif à une intensité dont la situation n'est pas imposée dans la gamme de réglage, assure à l'utilisateur la loyauté dans l'affirmation des possibilités offertes par les matériels de soudage, et laisse aux fabricants, qui ont la charge de leur conception, le maximum de liberté dans la recherche des dispositions constructives les plus favorables.

L'ensemble des spécifications principales, objet du présent article, et de quelques autres qui intéressent la précision et la stabilité des réglages, donne à l'utilisateur des bases de jugement pour l'appréciation de l'aptitude à l'emploi et de la qualité du matériel qu'il considère.

Les normes d'essai assurent à la norme de

spécification des assises solides. Etablies pour répondre aux mêmes fins que d'autres normes d'essais françaises, telles les diverses normes relatives aux appareils de chauffage au gaz, elles permettront à tous les constructeurs et usagers de la soudure de vérifier d'une façon indiscutable les valeurs numériques frappées sur les plaques signalétiques spéciales prévues pour les appareils normalisés.

Ces plaques signalétiques permettront à tous les usagers de la soudure de reconnaître les appareils répondant à ces spécifications nouvelles. On a, d'ailleurs, pu les voir figurer sur bon nombre de matériels exposés à la Foire de Paris (fig. 7).

NOM DU CONSTRUCTEUR			
TYPE XYZ - N° 3247 - NF A85-011			
Alimentation = \sim			
Tension	220 - 380	V	50 Hz
Mono	phasé	I_{max} $\begin{cases} 220V - 85A \\ 380V - 49A \end{cases}$	I_{cs} $\begin{cases} 220V - 55A \\ 380V - 31A \end{cases}$
Circuit de soudage \sim 50 Hz			
U_0	60-80	V	I_s 15A/25V/250A/31V
Service	C.S.	200	A X% = 60
	Max.S.	250	A X% = 40
	I_c	310	A

Fig. 7. Exemple d'une plaque signalétique relative à un transformateur de soudage mono-phasé. Cette plaque indique le nom du constructeur, le type d'appareil et les caractéristiques électriques de l'appareil, en utilisant les symboles prévus par la NF A85-011 pour la désignation des grandeurs caractéristiques.

Ainsi s'affirme l'effort d'une profession qui a le souci permanent du perfectionnement dans une technique dont les constants progrès ont bouleversé les méthodes d'assemblage et de fabrication, et qui est d'ailleurs loin d'avoir dit son dernier mot dans de nombreux domaines de la transformation des métaux.

A. G.



L. Bartholomé,
Chef du Service des Etudes

et

H. Ehlen,
Chef de la section Charpentes,
aux Ateliers de Construction et
Chaudronnerie de l'Est
à Marchienne-au-Pont

Usine de préparation mécanique de roche dure et de concentration de cassitérite

Introduction

Les voyageurs qui rentrent d'Afrique et qui sont passés par Manono (Congo Belge), sont fort impressionnés par l'importance des installations réalisées par la Société Géomines.

On sait que dans le Bas-Katanga, cette société extrait du sol, des sables et roches stannifères à l'effet d'en libérer la cassitérite (bioxyde d'étain).

Toute l'importance des installations nécessaires à ces fins, ressort du fait que chaque mètre cube en place ne contient que 1 ou 2 kg de cassitérite, que chaque mètre cube déplacé occupe un volume foisonné égal à 1,4 fois le volume en place; enfin que les roches dures doivent être réduites en grains < 2 mm pour permettre industriellement la libération complète des inclusions de cassitérite riche.

Les opérations qu'elles comprennent se résument comme suit : extraction en carrière, transport et manutention, concassage, broyage, lavage et concentration, mise en terril des stériles (fig. 3 et 5).

Une nouvelle grande usine s'érige actuellement au siège ID. 15; elle comporte un ensemble très important de matériel et de charpentes métalliques dont les études et l'exécution ont été confiées aux Ateliers de Construction et Chaudronnerie de l'Est à Marchienne-au-Pont. Nous nous limiterons dans cet article à exposer la technique constructive et les caractéristiques de l'ossature métallique des bâtiments et beffrois, réalisés pour abriter et supporter l'équipement (fig. 1).

On ne peut traiter un tel sujet sans que le lecteur connaisse le processus de la préparation,



Fig. 1. Ensemble de la nouvelle usine de préparation et concentration au Siège ID15 de la Société Géomines.

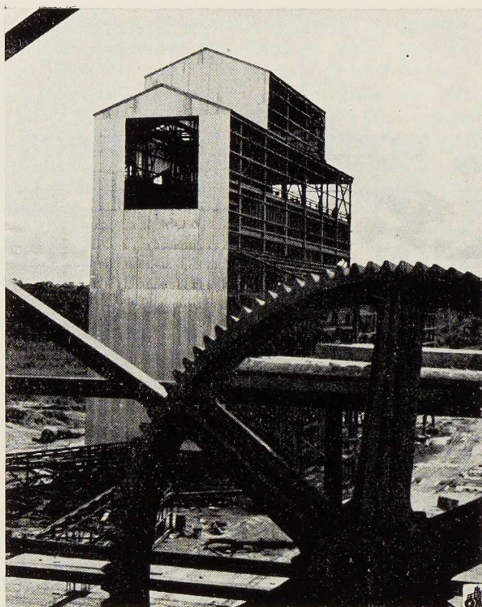


Fig. 2. Montage achevé du bâtiment de la laverie (Bâtiment III).

et nous remercions sincèrement M. Barzin, Ingénieur, Administrateur-Délégué de la Compagnie Géomines, auteur de ces installations de nous avoir autorisés à l'exposer.

La roche explosée en carrière est acheminée par bennes automobiles vers des centres de déversements équipés de grisly séparant les parties friables < 100 mm, des roches dures. De gros broyeurs giratoires réduisent les roches en morceaux inférieurs à 100 mm pour en permettre l'évacuation commune au passé des grisly par des transporteurs à courroie; la capacité des installations permettra le traitement horaire de 1 500 tonnes de roche désintégrée.

Le 0-100 est relevé aux installations de surface par des transporteurs à courroie de 1 200 mm de largeur. A titre documentaire, certains de ceux-ci atteignent la longueur d'axe en axe des tambours de 350 mètres, montent à une inclinaison de 15°, peuvent transporter 750 tonnes/heure et sont équipés de treuils de 350 CV.

A leur arrivée en surface, les matières brutes sont débarrassées des corps magnétiques susceptibles de nuire aux appareils de broyage et déversées dans des trémies. Reprises sous celles-ci par des distributeurs oscillants, elles sont concassées

en 0-40 et relevées sur des transporteurs réparti-teurs qui assurent la distribution dans des silos. Sous ceux-ci, les produits grenus sont réduits par une nouvelle série de broyeurs et enfin désinté-grés en fins éléments par des broyeurs à barres, pour être finalement emmagasinés dans les silos régulateurs d'alimentation de la laverie (fig. 4).

La matière ainsi préparée est d'abord concentrée par des jigs et les fins éléments contenus dans les stériles sont classés dans des couloirs équipés d'appareils « Rhéolaveurs » système A. France et ensuite traités sur des tables vibrantes. La cassitérite concentrée par ces appareils est entreposée et les stériles sont mis en terril par des transporteurs à courroie.

Les bâtiments principaux qui abritent et servent de support au matériel qui assure toute la manutention et la préparation sont au nombre de quatre; avec l'abri du relais de recyclage et les passerelles-abris des transporteurs, ils comportent un poids global de quelque 3 000 tonnes.

En principe, les broyeurs sont installés au sol et reposent directement sur des massifs en béton armé; les cribles sont installés sur des beffrois métalliques indépendants de façon à empêcher la propagation des vibrations éventuelles à l'ossature des tours et bâtiments.

Les couvertures et les revêtements de parois, tant pour les bâtiments que pour les passerelles-abris des transporteurs sont constitués de panneaux ondulés en duralumin ondes de 76×20 (poids 1,5 kg/m²). Dans les bâtiments, l'ossature des parois est prévue pour permettre aux revêtements de prendre naissance à une hauteur de 2 mètres au-dessus des planchers permettant ainsi éventuellement la libre circulation de l'air aux différents paliers dont la périphérie est délimitée par des garde-corps métalliques.

Ces installations sont réalisées sans châssis vitré, l'éclairage diurne est assuré aux endroits où il s'indique par la simple substitution de panneaux ondulés translucides, aux panneaux en duralumin.

Bâtiment n° I

Le bâtiment n° 1 occupe une superficie de 400 m² et atteint au niveau des entrants une hauteur hors sol de près de 27 mètres. Le plancher disposé au niveau 20 mètres supporte les treuils de commande des trois transporteurs relevant les produits de la carrière. Ces appareils inclinés à 15° qui permettent des débits horaires, l'un de 350 tonnes, les deux autres de 750 tonnes chacun ont des longueurs respectives de 2×120 m, 240 m et 350 m. Les courroies de transport exercent sur leurs tambours entraîneurs de tête disposés comme il est dit plus haut au palier de 20 mètres



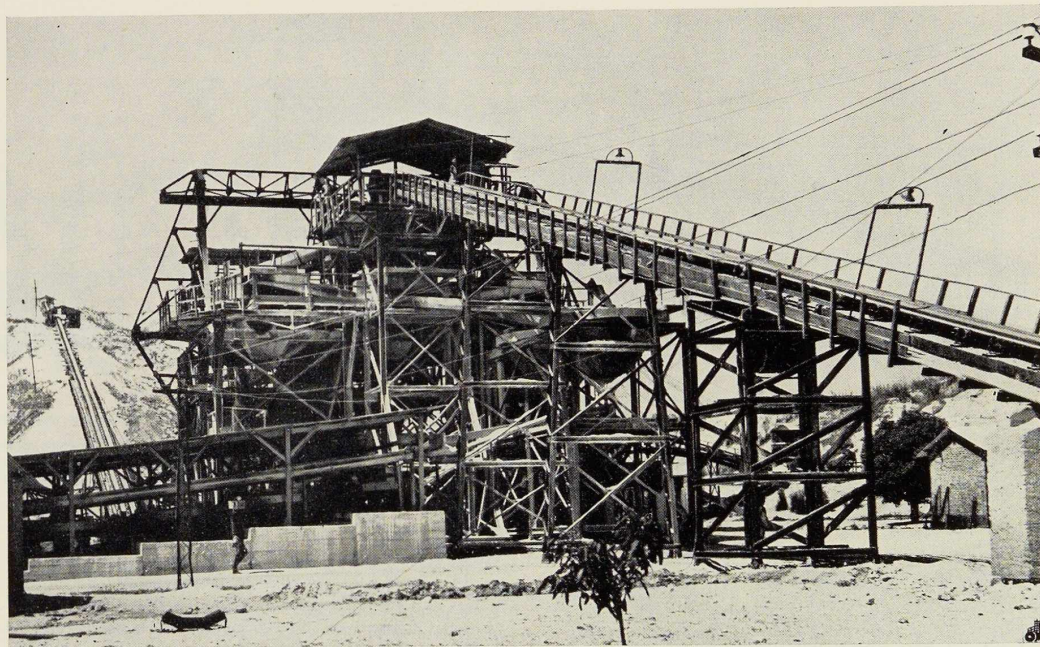


Fig. 3. Ensemble d'une laverie de graviers stannifères de la Société Géomines au Congo Belge.

Photo M. Goldstein.

des tensions de l'ordre de 30 tonnes, lesquelles se décomposent pour exercer sur la tête du bâtiment des tractions perpendiculaires totales de 75 tonnes. Des dispositions spéciales ont dû être prises tant pour la stabilité des charpentes que dans la conception des treuils de commande pour freiner et absorber l'effort de dévissage des courroies chargées en cas d'arrêt par panne de courant (fig. 6).

Ces efforts conjugués aux poussées atmosphériques, aux charges normales et aux surcharges accidentelles, ont été maîtrisés dans l'ossature par un réseau de contreventements judicieusement disposés et dans les fondations par des masses de stabilisation appropriées.

Le bâtiment comporte trois trémies de 75 tonnes de capacité chacune, destinée ainsi qu'il est dit précédemment à l'emmagasinage des roches concassées en morceaux de 100 mm. Les fonds des trémies sont du type suspendu. L'ossature est constituée d'une superposition de frettes périmétriques en « I » reliées par des barres qui reportent les efforts sur des ceintures en « I » de 360 PN, lesquelles s'appuient sur les colonnes du

bâtiment. Le blindage est exécuté en tôle de 10 mm d'épaisseur pour les parois verticales et les fonds; le tout assujéti à la structure par des boulons à têtes fraisées dans l'épaisseur de la tôle. Le fond des trémies est garni d'un revêtement d'usure en tôle de 12 mm d'épaisseur, en acier à 50/60 kg de résistance par mètre carré, fixé en certains points par des boulons communs aux tôles de blindage.

Afin de protéger les fonds des trémies éventuellement vides contre le bombardement intensif des pierres projetées à grande vitesse par les transporteurs à courroie, de fortes poutrelles H disposées horizontalement dans les tours constituent un réseau de chicanes dans le champ de projection. Le creux des poutres forme un réceptacle de matières inertes, lequel assure l'autoprotection des profils utilisés.

L'accessibilité aux différents planchers est permise par des escaliers métalliques inclinés à 45°, flanqués de garde-corps en fers profilés et coupés de fréquents paliers. Les marches sont constituées de tôles pleines striées à nez recourbé. L'utilisation

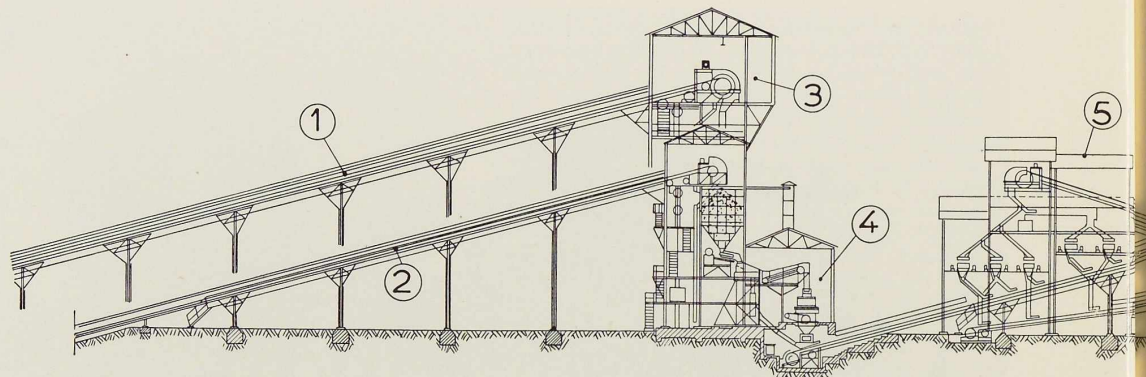


Fig. 4. Disposition d'ensemble d'un étage

1. Deux transporteurs d'amenée des produits de la carrière, 2. Transporteur d'amenée des produits de la carrière tertiaire, 6. Transporteur de reprise 0,3, 7. Transporteur de reprise des broyés recribles 3,20 (étrés), 10. Transporteur de retour des broyés recribles 3,20, 11. Bâtiment n° II, 12. Transporteur de retour

rationnelle des espaces a fait choisir le pourtour des cages qui contiennent les contrepoids de tension constante des courroies de transport, pour l'emplacement des escaliers.

L'élévation des pièces de rechange ou de réserve aux différents étages est assurée d'une part au moyen de monte-charges électriques à cabine fermée d'une force de 600 kg, d'autre part, à l'aide de palans monorails roulant sur des poutres qui

surplombent les appareils et se prolongent en porte-à-faux à l'extérieur des bâtiments.

Les cribles « Symons » qui effectuent la séparation du 0-40 et du 40-100 prennent appui sur des beffrois indépendants qui assurent leur stabilité par leur conception, leurs entretoisements et leurs fondations.

Dans le hall du broyage secondaire, un palan roulant permet la manutention des divers organes des broyeurs ou de leurs accessoires de commande.

Une série de cheminées en tôles galvanisées de 1 mètre de diamètre complète la ventilation du bâtiment de broyage et aide au dégagement des poussières.

Les fondations sont réalisées par un radier général en béton armé et conçues pour résister aux efforts alternés de compression et soulèvement et assurer la parfaite stabilité de l'ensemble.

La plupart des longerons des transporteurs qui élèvent les matières des carrières ou qui en assurent le transport entre les différents bâtiments sont combinés avec les bracons des pylônes porteurs pour servir de support aux passerelles latérales suspendues aux dits longerons. Le platelage est en tôle striée et les garde-corps en cornières. Le produit manutentionné est protégé par des tôles ondulées cintrées formant abri au-dessus des bandes transporteuses. Les pylônes sont du type

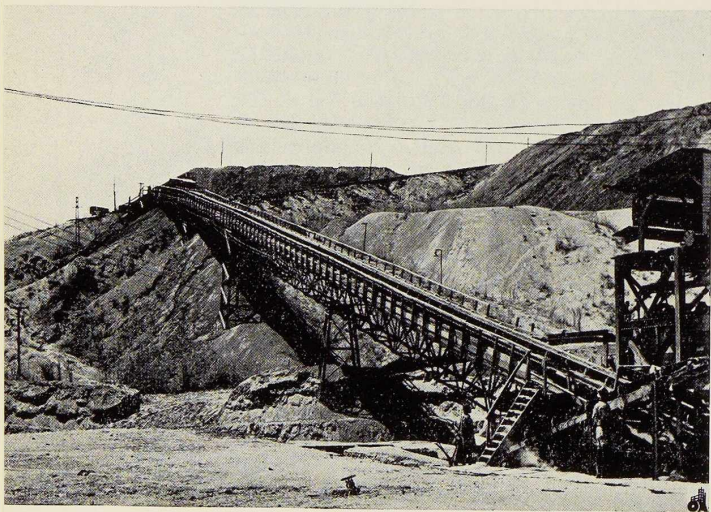
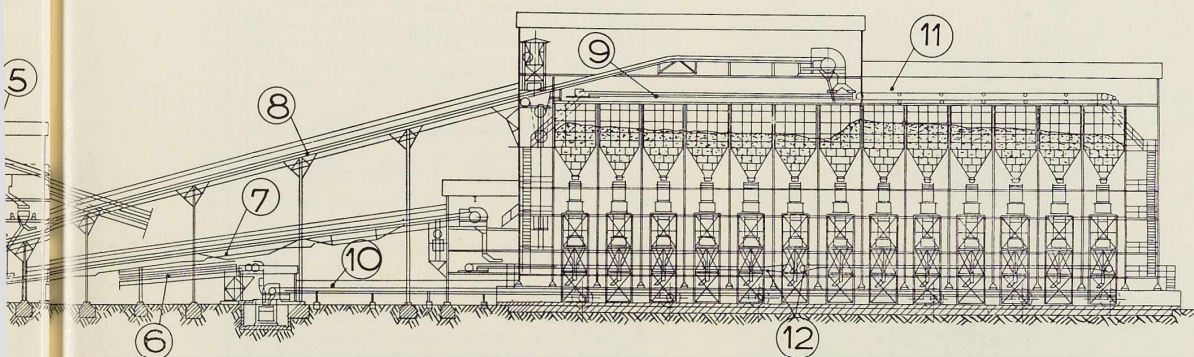


Fig. 5. Disposition générale d'une mise en terril de graviers stériles.

Photo M. Goldstein.





Plan d'ensemble des installations au Congo Belge.

1. Procède la carrière, 3. Bâtiment n° 1, 4. Broyage secondaire, 5. Installation de recyclage après broyage
6. 20 étages pour au broyage quaternaire, 8. Transporteur du relevage du 0,40, 9. Transporteurs répartiteurs,
10. 20 étages criblés 3,20 et d'évacuation vers broyage quaternaire.

triangulé pour assurer la stabilité des ensembles sous les effets combinés des charges et surcharges ainsi que d'une pression latérale éventuelle du vent variant de 100 à 150 kg par mètres carré suivant l'élévation.

Le transporteur des produits broyés est supporté et abrité par une passerelle aérienne reposant sur deux poutres triangulées de 17 mètres de portée, complètement fermée par un platelage de plancher en tôles striées et par des parois latérales et une couverture en tôles ondulées en duralumin.

Bâtiment n° II

Le bâtiment n° II qui abrite les installations de concassage du 0-40 et le recriblage, s'érige en un bloc de 58 mètres de longueur et comprend quatre halls.

Le premier dans lequel prennent place les silos d'emmagasinage de 1 625 tonnes de capacité, a une portée de 5 mètres et une hauteur sous entrail de 25 mètres. Les silos sont continus et seul le fond est compartimenté en une série de pointes dont la construction rappelle celle des silos du bâtiment I. Les parois et fonds sont frettés de I horizontales de 178 à 254 mm profils anglais à larges patins supportés par des ceintures en I 475 PN et 500 DIE surmontés de U à plats de

240, 230 et 300 PN. Les colonnes qui reçoivent des charges atteignant 200 tonnes sont constituées de profils relativement forts I Grey, 280 DIN et 254 PN, en raison de l'élancement du bâtiment et des efforts dynamiques agissant à grande hauteur sur une travée étroite (fig. 7).

Il est intéressant d'attirer l'attention sur la solution qui a été adoptée pour la répartition des produits sur la longueur des silos. Le transporteur d'amenée distribue ses produits au milieu de la

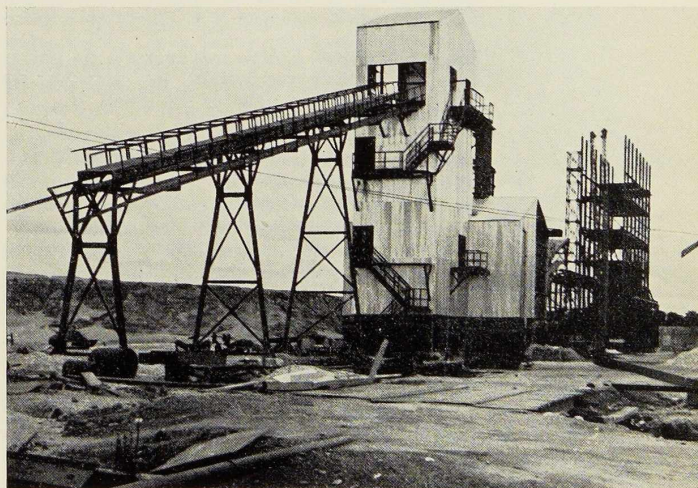


Fig. 6. Chantier de montage des bâtiments I et II à leurs phases initiales.

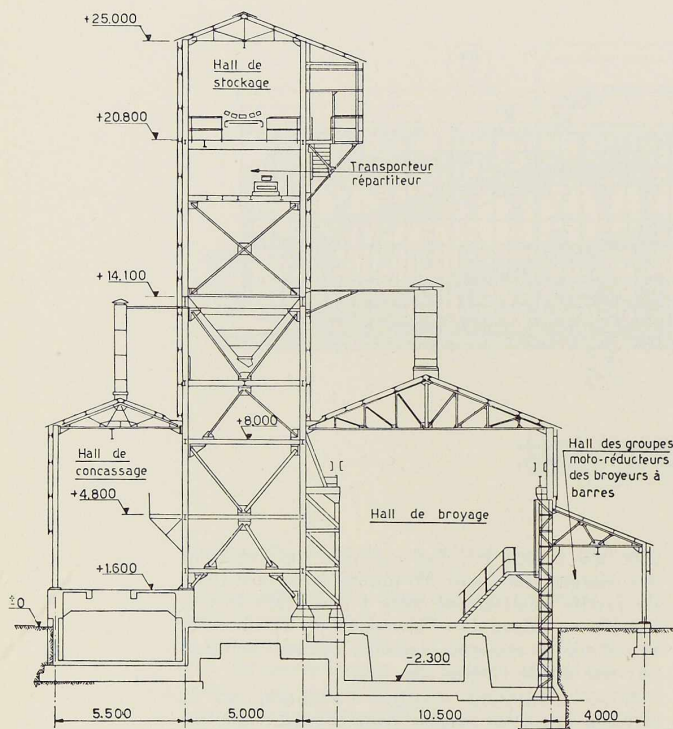
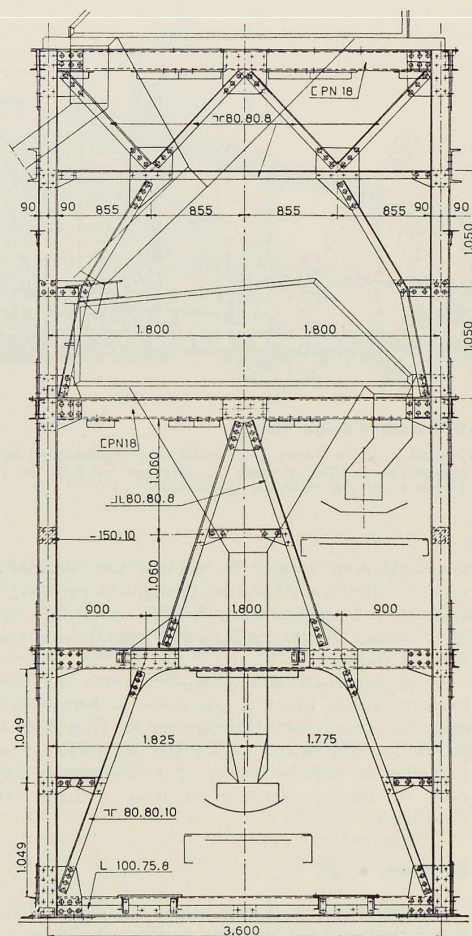


Fig. 7 (ci-dessus). Coupe transversale de l'ossature métallique du bâtiment II.

Fig. 8 (ci-contre). Coupe transversale de l'ossature du beffroi supportant les groupes de cribles superposés dans le bâtiment II.



rangée sur deux transporteurs répartiteurs roulants, disposés sur le plancher de couverture et animés l'un et l'autre d'un mouvement continu de va-et-vient à commande électro-mécanique. L'un effectue son déversement vers la droite, l'autre vers la gauche et chacun assure l'alimentation continuelle et régulière de la demi-rangée des silos. Cette disposition élimine les inconvénients du chariot déverseur dont on connaît les multiples inconvénients pour la manutention des matières abrasives.

Les planchers de couverture des silos sur lesquels s'établissent les roulements des transporteurs sont constitués de I recouverts de tôles striées.

Sous les silos prennent place les 13 beffrois métalliques supportant les cribles, qui pèsent ensemble plus de 100 tonnes. Ces beffrois sont complètement indépendants du bâtiment et sont ancrés au radier général en béton armé conçu pour résister aux efforts alternatifs de compression et de soulèvement dus aux secousses des cribles. Ces beffrois sont formés de portiques triangulés superposés avec certains nœuds théoriques décalés mais reliés par des goussets laissant libre passage aux appareils et aux passerelles de service, artifice employé pour sauvegarder la stabilité malgré l'encombrement des travées (fig. 8).

Ce hall est flanqué d'un encorbellement recevant le groupe moto-réducteur de commande du



transporteur supérieur à 0-40 et auquel aboutit la passerelle d'entrée à ce niveau. Un élévateur monte-charge électrique et deux séries de volées d'escaliers métalliques disposées dans les deux travées extrêmes assurent les accès aux divers planchers de service.

Le second hall de 5 mètres de portée et 8 mètres de hauteur sous entrails, abrite 13 concasseurs à 5-40, assis sur massifs en béton armé. Un palan de 10 tonnes roulant sur monorail en I, suspendu aux fermes renforcées assure le service de manœuvre des pièces lourdes pour le montage et l'entretien.

Les toitures des halls de concassage et de broyage supportent des cheminées métalliques de 500 et 1 000 mm de diamètre en tôles, pour l'aéragé et l'évacuation des poussières à l'extérieur. La stabilité de ce bâtiment relativement élevé sur la travée étroite de 5 mètres est assurée par des contreventements transversaux renforcés et combinés aux treillis reliant les fûts inférieurs des colonnes du silo à celles du pont-roulant voisin; ainsi que par de forts ancrages scellés dans des massifs en béton armé renforcés sous radier.

Le troisième hall de 10 mètres de portée et 8 mètres sous entrails renferme les 6 gros broyeurs à barres de 500 CV assis sur des massifs en béton armé. Un pont-roulant électrique de 30 tonnes dessert ce hall pour permettre la manutention des pièces de rechange des broyeurs.

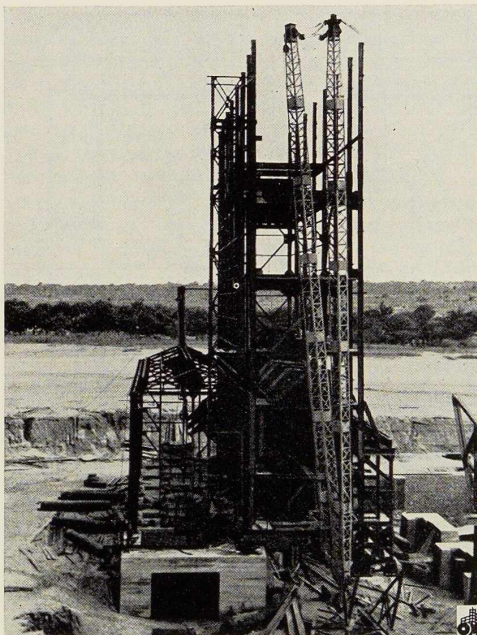
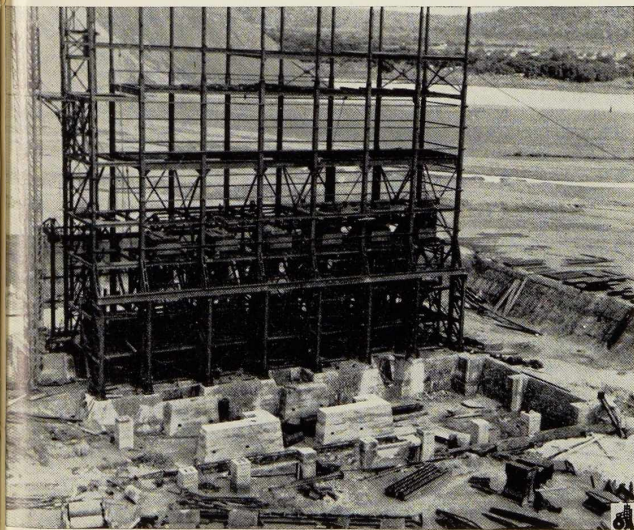


Fig. 9. Montage des premier et second hall du bâtiment II.

Le quatrième hall, salle des moteurs réducteurs est complètement isolé des précédents et réalisé en appentis de 4 mètres de portée et 3,500 m sous entrails de fermes. Ces dernières supportent deux monorails en I pour palans de service de 3 tonnes. Les portes d'entrée dans la salle des broyeurs sont du type standard métallique va-et-vient à ressort, complétant l'isolement local des moteurs contre des poussières du broyage (fig. 9 et 10).

Le bâtiment de relais 0-5 de conception similaire aux autres bâtiments, s'érige en une construction particulièrement tourmentée, en raison des nombreux appareils de manutention et criblage que comportent les opérations de recyclage.

Bâtiment n° III (fig. 2)

Le bâtiment III abrite les accumulateurs à 0-2 et la laverie qui comprend 78 jigs installés à des

Fig. 10. Ossature du bâtiment n° II en cours de montage. A l'avant-plan, les fondations des broyeurs à barres.

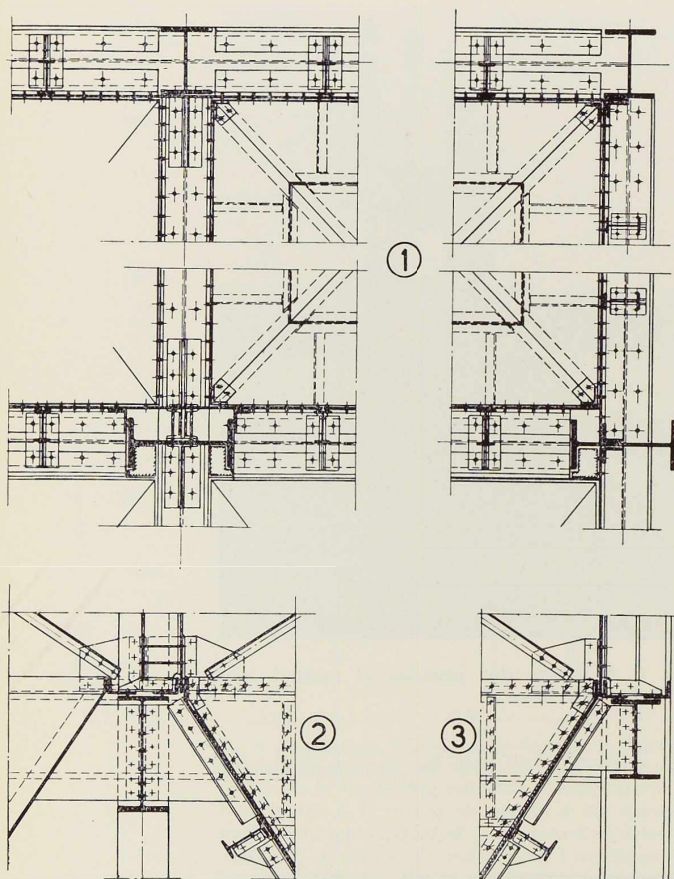


Fig. 11. Détails d'assemblages étanches des silos.

1. Coupe en plan; 2. Coupe dans paroi médiane; 3. Coupe dans paroi latérale.

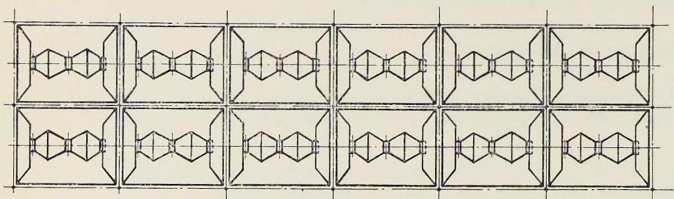


Fig. 12. Disposition générale du fond de silos.

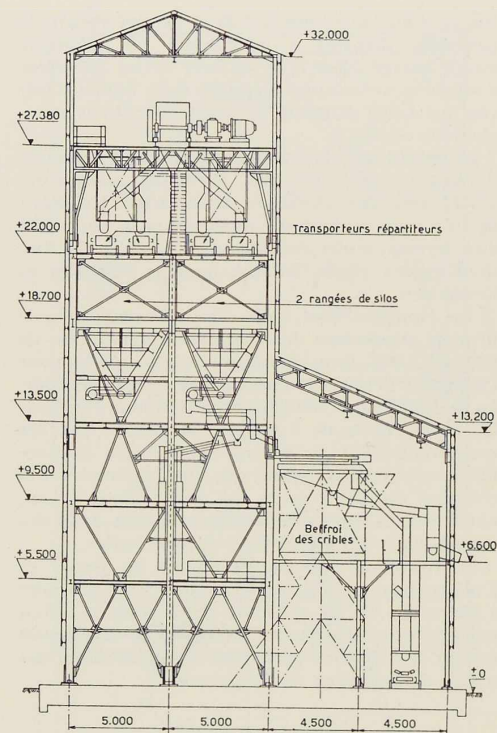


Fig. 13. Coupe transversale de l'ossature du bâtiment III (laverie)

niveaux différents. Implantés sur 42 mètres de long, 19 mètres de large, il comporte deux halls. Le premier de 10 mètres de portée en deux travées de 5 mètres et hauteur 32 mètres sous entrails contient les accumulateurs à 0-2 de 1 500 tonnes de capacité. Ceux-ci sont constitués de deux longs silos continus adjacents séparés par une paroi médiane longitudinale en tôle de 10 mm d'épaisseur sur armature en poutrelles I 203 (profil anglais) appuyées sur les ceintures périmétriques supportant les douze fonds en trémie de 5 mètres sur 6,500 m, ceintures composées de poutrelles 475 PN, 500 DIE et 700 DIE, entre colonnes extérieures de 400 DIN et colonnes intérieures centrales de 600 DIN. Certaines colonnes reçoivent des charges atteignant 350 tonnes (fig. 13 et 16).

Les fonds de silos en tôle de 10 mm de soutien et 12 mm d'usure sont frettés de poutrelles horizontales. Celles-ci, dans les longs versants sont



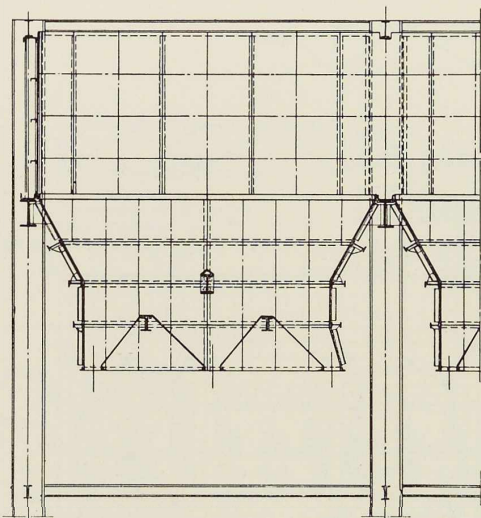


Fig. 14. Détail des cellules des silos de la laverie. (Fond des silos à 3 orifices.)

reliées d'un versant à l'autre par des poutrelles intérieures (protégées de dos d'âne métallique et de ciment) réduisant leur portée de flexion ou délimitant les trois goulottes de sortie (fig. 14).

Pour éviter les déformations latérales des poutrelles ceintures soumises aux tractions inclinées des versants suspendus, des voiles verticales les relient entre eux sur la hauteur des poutrelles à l'endroit des raidisseurs des poutrelles-frettes de versant.

Le plancher supérieur à + 27 mètres sert d'appui au châssis support du groupe moto-réducteur de commande du transporteur d'amenée du 0-2. Il est installé sur des poutres portiques triangulées de 10 mètres reliant les colonnes extérieures du hall, pour dégager les deux travées du plancher à plus 22 mètres, sur lequel sont installés les quatre transporteurs roulants qui alimentent les silos.

Sous les silos existent trois autres planchers superposés, en profilés et tôles striées, pour les supports et service des jigs laveurs et couloirs. Une travée de 3×10 mètres sur pignons à l'avant des silos est réservée pour recevoir les contrepoids de tension de la courroie, les volées d'escaliers d'accès et l'élévateur monte-charge électrique.

Le deuxième hall a 9 mètres de portée en deux travées de 4,500 m et est adossé en appentis sur le premier avec fermes en poutre triangulée à membrures parallèles. Il supporte 2 I de roulement pour palans monorails de 3 tonnes, lesquels assurent la manutention des pièces de rechange des cribles Symons. Ce hall contient le groupe des 6 beffrois de $4 \text{ m} \times 4,300$ sur 11 mètres de hauteur, supportant chacun 4 cribles Symons répartis sur deux étages en groupe de 2. Les beffrois sont reliés 2 à 2, pour neutraliser les effets vibratoires des cribles, par des plans verticaux de contreventement de 2,500 m de large; quatre séries de traverses étagées les relient tous ensemble. Ils forment un bloc d'environ 140 tonnes avec les bracons latéraux du panneau inférieur agrandissant l'empattement de stabilité de 2,500 m et sont constitués de portiques superposés en trois panneaux dans tous les plans verticaux pour réserver les emplacements et passages du matériel et des passerelles de service avec escaliers d'accès (fig. 15).

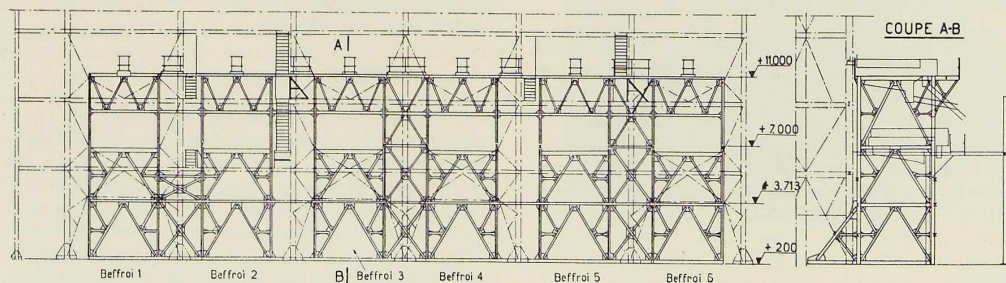


Fig. 15. Coupe montrant l'agencement général des beffrois de la laverie.

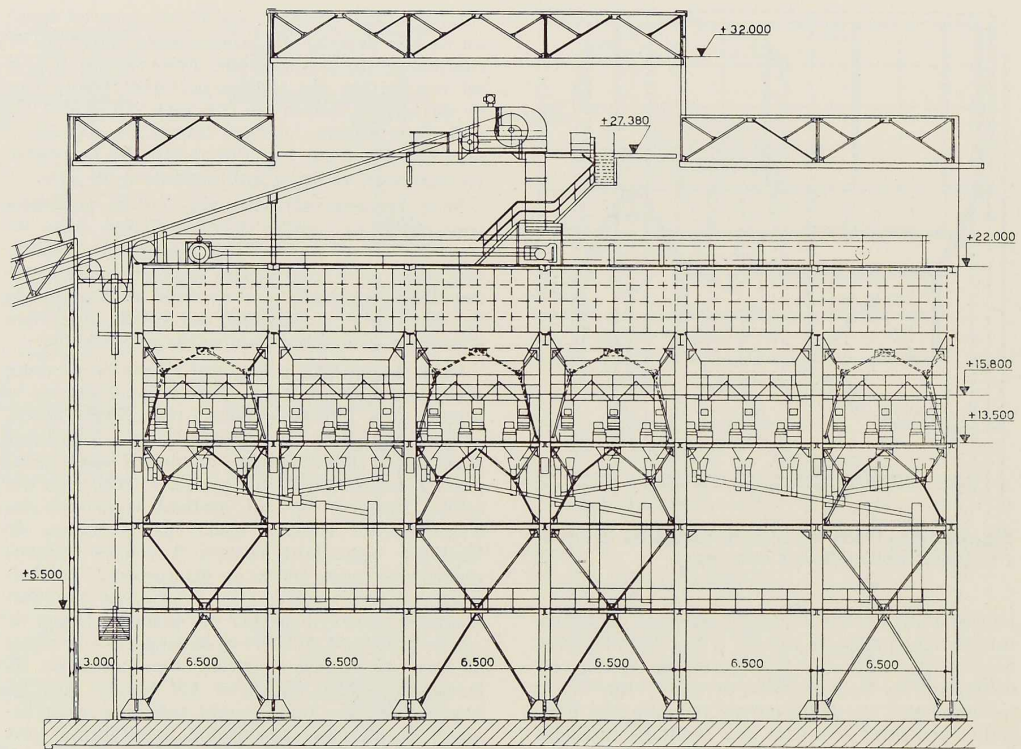


Fig. 16. Coupe longitudinale de l'ossature de la laverie de l'installation de Manono de la Société Géomines.

Ils sont enchevêtrés dans l'ossature du bâtiment mais complètement indépendants de celle-ci.

Les revêtements et couvertures de parois, planchers et toiture ont les mêmes caractéristiques que les autres bâtiments.

La stabilité de l'ensemble de ce bâtiment est assurée pour un vent de 150 kg par mètre carré par des séries de contreventements et de portiques dans les plans verticaux et horizontaux et d'importantes fondations en massifs de béton armé sous radier général dans lesquels sont scellés les boulons et clefs d'ancrage des colonnes et des beffrois.

Deux bâtiments de finissage couvrant une super-

ficie totale de 2 800 m² abritent les installations de préclassement par « Rhéolaveurs » ainsi que les tables de concentration.

Conclusions

Le poids du matériel mécanique et de chaudironnerie qui intervient dans les installations, est extrêmement important et l'ensemble des réalisations constitue une usine formidable dont la Société Géomines peut s'enorgueillir. D'autre part, la construction à ossature métallique trouve une raison de plus de se réjouir des possibilités sans cesse accrues du domaine de ses applications.

L. B. & H. E.



R. Desprets,
Professeur
à l'Université de Bruxelles,
Ancien Ingénieur en Chef
des ouvrages d'art de la
S. N. C. B.

Le nouveau pont de Nimy-Maisières, sous le chemin de fer de Bruxelles à Mons

Cet ouvrage est situé près du point d'arrêt de Nimy-Maisières, en direction de Mons, au-dessus du canal du Centre. Les anciens tabliers sous voies à poutres droites pleines, d'une vingtaine de mètres de portée, furent détruits en 1940, ainsi que les maçonneries, et remplacés par un pont provisoire à poutres laminées, sur palées en bois et culées en béton ordinaire. Le pont fut reconstruit définitivement, au cours des années 1948 à 1950, sous la forme d'un ouvrage à double voie, élargi à 60 mètres d'ouverture pour satisfaire les exigences de la navigation sur le nœud de jonction du canal du Centre et du canal de Mons à Condé, en cours de transformation.

La *charpente* du nouveau pont comprend un tablier à claire-voie, de longrines et de pièces de pont, porté par des poutres en garde-corps entretoisées.

Les *longrines*, en profil D. I. E. 75 renforcées de chaises d'appuis, sont encastrées dans les pièces de pont, les liaisons étant complétées par des goussets de continuité.

Les *pièces de pont* en profil composé d'une âme de 1500×14 mm, de cornières $150 \times 150 \times 15$ mm et de semelles 325×12 ou 14 mm, sont terminées par des goussets solidaires des montants, constituant ensemble, des portiques de liaison et d'entretoisement des poutres principales.

Les *poutres maîtresses* de 60 mètres de portée, d'une hauteur théorique de 8 mètres, ont des treillis à losanges de 7,50 m de largeur en 8 panneaux.

Les *portiques intérieurs* du tablier sont fixés aux nœuds centraux de croisement des diagonales et aux membrures inférieures.

Les *membrures*, à caissons de 450×500 mm composés suivant les règles habituelles, s'assemblent aux nœuds avec les diagonales du treillis.

La *structure organique* des éléments et de leurs assemblages est établie suivant les règles rationnelles de constitution des charpentes de ponts-rails. On peut rappeler, en bref, la composition en profils ramassés, limitant les tensions secondaires, l'entretoisement soigné des caissons, la réduction et la dispersion des discontinuités, les coupes de membrures rejetées en dehors des nœuds avec des liaisons à couvre-points extérieurs. Tous ces détails, d'importance essentielle, furent minutieusement étudiés et réglés au mieux d'une exécution aisée, assurant la plus grande perfection technique de l'ouvrage.

La charpente comprend aussi des fermes de contreventement. Entre les membrures supérieures, et des entretoises normales de la hauteur des caissons, s'étend un treillis à losanges, butant les membrures comprimées en des nœuds intermédiaires et complétant la poutre de contreventement.

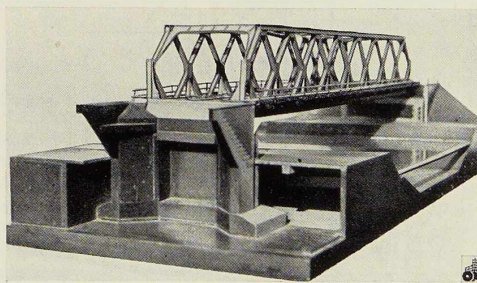


Fig. 1. Maquette du pont montrant les détails des culées.

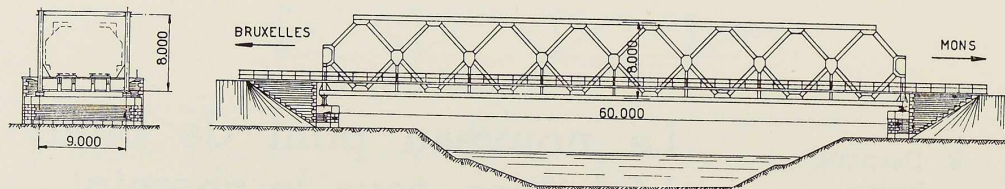


Fig. 2. Coupe et élévation du nouveau pont de Nimy-Maisières situé sur la ligne de chemin de fer de Bruxelles à Mons.

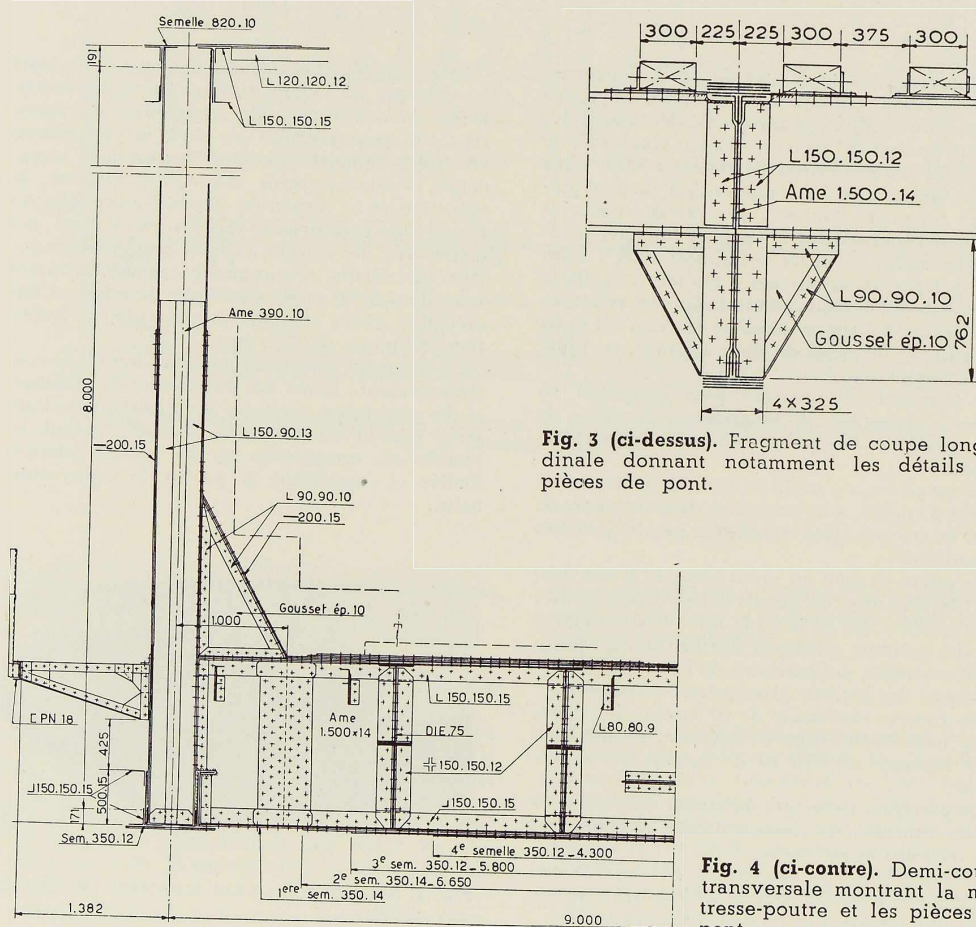


Fig. 3 (ci-dessus). Fragment de coupe longitudinale donnant notamment les détails des pièces de pont.

Fig. 4 (ci-contre). Demi-coupe transversale montrant la maîtresse-poutre et les pièces de pont.





Fig. 5. Vue générale du pont de Nimy-Maisières. L'ouvrage, d'une longueur de 60 mètres, porte deux voies de chemin de fer.

Les entretoises d'extrémités sont parties des portiques inclinés, transmettant les réactions aux deux portiques verticaux d'appuis sur les culées.

Le tablier est aussi armé d'un treillis à losanges entre les membrures inférieures, butant les pièces de pont en leur centre et attaché sous les longrines. Entre ces dernières, sont disposés les contreventements secondaires en petits éléments complétant l'équipement nécessaire du tablier, contre les actions des forces horizontales.

Ainsi qu'il fut exposé maintes fois déjà, l'esprit qui a guidé la composition d'une telle charpente a pour objet de constituer un organisme vivant d'éléments étroitement solidaires, réagissant d'ensemble à toute perturbation extérieure suivant un mécanisme « d'adaptation » souvent invoqué.

Le rôle des appuis est de transmettre d'abord aux maçonneries, qui les disperseront dans la masse sous fondations, les actions de toutes direc-

tions, des charges de circulation, ainsi que d'assurer les liaisons isostatiques du système, évitant les réactions parasites de déformations entravées. A ces fins, l'appareil fixe comprend simplement deux sabots à surfaces de contact cintrées et planes, le sabot sur le tablier s'appliquant en chape sur celui tenant à la culée.

L'appareil mobile, d'un seul segment de grand diamètre, relié aux sabots par un dispositif de bielles verticales et horizontales, se déforme en parallélogramme, assurant à la fois la solidarité et la réversibilité des mouvements relatifs de l'ensemble (1).

L'acier mis en œuvre est de la nuance douce ordinaire, seule d'approvisionnement régulier et suffisant dans la période d'après-guerre.

Il admet les contraintes habituelles de 14 kg et

(1) Ossature Métallique, n° 2, 1951.

de 16 kg par mm^2 sous les sollicitations normales et totales définies dans une note précédente ⁽¹⁾.

La majoration d'impact reste toujours, particulièrement pour un pont à double voie, une source d'incertitude. On peut croire, sans grand risque d'erreur que les coefficients officiels couvrent largement toutes les hypothèses; on peut considérer aussi que, la vie d'un ouvrage pouvant être longue, un excédent d'équipement constituera une réserve utile d'avenir.

Il convient aussi de rappeler l'importance des modes de groupement d'essieux et des forces perturbatrices en interférence, dans la définition des états vibratoires de l'ensemble des véhicules et du pont ⁽²⁾.

Le calcul des poutres principales mérite quelques remarques. Le dispositif de treillis à losanges, appliqué en grand pour la première fois aux pontails de Wesel sur le Rhin (portées 100 m), ensuite dans plusieurs grands ponts allemands (Ludwigshafen-Rheinhausen) et hollandais (pont-route du Moerdijk) a fait l'objet de maintes recherches de cal-

culs. On montre, très simplement, par les méthodes ordinaires de statique ou des déplacements virtuels, que l'application des charges aux nœuds centraux permet de considérer l'ensemble comme la juxtaposition de deux poutres de hauteur moitié moindre, à treillis simple en V, sous demi-charges.

Etant donnée l'importance des deux systèmes diagonaux et des nœuds de croisements, il n'apparaît pas que ce type de poutre pût être plus économique que les dispositifs habituels, avec ou sans montants de suspension. L'avantage éventuel reste d'ordre esthétique; la partie basse du tablier constituant sensiblement un écran plein, le treillis à losanges garde au-dessus des croisements, de grandes baies libres, favorables aux larges perspectives extérieures.

Une poutre Vierendeel, de même proportion serait la limite d'un tel dispositif avec des montants et de simples écoinçons.

(1) Ossature Métallique, n° 2, 1951.

(2) Annales des Ponts et Chaussées de France, 1932.

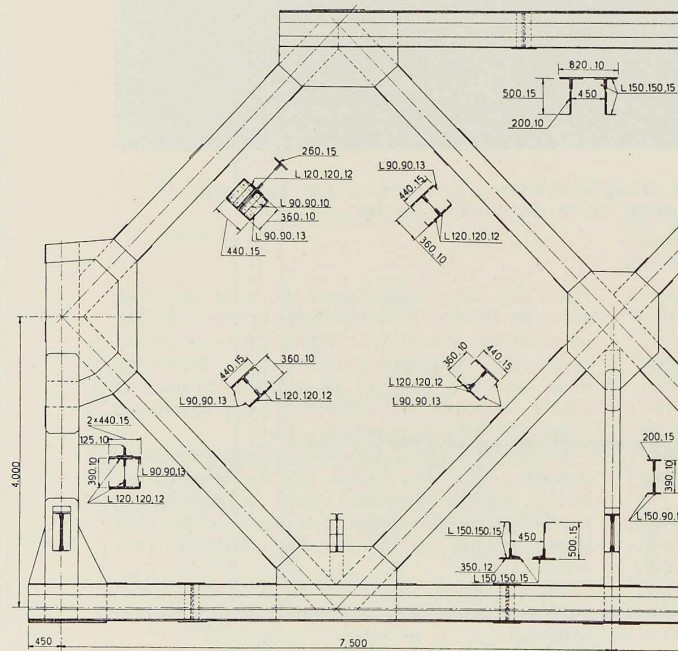


Fig. 6. Détails d'une maille d'about de la maîtresse-poutre à treillis.

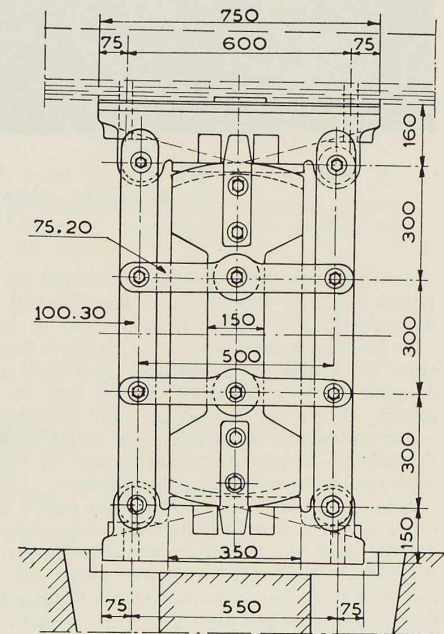


Fig. 7. Détail d'un appareil d'appui mobile, en acier moulé et recuit.



Fig. 8. Vue d'enfilade montrant le contreventement supérieur.



Maçonneries. La charpente métallique repose sur des culées, comprenant deux piliers de support, réunis au niveau inférieur de l'assise sur la craie, par une semelle de fondation et sous appuis, par un *sommier en béton armé*. Ce cadre rigide est complété d'un garde-grève à profil aigu, flanqué de deux ailerons réglant les quarts de cônes, et d'un voile mince entre les piliers, limitant le talus de remblai.

Ce dispositif est donc réduit à des éléments essentiels; comparé au type ancien de culée massive, on peut lui attribuer, outre l'économie de construction, des qualités techniques de meilleure stabilité ⁽¹⁾.

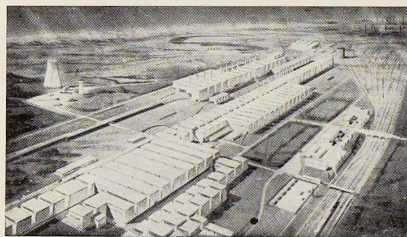
Ces culées sont habillées de parements en briques, avec des chaînes en pierres de taille; l'ensemble est sobre, convenant à sa destination et à l'emplacement de l'ouvrage.

Exécution. Les charpentes furent construites par la « S. A. des Ateliers Métallurgiques de Nivelles », les maçonneries ont été exécutées par la « Société Socol ».

R. D.

⁽¹⁾ *Annales des Travaux Publics de Belgique*, numéro jubilaire, 1949.

Fig. 9. Panneaux et portiques d'extrémité du pont sur le canal du Centre à Nimy-Maisières.



Les nouvelles usines « Abbey Works » en Grande-Bretagne

Dans le cadre du programme de modernisation de l'industrie sidérurgique britannique, d'importants travaux ont été effectués dans le Sud du Pays de Galles. Ils comprennent notamment l'établissement de nouvelles usines dénommées « Abbey Works » de la *Steel Company of Wales Ltd.* Les bâtiments sont construits sur un terrain situé entre les montagnes du Pays de Galles et la côte à Margam près de Port Talbot.

L'élément principal de ces nouvelles usines est un train continu pour le laminage à chaud de bandes de 80 pouces (2 032 mm) de large. Les bâtiments, qui couvrent une superficie de 20 hectares environ, comprennent par ailleurs des batteries de fours, des cages dégrossisseuses, un train de laminage à froid, des ateliers de finissage à chaud des tôles et feuillards, ainsi que d'autres installations annexes.

La charpente des bâtiments est constituée par une ossature métallique soudée, composée de cadres continus à angles rigides, dont la portée maximum atteint 36,60 m. Les portiques principaux sont généralement espacés de 12,20 m d'axe; toutefois l'écartement entre certains portiques atteint 36,60 m.

Une des caractéristiques de l'ossature réside dans le fait que le joint entre la poutre-ferme et les piliers est établi au niveau de la face inférieure des poutres de ponts roulants. Dans le but de garder aux portiques leur rigidité, l'assemblage poutre-pilier est réalisé avec une section pleine ne comportant pas d'affaiblissements dans le sens longitudinal. La constitution du joint permet à la construction de se dilater librement. Dans le sens longitudinal, les poutres des ponts roulants ont été calculées comme poutres continues. Elles sont dimensionnées pour absorber les poussées longitudinales provenant des ponts roulants sur des longueurs considérables sans l'appui de l'ossature. Cette disposition a permis de prévoir un contreventement sous le niveau des

poutres de ponts roulants à des intervalles éloignés, et des dispositions ont été prises pour répartir les tensions dues aux variations thermiques sur un certain nombre de travées.

Il a été ainsi possible de souder les rails aux poutres et de prévoir des joints de dilatation spéciaux dans les rails, coïncidant avec les joints de dilatation dans les poutres elles-mêmes. Cette forme de construction a comme résultat des déplacements sans à-coups, les vibrations étant réduites au minimum. Des observations faites jusqu'ici, on peut prévoir que la durée de vie de la construction sera augmentée tandis que les frais d'entretien seront fortement réduits. Au-dessus du niveau des poutres de ponts roulants, les cadres sont rigidement contreventés dans une travée sur deux.

Dans l'atelier des fours Martin les baies ont une largeur de 16,80 m, mais au-dessus des fours, les colonnes sont supprimées donnant ainsi des baies de 33,60 m dans les poutres principales des ponts roulants. Celles-ci portent les ponts destinés au transport des poches de coulée et sont les plus grandes poutres soudées de ce genre, non seulement en Grande-Bretagne mais vraisemblablement du monde. Ces poutres de 33,60 m pèsent plus de 90 tonnes. Elles ont une hauteur de 3,80 m et ont des semelles de 90 cm de largeur \times 7,5 cm d'épaisseur, avec des raidisseurs verticaux de 45 \times 7,5 cm.

Les bâtiments ont un revêtement en tôle ondulée galvanisée et des châssis en aluminium. La couverture de la toiture est en tuiles d'aluminium, elle est pourvue de panneaux isolants de 1,2 cm d'épaisseur, imprégnés de bitume. A la partie supérieure on a posé un *roofing* recouvert d'une couche protectrice destinée à protéger le bitume contre le soleil et les intempéries.

Par suite de l'impossibilité d'entretien de la peinture de l'ossature métallique, une fois l'usine





Fig. 2. Usines « Abbey Works ».

Vue intérieure des bâtiments du laminoir à braumes (« Slabbing Mill »).

en activité, des mesures spéciales contre la corrosion ont été prises pour toute la charpente au-dessus du niveau des ponts-roulants. Ces précautions consistent en un sablage et projection au pistolet d'une couche d'aluminium de 0,1 mm d'épaisseur.

Des matériaux résistant à la chaleur ont été employés dans les parties des bâtiments soumises à l'action des hautes températures.

Extérieurement, tous les revêtements ont reçu deux couches de peintures bitumeuses d'une coloration claire. Dans le but d'avoir une bonne adhérence de la peinture, toutes les tôles galvanisées ont été trempées avant montage dans un bain contenant une solution spéciale.

La continuité dans les poutres de ponts roulants a été obtenue par assemblage soudé sur place. Comme les soudures sont sollicitées aux tensions maxima une attention spéciale a été donnée à

leurs essais. On avait pensé utiliser la méthode des rayons X, mais cette méthode a été abandonnée par suite des difficultés de manutention d'un équipement lourd au niveau élevé des ponts-roulants et aussi par suite de l'épaisseur des semelles des poutres atteignant parfois 10 cm. On a finalement admis que la méthode par ultrasons était particulièrement indiquée. Elle fut utilisée avec plein succès, le nombre de mauvaises soudures étant tombé à un minimum. On a eu également recours aux « strain gauges » pour l'essai de certains portiques principaux.

La *Steel Company of Wales Ltd.* a confié l'étude de ces constructions aux *W. S. Atkins & Partners*, Ingénieurs-Conseils, alors que *Sir Percy Thomas & Son*, ont été consultés pour l'architecture et la *International Construction Co. Ltd.* pour les installations sidérurgiques. L'appareillage électrique a été réalisé par la firme *McLellan & Partners*.

L. Marbais,
Ingénieur
à la S. A. d'Ougrée-Marihaye

M. Nepper,
Ingénieur
à la S. A. John Cockerill

Propriétés mécaniques des aciers Thomas à basse teneur d'azote

Introduction

Sous les auspices de l'Institut pour l'Encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture (I. R. S. I. A.), la Section Liégeoise du C. N. R. M. a entrepris, avec l'aide matérielle et financière des trois usines sidérurgiques du bassin de Liège, des essais de grande envergure sur l'enrichissement en oxygène du vent soufflé au convertisseur Thomas.

Les objectifs visés furent d'abord d'ordre économique, puis ils s'orientèrent vers la qualité du produit obtenu. La première recherche a comporté près de 200 coulées d'essais comparées à plus de 100 coulées ordinaires « témoins ». Elle a conduit à la mise au point d'un acier Thomas amélioré, tenant environ 0,0060 % d'azote.

Poursuivant en travail d'équipe la tâche des aciéries, les laboratoires se sont mis à l'œuvre en vue de déterminer la valeur des aciers élaborés par le nouveau procédé. Leurs essais ont surtout porté sur la recherche de la qualité dans le domaine de la déformation à froid des produits de fine épaisseur : durcissement des aciers sous l'effet de la déformation à froid, vieillissement, capacité d'emboutissage, fragilité au bleu.

Les travaux de laboratoires des Sociétés John Cockerill, Ougrée-Marihaye et Espérance-Longdoz ont été intimement mêlés, se confirmant et se complétant mutuellement de façon parfaite.

Ils ont démontré que le nouvel acier est supérieur en qualité à l'acier Thomas ordinaire sans toutefois égaler l'acier Martin quant aux propriétés de ductilité à froid.

Poursuivant alors son effort en vue d'améliorer la qualité de l'acier Thomas, la Section Liégeoise du C. N. R. M. a recouru à une formule plus drastique, à savoir le soufflage du mélange oxygène + vapeur d'eau, que Bessemer avait proposée il y a plus de cent ans.

(1) Cette étude est extraite du n° 12-1950 de la *Revue Universelle des Mines*. Les clichés d'illustration nous ont été obligamment prêtés par le Centre National de Recherches Métallurgiques (C. N. R. M.), Section de Liège.

De nombreux essais furent entrepris; plus de 1 000 tonnes d'acier furent élaborées. Et nous voudrions, dans cet article, rendre compte des recherches qui ont été effectuées pour juger de la qualité de ce nouvel acier.

Auparavant cependant, nous croyons utile de rappeler les conclusions principales auxquelles nous étions arrivés avec notre acier amélioré tenant 60 dixmillièmes d'azote.

La figure 1 donne les résultats obtenus aux laboratoires de Cockerill et d'Ougrée, montrant le durcissement des aciers étudiés après écrouissage par compression.

La figure 2 donne les mêmes résultats après vieillissement surimposé à l'écrouissage.

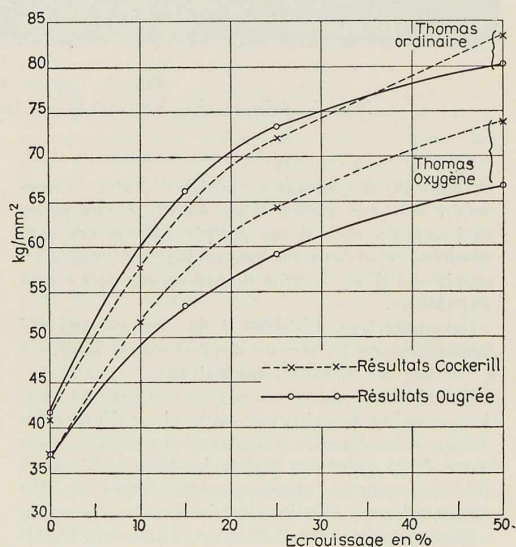


Fig. 1. Dureté à l'état écroui par compression en fonction du degré d'écrouissage.



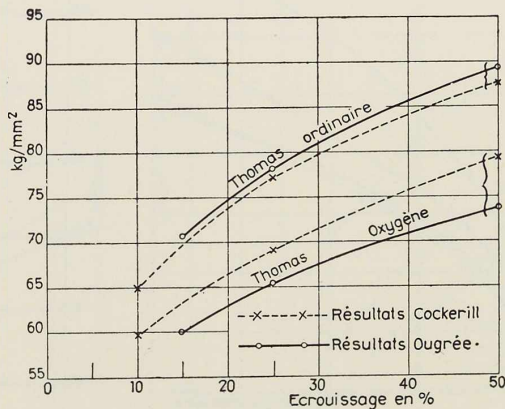


Fig. 2. Dureté après écrouissage par compression, puis vieillissement.

Des essais ultérieurs d'aciérie ont permis, par la méthode oxygène-castine, de fabriquer des aciers Thomas dosant 0,0040 % d'azote. Le procédé oxygène-vapeur donne des aciers tenant environ 0,0020 % d'azote.

Pour étudier la qualité de nos aciers à basse teneur en azote, nous avons eu recours aux mêmes critères d'appréciation que précédemment. Nos études ont donc porté sur la recherche de la qualité dans le domaine de la déformation à froid des produits minces.

A Ougrée, les essais de laboratoires ont été réalisés sur 22 feuilards de 2,5 à 3,5 mm d'épaisseur.

A Cockerill, 6 feuilards et 8 tôles fines laminées à Ougrée ainsi que 20 tôles fines laminées à Cockerill ont été étudiées en laboratoires.

1. Essais dans les usines productrices

A. Essais de durcissement par compression

A Ougrée, les essais se font sur feuilards de toute épaisseur normalisés au four de laboratoires, refroidissement à l'air calmé. On mesure la dureté Rockwell à l'état normalisé, à l'état écroui de 15,25 % et 50 % ainsi qu'après vieillissement surimposé à l'écrouissage. A Cockerill, les essais se font sur produits d'épaisseur standard de 1,5 mm, rectifiée à 11/10 mm au plateau magnétique. On mesure la dureté Vickers aux différents états examinés.

Pour la clarté des diagrammes, nous avons réduit le nombre de courbes dessinées, chaque nuance étant représentée par la moyenne de ses

résultats; nous avons ainsi une courbe représentative de chaque type d'acier.

La figure 3 donne les résultats du laboratoire d'Ougrée sur le durcissement des divers aciers après écrouissage par compression.

La figure 4 (p. 306) donne les résultats similaires obtenus à Cockerill.

Les conclusions des deux laboratoires sont identiques. Les aciers Thomas oxygène-vapeur durcissent peu sous l'effet de la déformation à froid par compression et leur qualité est égale à celle des aciers Martin.

B. Ecrouissage et vieillissement

La figure 5 donne les résultats des essais obtenus à Ougrée après surimposition d'un vieillissement à l'écrouissage.

La figure 6 donne les mêmes résultats pour les essais du laboratoire Cockerill. Les deux diagrammes tendent à montrer que l'aptitude au vieillissement des aciers oxygène-vapeur est moindre que celle de l'acier Martin.

C. Essais de pliage

Les essais de pliage alternés au moyen de l'appareil Mironoff ont été effectués à Cockerill. Les moyennes des résultats obtenus sont les suivantes :

	Nombre de pliages			
	Thomas ordinaire	Siemens-Martin	O ₂ + minéral	O ₂ + vapeur
Etat recuit	19,26	21,75	21,79	21,80
Ecroui 25 %	8,61	11,90	10,92	12,—

D. Essais de fragilité au bleu

Des essais de fragilité au bleu ont été effectués à la S. A. d'Ougrée-Marhay. La technique de ces essais a été mise au point aux laboratoires des usines Corby et exposée dans un article de M. Dickie en août 1948. On chauffe au bleu les échantillons vers 300°; on les emboutit rapidement au moyen d'une bille en acier; on aplatit la coupole obtenue, puis après refroidissement, on emboutit à froid en sens inverse. L'acier fragile au bleu donne une cassure cristalline tandis que l'acier non susceptible donne une cassure fibreuse.

On donne une cote d'appréciation par essai :

- 5 très bon;
- 4 bon;
- 3 passable;
- 2 mauvais;
- 1 très mauvais;

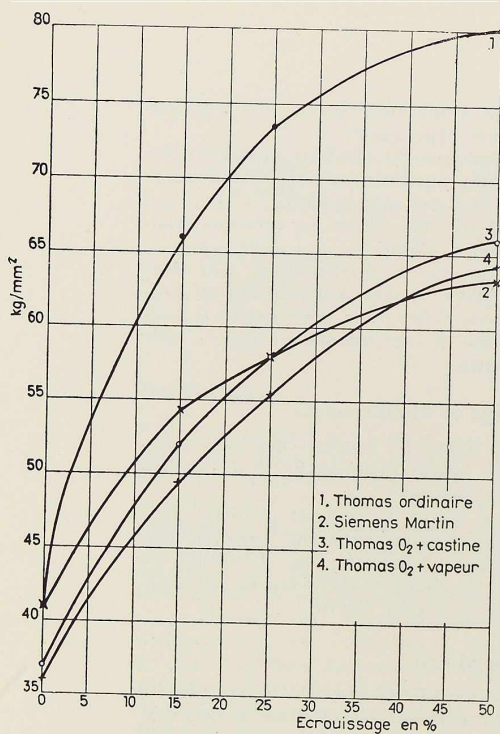


Fig. 3.

Fig. 3. Dureté après écouissage par compression. Feuillards de 2,5 à 3,5 mm d'épaisseur.

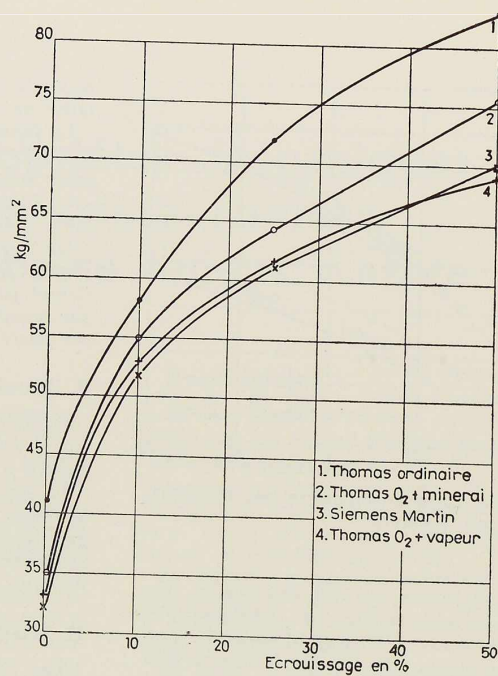


Fig. 4.

Fig. 4. Dureté après écouissage par compression. Feuillards et tôles fines de 1,5 mm.

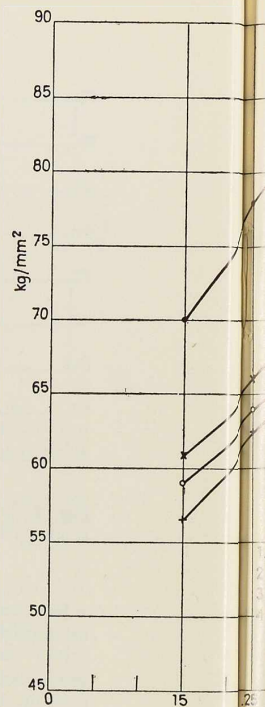


Fig. 5.

Fig. 5. Dureté après écouissage par compression, puis vieillissement. Feuillards de 2,5 à 3,5 mm d'épaisseur.

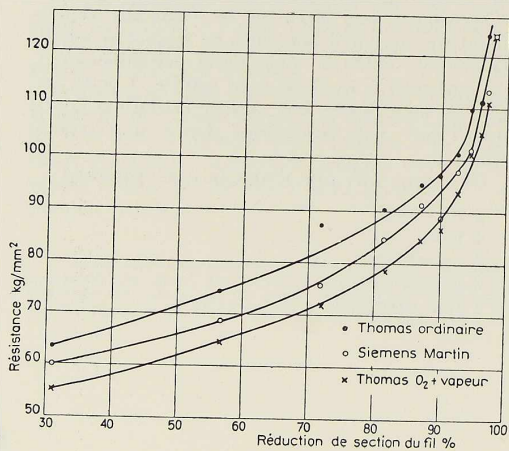


Fig. 8. Essais de traction sur fils après tréfilage. Tréfilerie A.

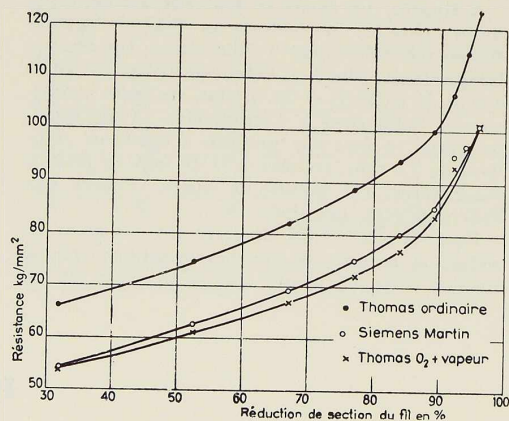


Fig. 9. Essais de traction sur fils après tréfilage. Tréfilerie B.

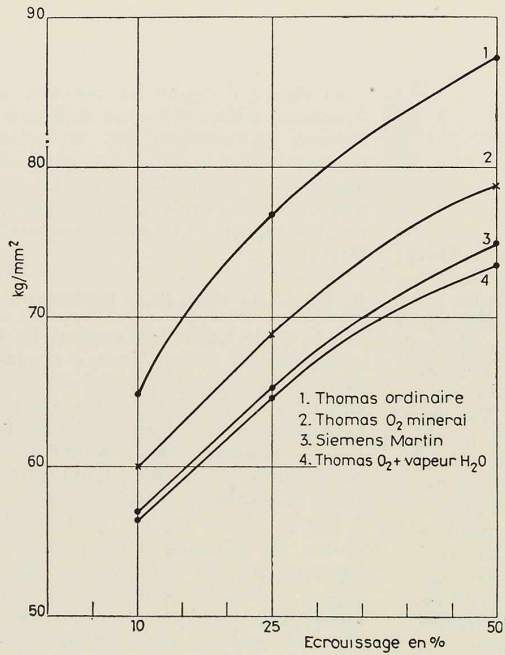
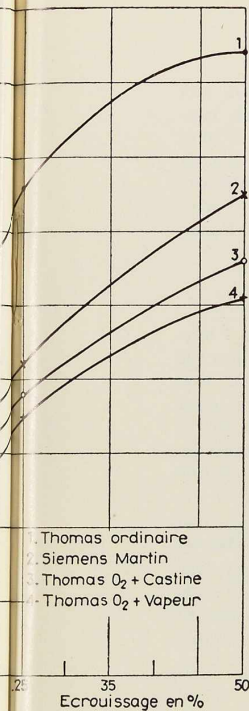


Fig. 6.

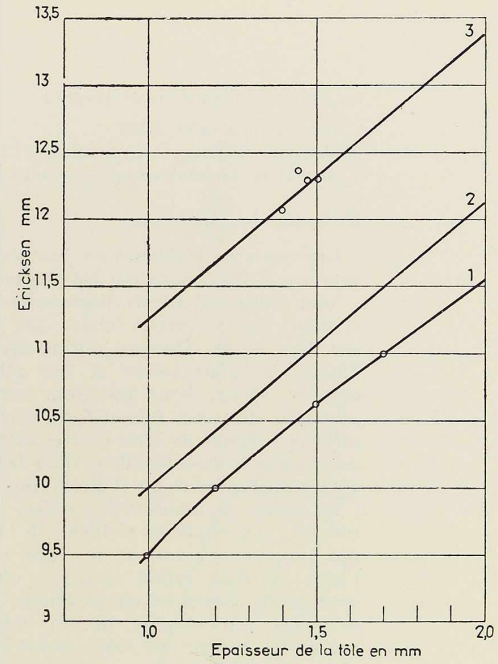
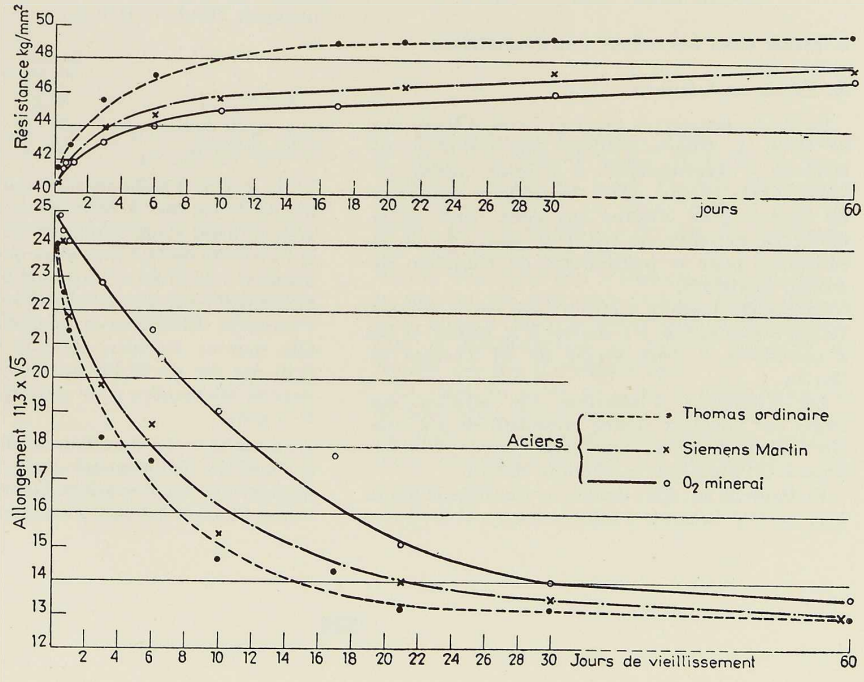


Fig. 10.

Fig. 6. Dureté après écroissage par compression puis vieillissement. Feuillards et tôles fines de 1,5 mm.

Fig. 10. Normes d'emboutissage Ericksen (Cahier des charges : « Automobiles Renault »). 1. Tôles noires et décapées, 2. Tôles polies et semi-polies, 1^{re} catégorie, 3. Tôles polies et semi-polies, 4^e catégorie.

Fig. 11. Feuillards Carnières. Résistance et allongement en fonction du vieillissement des échantillons.



on obtient la cotation moyenne :

Thomas ordinaire 2,23;
Thomas oxygène + minerai 4,04;
Martin et Thomas oxygène-vapeur 5.

E. Essais de résilience

Des essais de résilience en fonction de la température à divers états ont été effectués à Ougrée.

Nous avons établi trois diagrammes donnant les résultats de ces essais; ceux-ci ont été effectués sur des aciers Thomas ordinaires, des aciers Thomas oxygène-castine et des aciers Thomas oxygène-vapeur. Nous les avons comparés à la moyenne de trois échantillons d'acier Thomas calmé provenant de trois coulées élaborées par la méthode oxygène-mitraille et deux laitiers. L'acier était calmé avec 2 kg d'aluminium par tonne.

La figure 7 montre, à gauche, les résultats obtenus aux essais de résilience à l'état recuit à des températures variant de + 20 à - 20°; seul l'acier Thomas calmé conserve une résilience constante à toutes les températures. La résilience des aciers effervescents diminue avec la température. La teneur en azote paraît influencer la chute de résilience.

La figure 7 (milieu et droite) montre les résultats de résilience aux mêmes températures mais après un écrouissage de 5 % et après vieillissement surimposé. Comme il fallait s'y attendre, les aciers effervescents perdent toute leur résilience à la suite de ce genre de traitement. Seul l'acier calmé résiste.

2. Essais dans les usines transformatrices

A. Essais en tréfileries

La S. A. Bekaert et les Tréfileries d'Hemixem de la S. A. Ougrée-Marihaye ont utilisé le fil machine « oxygène-vapeur » à basse teneur en azote. Après chaque passe de tréfilage, un essai de traction était effectué aux deux bouts de la botte. La moyenne de ces deux essais donne la résistance pour le pourcentage de réduction de section envisagée.

La Société Bekaert a effectué les essais sur six verges provenant de six coulées à la vapeur et les a comparées à deux verges de fil Thomas et Martin.

Les Tréfileries d'Hemixem ont effectué ces essais sur vingt-six verges provenant de six coulées vapeur-oxygène, sur trois verges témoins Thomas et trois verges témoins Martin.

La figure 8 (p. 306) donne les résultats obtenus à la Société Bekaert.

La figure 9 donne les résultats obtenus aux Tréfileries d'Hemixem. Ces différents essais confirment les résultats des laboratoires. L'acier oxygène-vapeur se comporte aussi bien que l'acier Martin. Telle a d'ailleurs été la conclusion des techniciens du tréfilage qui ont jugé l'acier oxygène-vapeur absolument comparable à l'acier Martin.

B. Essais sur tôles fines laminées à chaud

À la S. A. Espérance-Longdoz, les aciers « oxygène-vapeur » furent laminés en tôles fines de fabrication courante. Après un recuit en vase clos qui permit d'obtenir un grain 5 et 6 dans l'échelle A. S. T. M., les tôles furent soumises à l'essai Ericksen. Quatre coulées furent spécialement suivies. Ces tôles n'avaient subi aucune passe préalable de lissage.

Sur la figure 10, qui porte les normes très sévères de Renault, nous avons représenté les résultats moyens de tôles en acier « oxygène-vapeur ». Chaque point est représentatif de dix essais. Nous constatons que les résultats obtenus sont tels que ces aciers se placent dans la première catégorie de Renault.

C. Essais sur feuillards laminés à froid

La Société « Le Laminage à froid de Carnières » a laminé des feuillards de 2,6 mm à une épaisseur de 8/10 mm.

Les essais de traction ont été effectués à l'état recuit. Nous donnons, dans le tableau suivant, quelques résultats moyens.

	Siemens- Martin	Thomas O, minerai	Thomas O, vapeur
R kg/mm ²	35,8	36,2	32,5
A % 11,3 S	35	36	44,5
Rockwell B	53	52	48

Des essais d'emboutissage ont été réalisés sur feuillards laminés à froid. Pour le Thomas « oxygène-minerai » sur feuillards de 1,5 mm, l'Ericksen avait été de 11,7 mm alors que les normes allemandes, très sévères, imposent pour les feuillards Siemens-Martin de cette épaisseur 11,8 mm.

Pour le Thomas « oxygène-vapeur », les résultats moyens Ericksen obtenus sur épaisseur de 8/10 ont été de 10,75 mm alors que les mêmes normes allemandes pour cette épaisseur imposent 10,6 mm.

La Société « Le Laminoir à froid de Carnières » a étudié le vieillissement naturel des aciers Thomas ordinaires, des aciers Siemens-Martin et des aciers Thomas à basse teneur en azote.



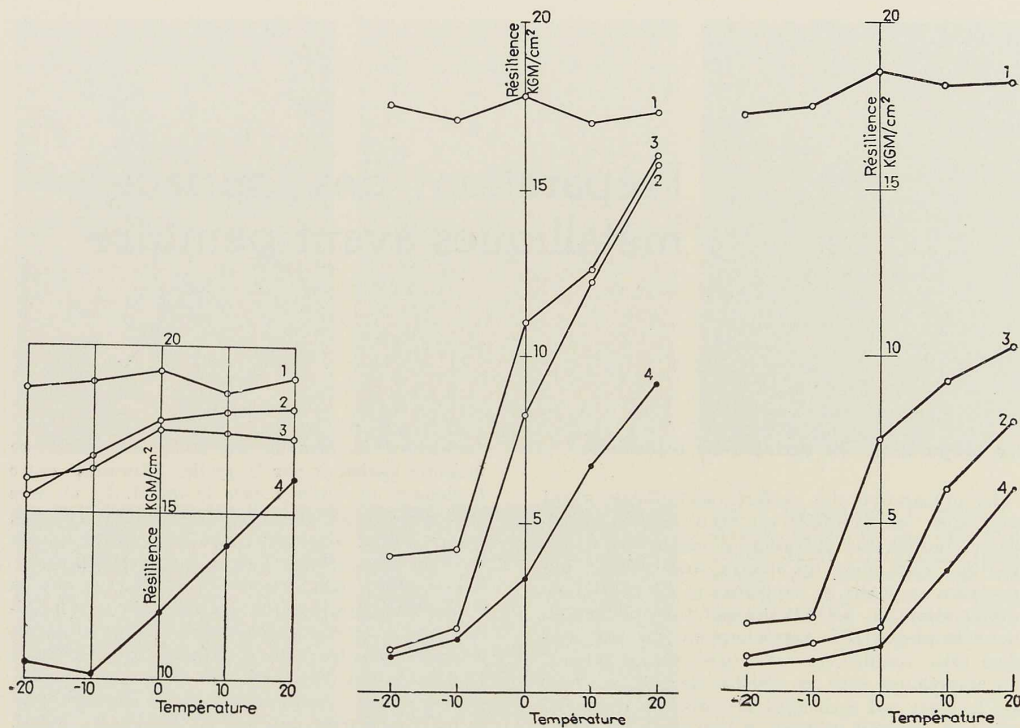


Fig. 7. Résilience en fonction de la température.

1. Acier Thomas calmé, 2. Thomas O₂ + vapeur, 3. Thomas O₂ + castine, 4. Acier Thomas ordinaire.

Après le laminage à froid, recuit et skin pass, le vieillissement de l'acier est mesuré par la variation dans le temps de sa résistance et de son allongement. La teneur en azote différencie les trois aciers étudiés. L'acier oxygène-minerai vieillit moins que l'acier Thomas ordinaire et l'acier Martin dont la teneur en azote est supérieure (fig. 11, p. 307). Les aciers oxygène-vapeur, à l'étude actuellement, confirment cette conclusion.

Conclusions

Les essais de laboratoire et l'appréciation de la clientèle ont démontré que l'utilisation de l'oxygène permet d'améliorer considérablement la qualité de l'acier Thomas.

L'utilisation de la vapeur d'eau, en abaissant la teneur en azote à moins de 0,0030 %, nous permet d'obtenir un acier Thomas effervescent dont la qualité est au moins égale à celle du Martin pour la fabrication des fils, des feuillards, des tôles fines, c'est-à-dire de tous les produits minces qui, dans leur transformation ultérieure, ne doivent pas être susceptibles à la fragilité au bleu, doivent durcir le moins possible par écrouissage et vieillissement et doivent présenter de bonnes qualités d'emboutissage.

La mise au point de cette nouvelle technique de fabrication de l'acier au convertisseur présente un intérêt considérable qui retiendra certainement l'attention de tous les sidérurgistes.

L. M. et M. N.

(C. N. R. M., octobre 1950.)

D. Bermane,
Lic. Sc. Chim. A. G. Br.,
Chargé de Recherches
à la Commission
A. B. E. M. n° IV

Préparation des surfaces métalliques avant peinture

La préparation des surfaces est essentielle

La préparation des surfaces métalliques avant leur mise en peinture est trop souvent considérée comme une opération accessoire ou même inutile. Alors que l'on accorde une certaine importance au choix de la peinture, on néglige de prêter attention à l'état du métal à protéger et, dans la plupart des cas, on peint sur une surface sale, rouillée ou calaminée. En ce faisant, on emprisonne sous les couches de peinture tous les facteurs qui accélèrent la corrosion du métal que l'on voudrait protéger et l'on perd, du même coup, le bénéfice que l'on attendait de l'utilisation d'une peinture de bonne qualité.

De nombreux travaux ont été cependant consacrés à l'étude des conditions d'application des revêtements protecteurs. On peut citer, en particulier, les études de Footner, Fancutt, Hudson ainsi que les essais entrepris par les diverses Commissions qui se préoccupent de la protection contre la corrosion. Ils ont montré que la préparation des surfaces métalliques était essentielle, car c'est de l'état de cette surface que dépend, dans une large mesure, la tenue ultérieure des peintures.

Nécessité du décapage

Pour assurer une protection efficace et durable, pour préserver le métal des contacts avec les agents atmosphériques, les peintures doivent être appliquées en couches continues et adhérentes.

On comprend sans peine que les poussières et les corps étrangers qui s'interposent entre le métal et la peinture ont pour effet de rendre

discontinu le film et de créer des zones de moindre épaisseur par lesquelles l'humidité entre facilement en contact avec le métal. Là où une pellicule de graisse recouvre la surface métallique, les peintures n'adhèrent que faiblement et sont sensibles aux actions mécaniques extérieures.

Les études de Vernon et de Hudson sur la corrosion atmosphérique ont montré que l'humidité ambiante et l'hygroscopicité des produits de corrosion sont les facteurs principaux qui activent la dégradation du métal. Les croûtes de rouille, en particulier, contiennent en elles-mêmes tout ce qu'il faut pour entretenir l'attaque du métal. Il est donc indispensable de les éliminer totalement de la surface à peindre. C'est à la présence de la rouille, incluse sous la peinture, que l'on peut, dans la plupart des cas, attribuer la propagation rapide de la corrosion sous le film protecteur.

Il est bien connu que sous des influences diverses telles que la corrosion, les pellicules de laminage ou calamine peuvent se détacher du métal qu'elles recouvrent et que l'adhérence de ces pellicules peut varier d'un point à l'autre d'une même surface. Lorsque l'on peint sur un métal calaminé, on observe après un certain temps des soulèvements et des ruptures dans le film qui ont pour résultat de mettre à nu d'importantes portions du métal. Ces soulèvements sont dus à la calamine qui, en se détachant de son support, entraîne dans sa chute de grandes plaques de peinture.

En résumé, pour assurer une protection efficace et durable de l'acier par l'application de peintures, il faut procéder à un décapage permettant de débarrasser la surface métallique de toutes traces de calamine, de rouille, de graisses ou de souillures quelconques.



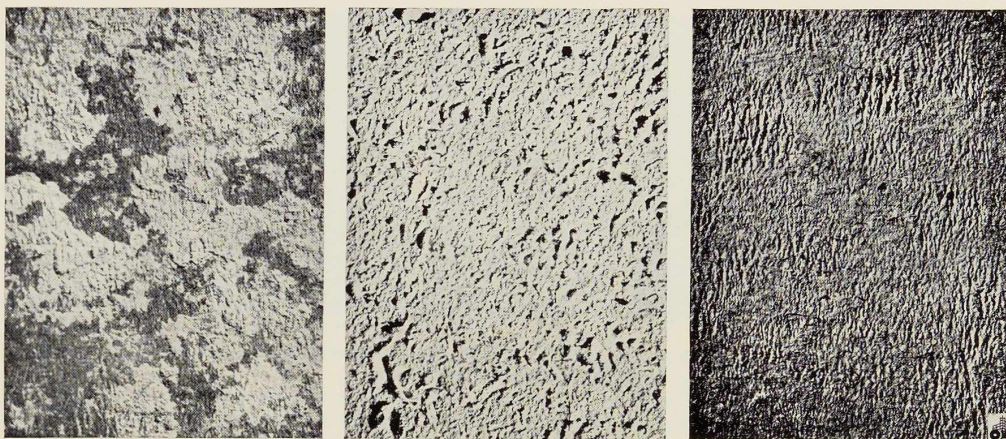


Fig. 1 (ci-dessus). A gauche : Aspect présenté par une tôle brute avant décapage (présence de calamine et de rouille). - Au milieu : Aspect après sablage. - A droite : Aspect après décapage acide.

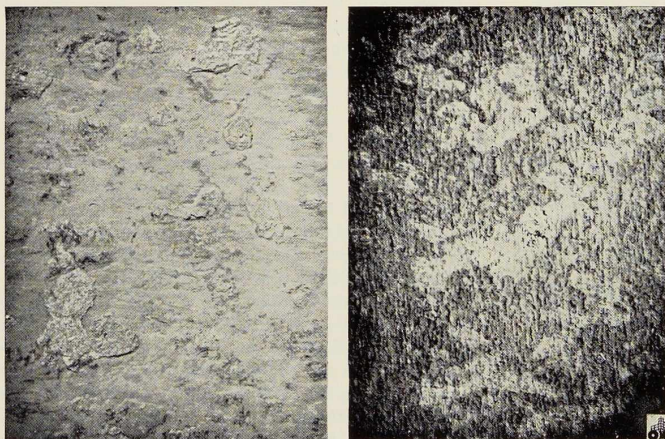


Fig. 2 (ci-contre). A gauche : Aspect après dérouillage insuffisant. - A droite : Aspect après décapage au chalumeau oxy-acétylénique.

Méthodes de décapage

Il est impossible d'exposer en détail dans cette note les divers procédés de préparation des surfaces auxquels on peut faire appel.

Aussi la description sommaire des principales méthodes sera-t-elle limitée à mettre en relief leurs caractéristiques.

Sablage ou grenailage

Il permet de débarrasser mécaniquement le

métal de toutes traces de calamine ou de rouille; la rugosité de la surface (fig. 1), obtenue par ce procédé, constitue une excellente base d'accrochage pour les peintures. Le métal étant rendu très sensible à l'action des agents de corrosion, le sablage doit être suivi immédiatement de la mise en peinture.

Décapage acide

Les bains d'acides chlorhydrique ou sulfurique utilisés avec ou sans retardateurs de décapage

agissent par dissolution du métal et désagrègent les pellicules de laminage. Le décapage acide peut être suivi d'une neutralisation alcaline mais nécessite, dans tous les cas, un rinçage abondant. La surface obtenue est assez lisse (fig. 1) et très sensible à la corrosion. Un traitement par une solution d'acide phosphorique ou de phosphates a pour effet de recouvrir le métal d'une mince couche de phosphate de fer. Celle-ci assure une protection temporaire du métal décapé et une meilleure adhérence des peintures.

Oxydation naturelle et dérouillage mécanique

L'oxydation naturelle consiste à débarrasser le métal de sa pellicule de laminage en le laissant se rouiller sous l'action des agents naturels. Le procédé doit être suivi d'un dérouillage mécanique (brosses, marteaux, etc.) permettant d'éliminer complètement toutes traces de calamine ou de rouille non adhérentes.

On ne saurait trop insister sur les graves inconvénients que peut présenter cette méthode de préparation, souvent utilisée pour les constructions en place. On sait que les pellicules de laminage peuvent présenter de grandes différences d'adhérence; de ce fait, le temps total d'exposition aux intempéries n'est pas le même pour toutes les parties de la construction; par ailleurs, on observe souvent que certaines d'entre elles subissent, lors de l'exposition aux intempéries, des corrosions localisées et profondes. Il s'ensuit qu'il est difficile de déterminer le terme d'une opération de décalaminage par oxydation naturelle. Enfin, dans la plupart des cas, le dérouillage mécanique final laisse subsister des quantités notables de rouille et de calamine qui seront à l'origine de corrosions ultérieures se développant sous les couches de peinture (fig. 2).

Décapage à la flamme

Le chalumeau oxy-acétylénique muni de brûleurs spéciaux permet de faire sauter la rouille et la calamine sous l'effet des dilatations différentielles.

Le passage de la flamme est suivi d'un broyage destiné à enlever les dernières particules non adhérentes (fig. 2). L'application de la première couche de peinture se fait sur la surface sèche et encore chaude. On évite ainsi toute présence d'humidité et on assure un séchage plus rapide des peintures.

(1) Une échelle normalisée comportant cinq degrés de corrosion permet d'évaluer le pourcentage de rouille.

Essais entrepris par la Commission n° IV de l'Association belge pour l'étude, l'essai et l'emploi des matériaux (A. B. E. M.)

La Commission Belge pour l'Etude de la Protection contre la Corrosion (Commission n° IV de l'A. B. E. M.) s'est attachée, dès 1938, au problème de la préparation des surfaces métalliques avant peinture et a entrepris de nombreux essais comparatifs.

Ceux-ci ont permis de soumettre à l'action prolongée des intempéries et à des essais de laboratoire un certain nombre d'éprouvettes métalliques préparées par divers procédés et recouvertes de peintures antirouilles de comportement bien connu.

Les méthodes de préparation suivantes ont fait l'objet d'essais comparatifs :

- Absence de préparation ou préparation insuffisante;
- Sablage;
- Décalaminage par oxydation naturelle suivi d'un dérouillage mécanique;
- Décapage à la flamme oxy-acétylénique;
- Décapage acide suivi ou non de phosphatation;
- Emploi de divers inhibiteurs appliqués comme sous-couche avant peinture sur métal rouillé.

La figure 4 traduit l'évolution de la corrosion en fonction de la durée d'exposition aux intempéries pour les différentes méthodes de préparation. Le système de peinture utilisé pour ces essais comporte une couche de fond à base de minium de plomb et une couche de finition à base d'oxyde de zinc.

La figure 5 permet de comparer l'influence de la préparation des surfaces sur la durabilité d'un système protecteur en deux couches.

On observe une différenciation nette entre le comportement des surfaces métalliques préparées par sablage ou par décapage acide et les surfaces métalliques non décapées ou ayant subi une préparation insuffisante.

Dans le premier cas, le degré de corrosion (1) observé, après deux années d'exposition aux intempéries dans une station à caractère agressif moyen, reste compris entre 0 et 1 : les peintures peuvent être considérées comme pratiquement intactes. La durabilité du revêtement protecteur n'est fonction que de sa qualité et de l'agressivité de l'atmosphère au lieu d'exposition.

Lorsque, dans les mêmes conditions, on étudie le comportement des peintures appliquées sur métal calaminé ou n'ayant subi qu'une préparation insuffisante, on observe des degrés de



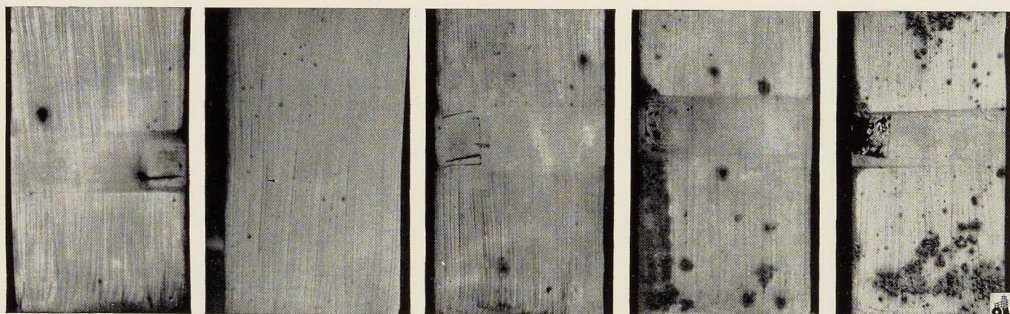


Fig. 3. Aspects présentés par un revêtement en deux couches après 22 mois d'exposition aux intempéries.
De gauche à droite : Tôle sablée, Tôle décapée à l'acide, Tôle décapée au chalumeau, Tôle rouillée puis brossée (décapage insuffisant), Tôle non décapée (rouille et calamine).

corrosion voisins de l'indice 3 ou supérieurs à celui-ci. La rapidité avec laquelle la corrosion se développe dans certains cas témoigne de l'importance des dégradations : après deux années d'exposition, les peintures n'offrent plus de protection. En outre, la profondeur des puits de corrosion rendra souvent aléatoire tout repeinture ultérieure. La durabilité du revêtement protecteur est fortement diminuée et cette diminution ne peut être attribuée qu'à la préparation insuffisante de la surface métallique avant sa mise en peinture (fig. 4 et 5).

On observe pour les tôles préparées par oxydation naturelle suivie d'un dérouillage complet une tenue en général satisfaisante. Un traitement des surfaces rouillées, après élimination totale des particules de rouille ou de calamine non adhérentes, par une solution alcoolique d'acide phosphorique donne de bons résultats. Pour les essais entrepris avec d'autres inhibiteurs, utilisés comme sous-couches avant peinture, on a observé des comportements soit analogues, soit moins favorables que ceux obtenus par l'emploi d'une solution phosphatante.

Les éprouvettes décapées à la flamme oxy-acétylénique présentent en général un comportement favorable. On observe cependant, dans certains cas, des tenues médiocres qui pourraient être attribuées à la présence, sous la peinture, de

Fig. 4. Evolution de la corrosion en fonction de la durée d'exposition.

A. Tôle rouillée et brossée. - B. Tôle non décapée (rouille et calamine) - C. Décapage au chalumeau oxy-acétylénique. - D. Décalaminage naturel suivi d'un dérouillage complet. - E. Décapage à l'acide. - F. Sablage.

pellicules de laminage qui ont résisté au chalumeau.

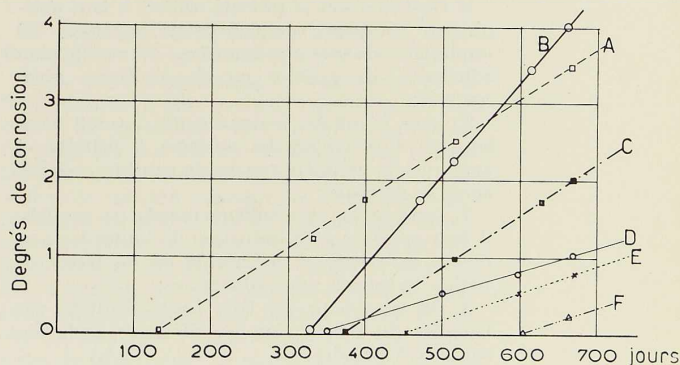
Des essais complémentaires entrepris au laboratoire avec des peintures de différentes qualités ont confirmé les résultats précédents.

On peut en conclure que la durabilité des peintures, quelles que soient leurs qualités, est fortement influencée par l'état de la surface métallique à peindre.

La figure 3 illustre quelques-unes des constatations précédentes.

Conclusions

Contrairement à ce que l'on croit généralement, la préparation des surfaces métalliques avant peinture est essentielle et l'on ne peut garantir de bons résultats de protection que si l'on a



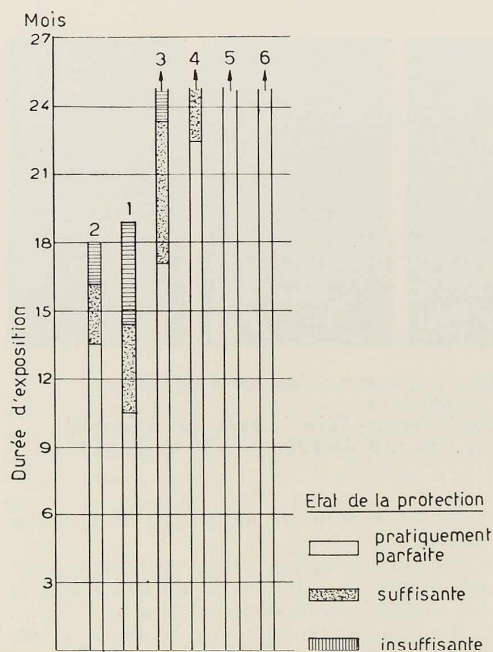


Fig. 5. Etat de la protection des tôles en fonction de la durée d'exposition.

1. Tôle rouillée et brossée. - 2. Tôle non décapée (rouille et calamine). - 3. Décapage au chalumeau oxy-acétylénique. - 4. Décalaminage naturel suivi d'un dérouillage complet. - 5. Décapage à l'acide. - 6. Sablage.

procédé à un décapage complet de la surface métallique avant sa mise en peinture.

De l'ensemble des travaux entrepris par la Commission n° IV de l'A. B. E. M. pour l'étude de la préparation des surfaces métalliques, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Quel que soit le procédé utilisé, il faut obtenir un décapage complet de la surface. Ceci implique l'absence de calamine, de rouille non adhérente, de graisses ou de souillures quelconques;

2° Dans le cas des métaux neufs, on doit décalaminer entièrement les surfaces à peindre et appliquer la première couche de peinture aussitôt après le décapage;

3° Dans le cas des métaux usagés ou rouillés, il faut procéder à l'élimination de toutes les particules de calamine, de rouille ou de traces de vieilles peintures non adhérentes;

4° On a obtenu de très bons résultats par l'emploi du sablage ou par décapage acide des surfaces à peindre;

5° On peut également faire appel au décapage oxy-acétylénique et, dans certains cas, à l'oxydation naturelle complète de la surface. Ces opérations doivent être suivies d'un traitement permettant de débarrasser la surface de toutes traces d'oxydes, de rouille ou de revêtements non adhérents.

Il convient d'insister sur les graves inconvénients que présente l'oxydation naturelle : il est, en effet, extrêmement difficile de déterminer le terme de cette opération; en outre, la présence inévitable de corrosions profondes sera le plus souvent l'amorce de nouvelles attaques qui se développeront sous les couches de peinture.

En résumé, si la surface à peindre est propre, exempte de rouille et de calamine, on obtiendra des résultats qui dépendront uniquement de la qualité de la peinture, des soins que l'on aura mis à l'appliquer et de l'agressivité de l'atmosphère.

Si, au contraire, la surface est sale, rouillée ou calaminée, on observera une destruction beaucoup plus rapide des peintures dont la durabilité sera fortement diminuée.

Il serait cependant erroné de croire qu'il existe une méthode standard de préparation des surfaces métalliques. Au contraire, chaque cas particulier doit faire l'objet d'une étude attentive. Les principes énoncés dans les conclusions établies par la Commission n° IV — conclusions qui sont d'ailleurs en accord avec celles des Commissions étrangères — peuvent aider à résoudre les problèmes particuliers qui se posent journellement aux ingénieurs et aux industriels.

D. B.

Bibliographie d'articles sur la protection des constructions métalliques contre la corrosion, publiés dans « L'Ossature Métallique »

- H. B. FOOTNER, « La préparation des constructions en acier avant peinture », n° 11, 1938.
- M. VAN RYSSSELBERGE, « Résultats des études effectuées dans le domaine de la protection de l'acier contre la corrosion », n° 7/8, 1945.
- H. VAN DER VEEN, « Dix années d'essais de corrosion atmosphérique en Hollande », n° 7/8, 1946.
- D. J. DAVIES, « Développements récents dans l'entretien des ponts métalliques de portée moyenne », n° 3, 1947.
- « Essais de corrosion naturelle de longue durée sur divers aciers de construction dans l'air atmosphérique et dans différentes eaux de mer et de rivière », n° 4, 1947.
- J. LAGASSE, « Résultats des essais de corrosion atmosphérique de longue durée, sur aciers protégés par peinture, exécutés en Belgique », n° 11, 1947.
- J. C. HUDSON, « Travail de la Commission de Corrosion britannique », n° 11, 1948.
- G. DECHAUX, « Essais de peintures sous-marines », n° 12, 1949.
- A. ROGGEVEEN, « La résistance des constructions en acier à la corrosion », n° 9, 1950.
- M. POURBAIX, « Recherches sur la corrosion aux Etats-Unis », n° 11, 1950.
- C. A. LOBRY DE BRUYN, « Etat actuel des recherches sur la corrosion en Hollande », n° 12, 1950.



Jean Dutheil,
Ingénieur A. M. et I. E. G.,
Lauréat
de l'Académie des Sciences,
Dijon

Discussion sur le flambement des pièces comprimées axialement

I. Introduction

Je viens de prendre connaissance dans cette même revue de l'article de M. le Professeur Campus intitulé « Réflexions sur la méthode de M. Dutheil pour le calcul des pièces comprimées et fléchies » (1), suivant de près celui de M. le Professeur Massonnet « Réflexions concernant l'établissement des prescriptions rationnelles sur le flambage des barres de fer » (2).

C'est avec le même plaisir que j'ai parcouru attentivement l'un et l'autre, le plaisir qu'on éprouve toujours devant la réalisation d'un souhait. Ce souhait je l'avais formulé le 3 mai 1950 à Bruxelles à la tribune de la Société Royale Belge des Ingénieurs et des Industriels, où j'ai eu l'honneur de faire une communication sur « Les problèmes fondamentaux d'instabilité en construction métallique : le flambement et le déversement ».

J'indiquais en conclusion que je me considérerais comme satisfait si mon exposé avait pour conséquences d'amorcer des discussions. Et voici que ces discussions sont ouvertes. Elles le sont de plus par des personnalités d'une telle autorité que je ne puis qu'exprimer ici toute ma satisfaction.

Nous rappelons brièvement les trois principes essentiels sur lesquels est fondée la méthode Dutheil, savoir :

1° Que dans sa réalité physique le flambement d'une barre comprimée axialement, est un problème d'instabilité par divergence. Nous n'avons eu garde d'oublier, comme le fait remarquer très justement M. Campus, le caractère dualiste de cette notion d'instabilité, la notion classique d'instabilité par bifurcation d'équilibre, quoique purement abstraite, conservant une signification essentielle.

2° Qu'une conception rationnelle de la sécurité dans le flambement ne peut être que probabiliste, en raison du caractère aléatoire des perturbations qui influent sur la stabilité.

3° Que la meilleure interprétation, des effets des dites perturbations, consiste dans la notion de « préflèche conventionnelle » fonction de la contrainte.

Nous n'ignorons pas certes qu'on a tenté depuis longtemps d'échafauder des théories du flambement par divergence. Il n'en est guère résulté que les querelles bien connues entre eulériens et non eulériens. Le premier principe devrait mettre fin à ces querelles et rallier la quasi unanimité des techniciens, la théorie d'Euler restant à la base de toute étude valable sur le flambement.

Mais si l'on s'en tient à la conception empirique de la sécurité, une formule de flambement par divergence, même concordante ne présente pas plus d'intérêt qu'une quelconque formule obtenue suivant un procédé classique, par mise en équation d'une courbe coïncidant plus ou moins avec la ligne moyenne des points d'essai.

A ce point de vue, notre conception probabiliste de la sécurité permet une discussion plus serrée du problème. Elle ne semble d'ailleurs pas être discutée.

Enfin, nous n'ignorons pas non plus que les défauts inévitables qui sont à la base du flambement par divergence, ont été interprétés au moyen d'hypothèses les plus diverses.

Ces hypothèses ont été passées en revue par M. Massonnet et par M. Campus, et c'est sur ce point important que la discussion se trouve ouverte.

II. Discussion sur les différentes hypothèses possibles

M. Massonnet énumère les différentes hypothèses proposées sans vouloir prendre parti.

Dans cette énumération, l'expression de la flèche initiale d'imperfection, base de notre méthode, ne figure que sous sa forme primitive. On peut dès maintenant remarquer que les différentes hypothèses qui ont précédé la nôtre, présentent le caractère commun de n'exprimer l'imperfection qu'en fonction de certaines dimensions caractéristiques des pièces, telle que : longueur, demi-hauteur de la section droite, rayon du noyau central, etc. Une telle conception ne peut avoir qu'une validité très limitée. Quelle est en effet la nature de l'imperfection dans des éprouvettes de laboratoire ? La courbure initiale et l'ex-



centricité de la charge, peuvent, dans le cas d'une éprouvette usinée, être suffisamment réduites pour n'avoir que des effets absolument négligeables. La flexion qui apparaît cependant dès le début de l'application de la charge est donc due à peu près uniquement à l'inhomogénéité du matériau. Or, cette inhomogénéité ne pouvant se manifester que sous contrainte, il est clair que la flèche initiale conventionnelle qui interprète ses effets, doit être elle-même fonction de cette contrainte.

On peut d'ailleurs le vérifier expérimentalement en faisant croître progressivement la compression axiale sur une pièce dont on mesure la flèche.

Toute expression d'une flèche initiale qui n'est fonction que des dimensions de la pièce, ne peut donc être éventuellement considérée comme valable que pour un matériau bien déterminé, car elle admet implicitement que la contrainte qui lui correspond, est la limite d'écoulement.

D'où la nécessité d'affecter l'expression de la flèche initiale d'un coefficient variable avec le matériau, ce qui ne peut être considéré comme une solution générale du flambement. Il y a d'ailleurs encore aggravation quand on considère les poutres à treillis. L'affaissement est, dans ce cas, conditionné par une contrainte au bord de la section médiane qui est égale à la contrainte d'affaissement du tronçon de membrure, donc variable avec l'élançement du dit tronçon. Il en résulte qu'il faudrait pour un matériau donné, affecter à l'expression de la flèche initiale un coefficient variable avec l'élançement du tronçon de membrure.

On pourrait pousser plus loin la critique et montrer les nouvelles difficultés qui surgiraient dans le cas où la prise en compte de la déformation complémentaire d'effort tranchant est nécessaire : mais nous pensons qu'il est inutile d'insister.

On peut d'ailleurs noter en passant que l'analyse des causes de la flexion prématurée, élimine l'excentricité en tant que moyen d'interprétation des défauts inévitables. On ne voit pas bien comment on pourrait justifier la variation nécessaire de la dite excentricité avec la nature du matériau.

La notion de « préflèche conventionnelle » qui est à la base de notre méthode, élargit singulièrement celle de « flèche initiale »; ce qui la distingue de toutes les hypothèses qui l'ont précédée, c'est précisément qu'elle est fonction de la contrainte et du coefficient d'élasticité, ce qui est nécessaire si l'on veut aboutir à une solution rationnelle et générale du flambement, comme nous le montrerons plus loin.

Même sous sa forme primitive, notre hypothèse

présentait déjà ce caractère puisque la flèche initiale s'écrivait :

$$f_0 = C \frac{n_e l^2}{\pi^2 E v}, \quad (1)$$

C — constante expérimentale;

n_e — limite d'écoulement;

E — coefficient d'élasticité;

l — longueur de la pièce;

v — 1/2 hauteur de la section.

Cette « flèche initiale » n'était que la « préflèche conventionnelle » correspondant à une contrainte égale à n_e , soit une valeur particulière de cette préflèche conventionnelle que nous avons exprimée par :

$$f_0 = C n_m \frac{W}{N_c}, \quad (2)$$

n_m — contrainte maximum au bord de la section médiane;

W — module de résistance de la section;

N_c — charge critique d'Euler = $\frac{\pi^2 EI}{l^2}$.

Sous cette forme plus générale, notre hypothèse fondamentale permet de donner une solution à tous les problèmes complexes du flambement.

M. Campus examine lui, toutes les formes particulières qui lui semblent possibles, de la flèche initiale f_0 , et procède à une discrimination d'où il résulte que seules les formules : A — C — D, peuvent être considérées comme théoriquement correctes (1). Cependant, cette discrimination qui se fait par comparaison avec la courbe idéale ABCDE (fig. 1, p. 35) (1) qui est à la base de notre méthode, a un caractère purement mathématique. Il nous paraît indispensable de la compléter par une discrimination physique, si l'on ne veut pas s'arrêter à une hypothèse imaginaire qui n'aurait que la valeur d'une formule de raccordement quelconque et sans signification physique, comme il en a été beaucoup proposé, et comme on pourrait en imaginer encore beaucoup d'autres.

Lorsqu'on fait des essais de flexion simple sur des barres d'acier doux laminées, par exemple, en les poussant jusqu'à écoulement, on constate toujours que la flèche mesurée est supérieure à la flèche calculée en élasticité pure. Si pour faire un raccordement entre l'allongement et la flèche, on fait un grand nombre de mesures d'allongement en des points divers de l'éprouvette, on s'aperçoit que certains écoulements locaux se produisent alors que la contrainte au bord de la sec-



tion la plus sollicitée, donnée par le rapport entre le moment fléchissant maximum et le module de section, a une valeur assez faible, de l'ordre de $10/\text{mm}^2$ pour de l'acier doux ordinaire, par exemple.

Ces fluages locaux ont une influence limitée sur la déformation d'ensemble, en raison du phénomène bien connu de l'adaptation. Il résulte de ce phénomène que la flèche reste un bon intégrateur de l'allongement, et que l'inhomogénéité du matériau, cause principale des écoulements locaux, se traduit finalement par une majoration de la flèche.

On constate d'ailleurs que la loi déformation/allongement reste sensiblement linéaire, tant que la contrainte maximum est en dessous de la limite d'écoulement, et même un peu au-dessus en conséquence du phénomène d'adaptation dans la section. Si l'on décharge en un point quelconque de la variation linéaire, on constate l'existence d'une flèche permanente, dont la valeur ne correspond d'ailleurs pas exactement à la flèche supplémentaire d'inhomogénéité, mais se trouve légèrement inférieure du fait de la détente élastique qui intervient pour la réduire dans le nouvel état d'équilibre.

Il n'en est pas moins vrai que physiquement, il est apparu une préflèche. Si donc on voulait en flexion simple, calculer les déformations réelles avec plus de précision qu'on ne le fait habituellement, on pourrait procéder à des essais statistiques permettant de déterminer une « préflèche conventionnelle », qui viendrait s'ajouter à la flèche d'élasticité pure.

Puisque la déformation reste sensiblement linéaire, la préflèche conventionnelle aurait à un coefficient près, la même expression que la flèche théorique en élasticité pure. En flexion sinusoïdale, la flèche élastique correspondant à un moment maximum au milieu M_0 s'exprime par :

$$f = \frac{M_0 l^2}{\pi^2 EI}$$

La préflèche conventionnelle s'exprimerait donc par :

$$f_0 = C \frac{M_0 l^2}{\pi^2 EI} = C n_f \frac{W}{N_c} \quad (3)$$

dans laquelle :

C est une constante expérimentale;

n_f , contrainte maximum de flexion au bord de la section médiane;

W module de section ($\frac{I}{V}$ pour une pièce pleine);

$$N_0 = \frac{\pi^2 EI}{l^2} = \text{charge critique d'Euler.}$$

En flexion simple, cette préflèche n'a qu'une importance réduite, car une grande précision dans le calcul de la déformation est la plupart du temps illusoire, d'autant plus qu'on ne peut pas toujours prendre en compte toutes les liaisons qui, dans un système donné, viennent atténuer la déformation.

Dans le cas du flambement, qui n'est, comme l'expérience le montre, qu'un phénomène de flexion composée à loi sinusoïdale, il y a donc aussi apparition d'une préflèche d'inhomogénéité et sa prise en compte prend une importance primordiale, puisqu'elle influe directement sur la stabilité. Il est indispensable de déterminer une « préflèche conventionnelle », qui assure une concordance expérimentale avec la ligne moyenne d'un assez grand nombre de points d'essais. Quant à son expression, elle doit remplir une première condition, c'est de satisfaire aux lois de la flexion sinusoïdale. Or, à mesure que l'élanement augmente, le flambement se rapproche de la flexion simple à la limite pour un élanement infiniment grand, il faut donc que l'expression de la préflèche conventionnelle tende vers l'expression (3).

En supposant qu'il soit possible de proposer plusieurs formes de la préflèche conventionnelle répondant à cette première condition, on peut pousser plus loin la discrimination. Il y a d'abord la *conception de la sécurité*.

Il ne suffit pas d'avoir trouvé l'expression d'une préflèche conventionnelle qui assure la concordance expérimentale, car la question de la sécurité reste entière. Les perturbations apportées par les défauts inévitables étant aléatoires, la conception de la sécurité ne peut être que probabiliste. L'hypothèse admise doit permettre le tracé d'une *courbe limite*, assurant une probabilité de ruine suffisamment faible. Cette courbe limite se déduira de la courbe fondamentale en concordance avec la moyenne des points d'essais, simplement par une majoration de la préflèche conventionnelle, c'est-à-dire par le jeu d'une majoration du coefficient expérimental C, car pour un élanement infiniment grand, l'expression de la préflèche conventionnelle doit toujours tendre vers l'expression (3). Mais quand on fait croître l'élanement, il faut que la courbe limite soit toujours en dessous de l'hyperbole d'Euler, et qu'elle ne puisse la rejoindre même quand l'élanement devient infiniment grand. Autrement dit, le rapport $\frac{n_c}{n_s}$ de la contrainte critique d'Euler à la contrainte limite doit tendre vers



une valeur finie plus grande que 1 quand l'élan-
cement croît indéfiniment. C'est la deuxième con-
dition à remplir.

La courbe limite étant supposée déterminée, on
connaîtra ainsi pour chaque élan-
cement la valeur n_s de la contrainte limite de compression simple,
au-dessous de laquelle la probabilité d'affaisse-
ment est assez faible pour être négligeable, et il
sera possible d'appliquer par rapport à n_s un
coefficient de sécurité unique valable pour tous
les élan-
cements.

Le problème du flambement cesse ainsi de pré-
senter le caractère particulier qui le distinguait
des autres modes de sollicitation, au point qu'on
admettait comme normal que le coefficient de
sécurité soit variable avec l'élan-
cement. Il se
trouve intégré dans un système cohérent et uni-
versel.

Il y a une troisième condition de discrimination
physique, et qui est évidente, c'est que l'hypo-
thèse admise doit assurer la concordance expéri-
mentale, tant pour la courbe limite que pour la
courbe moyenne.

En résumé, la discrimination physique amène
à vérifier que l'expression de la préflèche conven-
tionnelle satisfait à trois conditions :

1° Conformité aux lois de la flexion sinusoï-
dale;

2° Possibilité d'une conception rationnelle de
la sécurité;

3° Concordance expérimentale.

Une quatrième condition d'ordre général est
aussi nécessaire pour permettre les applications
pratiques : c'est la simplicité.

Les trois formes A, C, D restant les seules à
retenir après la discrimination mathématique de
M. Campus, il importe maintenant d'en faire la
discrimination physique.

Première formule A :

C'est celle que nous avons proposée. Il est à
remarquer cependant que M. Campus ne l'a pas
donnée sous sa forme générale (2).

Il a particularisé, ne considérant que la pré-
flèche conventionnelle d'affaissement d'une barre
prismatique, puisqu'il pose :

$$n_m = n_e$$

(n_m est la contrainte maximum au bord de la
section médiane).

Il étudie donc l'expression suivante de la pré-
flèche conventionnelle :

$$f_0 = C n_e \frac{W}{N_e} \quad (4)$$

Mais cette expression n'est pas valable par
exemple dans le cas des barres à treillis pour les-
quelles il faut remplacer n_e par n_t contrainte
limite d'affaissement du tronçon de membrure.
De même dans le cas du flambement composé,
il faut remplacer n_e par une valeur inférieure n_e' .

Il est donc préférable de considérer l'expres-
sion (2).

1° *Première condition :*

A mesure que l'élan-
cement croît n_m contrainte
totale se rapproche de la contrainte de flexion
seule n_f et à la limite, pour un élan-
cement infi-
niment grand, l'expression (2) tend vers (3).
Les lois de la flexion sinusoïdale sont donc bien
satisfaites.

2° *Deuxième condition :*

Nous avons montré dans notre exposé de
Bruxelles (3) que le rapport $\frac{n_e}{n_s}$ tend vers la
limite 1,416 quand l'élan-
cement croît indéfini-
ment. D'une façon plus générale, cette limite a
pour valeur $1 + C$, avec C plus grand que 0. Il
en résulte qu'il suffit d'agir sur C pour tracer
une courbe limite de la contrainte en fonction
de l'élan-
cement, qui soit toujours en dessous de
l'hyperbole d'Euler, même si l'élan-
cement est
très grand. C'est ce que nous avons fait pour
l'acier, en prenant $C = \frac{1}{2,4} = 0,416$.

Cette condition est indispensable pour rendre
possible une conception probabiliste de la sécu-
rité, qui est ici la seule rationnelle.

3° *Troisième condition :*

Nous avons montré dans notre exposé de
Bruxelles que la concordance expérimentale est
aussi bonne que possible avec $C = \frac{1}{12}$ pour la
moyenne des points d'essais, et $C = \frac{1}{2,4}$ pour la
courbe de la pression limite d'affaissement, n_s ,
en fonction de l'élan-
cement.

4° *Condition simplicité :*

Il est certain que notre expression fondamentale
de la « préflèche conventionnelle », aboutit à des
solutions aussi simples que possible eu égard à
la complexité des problèmes qu'elle permet de
traiter.

Deuxième formule C :

Ici on considère une flèche initiale donnée par
l'expression :



$$f_0 = Cl.$$

M. Timoshenko (4) a proposé de prendre

$$C = \frac{1}{400}$$

Nous avons déjà signalé dans ce qui précède qu'une telle expression indépendante de la contrainte ne pouvait correspondre à une solution générale. D'ailleurs M. Timoshenko ne la propose que pour un matériau donné, l'acier doux.

Même dans ce cas comme nous l'avons exposé, elle ne permet pas de résoudre le problème du flambement des barres à treillis, ni celui du flambement composé, ni celui de la prise en compte de la déformation d'effort tranchant. Ces premières constatations suffiraient à l'éliminer. Examinons cependant comment elle se présente devant les quatre conditions que nous avons posées.

Première condition :

Le fait que la flèche initiale est proportionnelle à la longueur l de la pièce, suffit à montrer que son expression ne satisfait pas aux lois de la flexion sinusoïdale, ni même d'ailleurs aux lois de la flexion tout court.

Deuxième condition :

L'expression $f_0 = Cl$ aboutit pour la contrainte limite n_s à l'équation du second degré

$$n_s^2 - n_s \left[n_e + n_c \left(1 + C \frac{l}{s} \right) \right] + n_e n_c = 0$$

d'où :

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

avec :

$$n_4 = \frac{1}{2} (n_c + A_{4c})$$

en posant :

$$A = 1 + C \frac{l}{s}$$

on peut écrire l'expression de n_s sous la forme :

$$n_s = n_4 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{n_e n_c}{n_4^2}} \right).$$

Quand l'élanement devient très grand, n_c tend vers zéro, on peut développer le radical en série et ne conserver que les deux premiers termes, d'où :

$$n_s = n_4 \left[1 - \left(1 - \frac{n_e n_c}{2 n_4^2} \right) \right] = \frac{n_e n_c}{2 n_4} = \frac{n_e n_c}{n_e} = n_c$$

car A ayant une valeur finie d'ailleurs assez voisine de 1, $A n_c$ est négligeable devant n_e .

Le rapport $\frac{n_c}{n_s}$ tend donc vers 1 quand l'élanement croît indéfiniment, et ceci quelle que soit la valeur de C , dans la limite où elle est compatible avec une concordance expérimentale. Il est donc impossible d'obtenir une courbe de la contrainte limite n_s , cette courbe ne pourra jamais couvrir la dispersion aux grands élanements, puisqu'elle se raccorde avec l'hyperbole d'Euler.

Troisième condition :

Il est possible que dans une zone limitée, et pour un matériau donné, l'hypothèse $f_0 = \frac{l}{400}$ donne une concordance expérimentale pouvant paraître suffisante. Mais ainsi que le fait remarquer M. Massonnet fort judicieusement, l'hypothèse faite sur f_0 n'influe que très faiblement sur la forme du diagramme de la contrainte probable d'affaissement en fonction de l'élanement.

La plus ou moins bonne concordance avec la ligne moyenne des points d'essais, n'est donc pas un moyen très sûr de discrimination, et il faut s'en remettre à d'autres critères.

Mais il est bien évident qu'ici, la courbe de la contrainte limite d'affaissement n_s en fonction de l'élanement, ne saurait assurer une concordance expérimentale pour la raison exposée au paragraphe qui précède.

Quatrième condition :

Du point de vue de la simplicité, la formule en question est certainement une des plus mauvaises, puisqu'elle entraîne la prise en compte de la forme de section.

En conclusion, cette formule ne répond à aucune des quatre conditions posées. Nous pensons que personne ne pourra utilement soutenir qu'elle puisse servir de base à une théorie du flambement par divergence.

Troisième formule D :

M. Campus pose la formule :

$$\frac{f_0}{S} = C \frac{n}{n_c} \quad (5)$$

ce qui amène à l'équation :

$$n^2(l - C) - n(n_c + n_e) + n_e n_c = 0.$$



Il s'agit bien ici d'une préflèche conventionnelle, fonction d'une contrainte, puisque de l'expression (5) découle l'expression suivante de la dite préflèche conventionnelle :

$$f_0 = Cn \frac{W}{N_c} . \quad (6)$$

On voit ainsi que cette expression ne diffère de la nôtre donnée par (2) que par la substitution de n à n_m . Autrement dit, la préflèche conventionnelle serait proportionnelle à la contrainte de compression simple n , alors que dans notre formule (2) elle est proportionnelle à la contrainte totale au bord de la section médiane n_m .

Il est visible que cette hypothèse ne répond à aucune des quatre conditions que nous avons posées.

1° Quand l'élanement augmente indéfiniment, l'expression de f ne tend pas vers (3).

2° Le rapport $\frac{n_c}{n_s}$ tend vers 1.

3° La concordance expérimentale n'est pas possible pour la courbe limite n_s fonction de l'élanement.

4° Les calculs sont moins simples qu'avec notre hypothèse.

En réalité, nous avons déjà examiné cette hypothèse sans en faire état dans nos publications, car nous l'avions éliminée pour les raisons exposées.

Nous en avons d'ailleurs examiné également une autre qui lui est certainement supérieure et que nous appellerons la formule A'.

Quatrième formule A' :

La préflèche conventionnelle conserve la forme (2) mais en substitue à n_m contrainte totale, n_f contrainte de flexion au bord de la section médiane, de sorte que l'expression de la préflèche conventionnelle s'écrit :

$$f_0 = Cn_f \frac{W}{N_c} . \quad (7)$$

On voit que cette hypothèse est théoriquement correcte selon la discussion de M. Campus. Elle satisfait évidemment à notre première condition puisqu'elle est identique à (3). Elle satisfait encore à la deuxième, puisque le rapport $\frac{n_c}{n_s}$ quand l'élanement croît indéfiniment, tend vers $1 + C$ comme dans l'hypothèse A. Elle satisfait toutefois moins bien que A à la troisième condition, car la concordance expérimentale est moins bonne. Avec la même valeur, $C = \frac{1}{12}$ correspondant à A, la concordance sensiblement équivalente

pour les grands élanements, est beaucoup moins bonne pour les petits et moyens, la courbe calculée passe nettement plus haut que la moyenne des points d'essai.

Elle satisfait également moins bien à la condition de simplicité, puisqu'elle aboutit à l'équation :

$$n^2(1 + C) - n[n_c + n_c(1 + C)] + n_c n_c = 0 .$$

En conclusion de cette discussion, nous pensons que l'avantage reste indiscutablement à notre formule (2).

II. *Flambement composé* (flambement combiné avec un moment fléchissant dans le plan de flambement).

L'équation fondamentale d'équilibre que nous avons posée, soit :

$$n_s + \frac{n_s \Omega}{W} (f_0 + \sigma f_m) \frac{n_c}{n_c - n_s} + \frac{\sigma M_0}{W} = n_c$$

peut évidemment être exploitée de plusieurs façons, il ne s'agit plus que d'une question de forme.

1° On peut faire apparaître le facteur d'amplification χ et calculer la contrainte limite d'affaissement par assimilation au flambement simple. C'est la méthode suivie dans les Règles CN 46.

2° On peut considérer la flèche f_m comme une flèche initiale s'ajoutant à f_0 , et assimilée au flambement simple. C'est la méthode à laquelle M. Campus semble s'arrêter.

3° On peut encore considérer une poutre soumise au flambement composé comme un système plan sous charge statique et lui appliquer les critères classiques de stabilité de la résistance des matériaux.

La conception probabiliste de la sécurité que nous avons exposée, le permet dans le cas du flambement simple. Quand il s'agit de flambement composé, il faut de plus étendre le principe de superposition des efforts des forces aux poutres soumises à une compression axiale, ce qui est facile.

Les problèmes de flambement cessent ainsi de constituer une exception aux Règles de la Résistance des Matériaux, qui y gagnent en homogénéité et en cohérence.

C'est la méthode que nous avons suivie et que nous continuerons à préconiser.

Compte tenu du mode d'apparition de la flèche complémentaire d'inhomogénéité dans les conditions que nous avons précisées, et de son interprétation avec la forme que nous avons donnée à la préflèche conventionnelle, cette méthode se présente très simplement comme suit :



Considérons (fig. 1) une barre de longueur l soumise à la seule compression axiale N . La section de la barre étant Ω , la contrainte de compression simple est $n = \frac{N}{\Omega}$.

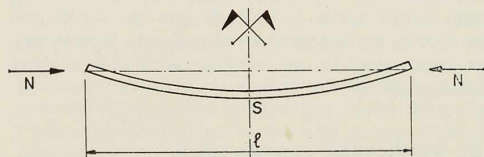


Fig. 1.

Nous savons que dans ce cas (²), et en négligeant l'influence de la contrainte tangentielle, le critère de la stabilité est la limitation à une certaine valeur de la contrainte majorée : nk_0 avec :

$$k_0 = \frac{\mu - 1}{\mu - (1 + C)} \quad \mu = \frac{c}{\sigma n}$$

n_c = contrainte critique d'Euler;

σ = coefficient de sécurité;

C = coefficient expérimental;

nk_0 est une contrainte de comparaison au bord de la section médiane S , et pour que la stabilité soit assurée, il suffit que :

$$nk_0 \leq R ;$$

R = contrainte limite admissible à la compression simple.

On peut donc raisonner comme si nk_0 était la contrainte réelle au bord de la section médiane.

La compression axiale N étant invariable, appliquons une charge transversale P (fig. 2).

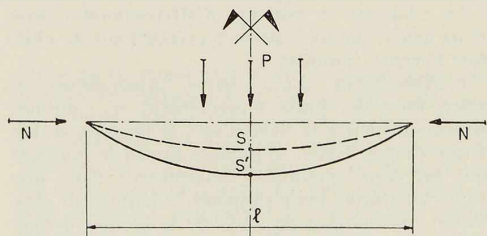


Fig. 2.

Le centre de gravité de la section médiane passe de S en S' . Désignons par n_f la contrainte de flexion due à la seule charge transversale, c'est-à-dire en supposant $N = 0$.

On sait que l'influence de N se traduit par une majoration de la contrainte n_f , qui devient $n_f\chi$, χ étant le facteur d'amplification. Ce dernier étant supposé connu, le principe de superposition des effets des forces est applicable, autrement dit la contrainte totale au bord de la section médiane sera :

$$nk_0 + n_f\chi,$$

et la condition de stabilité :

$$nk_0 + n_f\chi \leq R \quad (8)$$

Nous connaissons k_0 qui est le coefficient de flambement. Il s'agit de déterminer χ . Il faut tenir compte dans cette détermination de ce que la contrainte au bord de la section médiane en augmentant sous l'effet de la charge transversale, donne naissance à une flèche supplémentaire d'inhomogénéité.

La flèche élastique f_m due aux charges transversales seules peut s'exprimer par :

$$f_m = \pi^2 \Delta n_f \frac{W}{N_c}$$

Δ étant une contrainte caractéristique de la répartition de la charge transversale.

Sous l'effet de la compression axiale N , la contrainte devient $n_f\chi$, où la flèche supplémentaire d'inhomogénéité s'exprime par :

$$f'_m = C' n_f\chi \frac{W}{N_c}.$$

Les charges d'exploitation étant multipliées par le coefficient de sécurité σ , la contrainte de flexion au bord de la section médiane, due à l'intervention de la charge transversale P est donnée par :

$$\begin{aligned} \frac{\sigma n \Omega}{W} \sigma f_m \left(1 + \frac{C' \chi}{\pi^2 \Delta} \right) \frac{n_c}{n_c - \sigma n} + \sigma n_f \\ = \sigma n_f \left[\frac{n_c + \sigma n (\pi^2 \Delta + C' \chi - 1)}{n_c - \sigma n} \right] = \sigma n_f \chi \end{aligned}$$

d'où l'on tire :

$$\chi = \frac{\mu + \pi^2 \Delta - 1}{\mu - (1 + C')} \quad (9)$$

avec $\mu = \frac{\sigma n}{n_c}$ comme dans la valeur de k_0 .

On peut remarquer que le coefficient C' qui entre dans cette expression n'est pas forcément égal au coefficient C de l'expression de k_0 , car les incertitudes ne sont pas les mêmes dans les deux effets.

L'intervention de la charge transversale P ne modifiant pas N, l'effet de cette charge transversale n'est donc pas sensible aux défauts de forme, telles que par exemple, une excentricité de la charge, ou une courbure initiale.

Il faut donc que $C' < C$.

Il est évident qu'en prenant $C' = C$ on aboutirait à une condition trop dure.

Quoi qu'il en soit, on voit que l'application de la condition (S) est pratiquement très simple. Dans un bureau d'étude on peut accélérer les calculs au moyen de tableaux donnant les valeurs de $\frac{n_c}{\sigma}$ et de A. La détermination de μ est alors immédiate, et par suite celle de k_0 et de χ .

Contrairement à ce que pensait M. Campus, il n'est nul besoin d'établir des tables et des courbes spéciales pour la détermination de χ . En élasticité pure, la notion de facteur d'amplification est classique, il suffit de faire $C' = 0$ dans (9) pour obtenir son expression, et il vient :

$$\chi = \frac{\mu + \pi^2 A - 1}{\mu - 1} \quad (10)$$

Les valeurs de A se calculent très rapidement.

Charge concentrée au milieu	$A = \frac{1}{12}$
Moment sinusoïdal	$= \frac{1}{\pi^2}$
Charge uniforme	$= \frac{5}{48}$
Moment constant	$= \frac{1}{8}$

Pour les pièces réelles, l'expérience n'intervient que pour déterminer C' , une fois pour toutes, et il n'en résulte aucune complication.

Par contre, en opérant par assimilation au flambement simple, le calcul direct est beaucoup trop compliqué pour être envisagé, il faut nécessairement comme l'indique M. Campus, avoir recours à des familles de courbes. Il est d'ailleurs visible qu'il en faudrait un certain nombre pour pouvoir traiter tous les problèmes tels que ceux relatifs aux barres à treillis, par exemple, et pour différents matériaux.

L'avantage de la simplicité revient donc incontestablement à la méthode que nous préconisons qui aboutit à la condition (8) entièrement générale.

Il est constant d'ailleurs que le principe de superposition simplifie les solutions, et ce n'est pas le moindre mérite de la méthode exposée d'en permettre l'application.

Laquelle des méthodes proposées est la plus sûre, c'est la question que soulève par ailleurs

M. Campus. Nous ne voyons pas qu'il puisse y avoir discussion sur ce point. Il est bien évident qu'en faisant $C' = C$ on aboutit par notre méthode au même résultat que par la méthode préconisée par M. Campus, dans laquelle on admettrait bien entendu notre expression de f_0 . Mais notre méthode permet une discrimination de C et de C' , tandis que l'autre ne le permet pas, et c'est encore là un avantage en faveur de notre conception.

III. Vérification expérimentale

Ainsi que nous l'avons exposé, l'ajustement du coefficient C de notre formule, est fondé sur les essais de Tetmayer pour l'acier, et sur d'autres essais pour d'autres matériaux tels que le bois et le duralumin.

M. Campus fait remarquer que ces expériences déjà anciennes ont été inspirées par la notion de charge critique et qu'il n'est pas certain qu'elles établissent le moment strict où la limite élastique est atteinte.

Il est bien évident que la première apparition de la limite d'écoulement en un point de la pièce, ne peut être considérée comme le critère de l'affaissement, qu'approximativement ou en négligeant l'adaptation de plasticité.

Nous avons pris bien soin de le préciser dans notre exposé de Bruxelles, en indiquant d'ailleurs que l'erreur ainsi commise était négligeable. Peut-être est-il nécessaire d'insister un peu sur ce point.

Notre première étude sur le flambement (5) (exposé du 18 mars 1947) à l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, renferme un paragraphe complet sur « l'adaptation de plasticité en flexion composée ».

La « loi sur la pression d'affaissement », que nous avons énoncée, permet précisément de chiffrer l'erreur commise.

L'affaissement d'une barre prismatique en acier doux de limite d'écoulement n_c , soumise simultanément à la flexion et à la pression n due à une charge axiale, se produit quand les charges qui lui sont appliquées déterminent dans une barre identique, mais supposée indéfiniment élastique, une tension au bord de la section dangereuse égale à :

$$(n_c - n)\Phi + n,$$

expression dans laquelle Φ est un coefficient de forme de section donné par :

$$\Phi = \frac{N_s}{V}$$



M_s = moment statique de la section par rapport à l'axe perpendiculaire au plan de flambement.

W = module de section.

Cette loi est en bonne concordance avec tous les essais connus de flexion composée. Il faut remarquer qu'elle ne donne aucune indication sur la déformation réelle de la barre en phase plastique ce qui n'est d'ailleurs que d'un intérêt secondaire, mais elle permet par contre d'étudier l'influence de l'adaptation sur la charge d'affaissement, dans le flambement.

Compte tenu de nos hypothèses, la pression d'affaissement n_z se calculera en posant :

$$n_z + \frac{\Omega n_z f}{W} = (n_c - n_z) \Phi + n_z$$

avec :

$$f = C \frac{n \times n_c}{n_c - n(C+1)} \frac{N}{N_c}$$

Cette équation développée aboutit à :

$$n_z^2 \Lambda - n_z [n_c + n_c(C+1)] + n_c n_c = 0$$

avec :

$$\Lambda = C \left(1 - \frac{1}{\Phi} \right) + 1$$

dont la solution est :

$$n_z = n_4 - \sqrt{\frac{n_4^2 - \Lambda n_c n_c}{\Lambda}} \quad (11)$$

avec :

$$n_4 = \frac{1}{2} [n_c + n_c(C+1)]$$

$$C = \frac{1}{12}$$

On peut remarquer tout de suite que l'influence de l'adaptation sur n_z est très faible vers les grands élancements, pour lesquels la charge d'affaissement est très peu influencée par une variation de la limite élastique. Il est clair qu'elle est aussi très faible pour les petits élancements, pour lesquels la contrainte de compression simple est voisine de n_c ce qui ne laisse que des possibilités extrêmement réduites d'adaptation. C'est dans la bande des moyens élancements que l'influence de l'adaptation sur la charge d'affaissement sera maximum. Etudions cette influence pour une section rectangulaire qui correspond à une assez grande capacité d'adaptation puisque $\Phi = 1,5$.

On a :

$$\Lambda = \frac{1}{12} \left(1 - \frac{1}{1,5} \right) + 1 = 1,0278$$

Supposons qu'il s'agisse d'acier doux avec $n_c = 24 \text{ kg/mm}^2$.

Pour l'élancement moyen 80, on trouve :

a) Sans adaptation, c'est-à-dire $\Phi = 1$

$$\Lambda = 1, \quad n_z = 20,6 \text{ kg/mm}^2$$

b) Avec adaptation,

$$\Lambda = 1,0278, \quad n_z = 21,6 \text{ kg/mm}^2$$

L'erreur commise en prenant comme critère l'apparition de la limite élastique, n'est donc que de 4,5 %.

Nous ne pensons pas que cet écart puisse justifier la prise en compte de l'adaptation de plasticité, ce qui au surplus ne pouvait se faire qu'en particulierisant la forme de section, avec les complications inacceptables qui en résulteraient.

Par ailleurs, on voit que l'approximation qui consiste à prendre comme critère de l'affaissement, la première apparition de la limite d'écoulement, est suffisante. L'influence de la forme de section, peut être alors considérée comme une cause de dispersion, s'ajoutant aux autres.

Mais cette dispersion n'a aucune influence sur la courbe de la pression limite d'affaissement n_s , puisque celle-ci doit se trouver en dessous de tous les points d'essai, dont les plus bas correspondent à des sections de faible adaptation (Φ voisin de 1). A la limite, on peut concevoir une section de $\Phi = 1$, ce serait le cas par exemple pour une poutre à treillis dans laquelle les tronçons de membrure seraient de très petit élancement.

Ceci étant exposé, on voit que si les essais devaient être entrepris, ils devraient porter surtout sur des formes de section à faible adaptation et sur des poutres à treillis.

La mesure de n_c , et de E n'apparaît pas comme indispensable, pour chaque pièce d'essai, ce qui d'après l'avis de M. Campus lui-même, serait long et coûteux. Pour une même dépense, nous préférierions disposer d'un très grand nombre d'essais sans autre mesure que celle de la charge d'affaissement, plutôt que de peu d'essais, donnant avec précision n_c , E , f , par éprouvette ainsi que la charge correspondant à la première apparition de la limite d'écoulement. Des premiers nous pourrions tirer des formules pratiques avec plus de certitude que des seconds.

Les essais de Tetmayer concernant l'acier doux, sont assez nombreux pour permettre de vérifier la concordance de notre formule avec la moyenne des points d'essais, ce qui amène à prendre

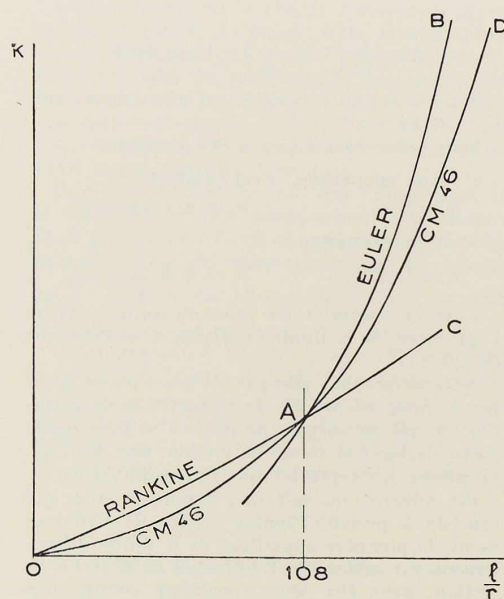


Fig. 3. Variation du coefficient de flambement en fonction de l'élanement.

$C = \frac{1}{12}$ pour déterminer la valeur probable de la charge d'affaissement. On pourra nous objecter qu'ils ne sont cependant pas assez nombreux pour avoir une valeur statistique suffisante dans la détermination de la courbe de la pression limite n_s .

Nous nous permettons de faire remarquer cependant que la courbe de la pression limite admise dans les Règles CM 46 est justifiée par d'autres considérations, relatées dans mon exposé de Bruxelles⁽³⁾ et sur lesquelles nous ne reviendrons pas.

Ce que nous voudrions signaler ici cependant, c'est qu'il résulte de ces considérations, que les Règles CM 46 restent très prudentes. Sur la figure 3 nous avons représenté la variation du coefficient de flambement k en fonction de l'élanement :

a) En DAC : d'après la formule de Rankine généralisée telle que son emploi était recommandé dans le Règlement ministériel du 10 mai 1927 sur les poutres métalliques.

b) En AB : d'après Euler en application du même règlement.

Ces deux courbes se rencontrent au point A d'élanement 108.

c) En OD : d'après les Règles CM 46.

Cette dernière courbe passe très près du point A. En tous autres points elle se situe en dessous de la combinaison Rankine-Euler. L'écart est important dans la zone des petits élanements, mais ce résultat est en accord avec le fait bien connu que Rankine pénalisait les petits élanements. Par contre, l'écart est faible dans la zone des grands élanements.

Dans l'ensemble, on peut dire que l'économie réalisée par l'emploi des Règles CM 46 par rapport aux anciennes règles, est en moyenne assez petite pour qu'on puisse considérer que la sécurité obtenue a subi l'épreuve du temps.

D'ailleurs, quand on examine la position de la courbe pression limite n_s par rapport aux points d'essai de Tetmayer, on constate que manifestement, la marge de sécurité est très grande.

Il se pourrait donc que de nouveaux et nombreux essais entrepris, amènent à un relèvement de notre courbe limite, ou ce qui revient au même, à une diminution du coefficient de flambement des règles CM 46. Bien entendu, on ne peut avancer dans ce sens qu'avec une grande prudence. Le principal intérêt de notre méthode ne réside d'ailleurs pas dans cette économie relative au cas fondamental de la barre articulée et soumise exclusivement à une compression axiale, mais surtout dans la possibilité de donner une solution rationnelle et simple de problèmes plus complexes devant lesquels les anciennes méthodes restaient impuissantes.

Nous sommes cependant bien d'accord avec M. Campus, sur l'opportunité d'un dépouillement systématique et centralisé de toutes les expériences sérieuses faites jusqu'à présent. Nous sommes également d'accord sur l'intérêt présenté par de nouvelles expériences, que la théorie probabiliste de la sécurité demande très nombreuses, ce nombre pouvant toutefois être réduit par le choix judicieux de la section des éprouvettes. Les essais actuellement prévus ou en cours aux Etats-Unis sur l'initiative du *Column Research Council* devraient être également suivis de près.

Toutefois, il faut bien considérer que la réalisation de ces programmes sera longue. C'est pourquoi en France, il a été jugé opportun dès 1946 d'appliquer une méthode dont les possibilités représentent un indiscutable progrès, quitte à raccorder provisoirement la sécurité sur celle de méthodes anciennes et éprouvées.

Remarquons en terminant, qu'on peut établir une théorie du déversement par divergence



d'équilibre, basée sur des principes analogues à ceux du flambement. La théorie que nous avons établie et qui est esquissée dans notre exposé de Bruxelles, s'est révélée confirmée d'une façon remarquable par les derniers essais faits à la fin de 1950, au Laboratoire de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, sur des poutres soumises à moment constant.

Ceci constitue d'ailleurs une nouvelle confirmation de notre hypothèse fondamentale sur l'expression de la préflexion conventionnelle, puisque nous avons montré que le déversement peut se ramener au flambement d'une barre prismatique en milieu élastique.

De nouveaux essais sont en cours sur des poutres à treillis.

Peut-être serait-il opportun comme dans le cas du flambement, de procéder à un dépouillement systématique des expériences connues. Nous fai-

sons, sur ce point, appel à tous les techniciens, et sur tous ces problèmes nous ferons toujours le meilleur accueil aux contributions, objections ou critiques qui nous seront adressées.

J. D.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) Fernand CAMPUS, Professeur à l'Université de Liège, « Réflexions sur la méthode de M. Dutheil pour le calcul des pièces comprimées et fléchies », *L'Ossature Métallique*, n° 1, 1951.
- (2) Ch. MASSONNET, Professeur à l'Université de Liège, « Réflexions concernant l'établissement de prescriptions rationnelles sur le flambage des barres en acier », *L'Ossature Métallique*, n° 7-8, 1950.
- (3) Jean DUTHEIL, « Les problèmes fondamentaux d'instabilité en construction métallique: le flambement et le déversement », Société Royale Belge des Ingénieurs et Industriels, *Bulletin*, n° 3, 1950.
- (4) TIMOSHENKO, *Théorie de la stabilité élastique*.
- (5) Jean DUTHEIL, « Le flambement des éléments comprimés dans les ossatures en acier », Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics (Paris), *Circulaire*, série I, n° 35, 1er septembre 1947.

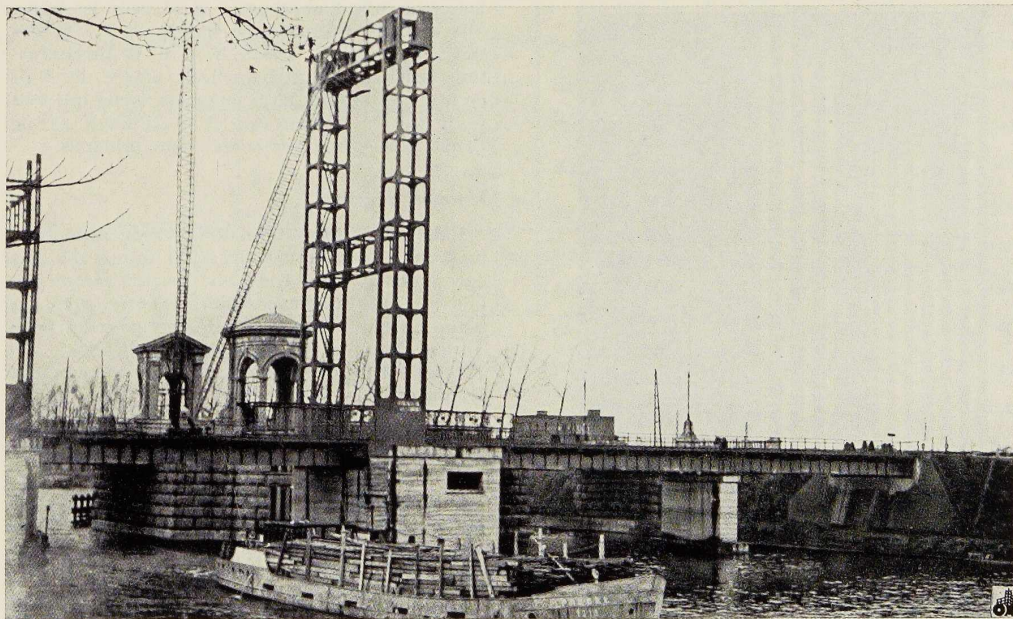


Fig. 4. Nouveau pont métallique en construction à Willebroeck. Portée : 36 m, poids : 700 tonnes. Cet ouvrage, situé dans l'axe de la grande route Bruxelles-Anvers, remplacera le pont provisoire utilisé depuis la fin de la guerre. Constructeur : S. A. de Construction et des Ateliers de Willebroeck.

CHRONIQUE

Le marché de l'acier pendant le mois d'avril 1951

		Production acier lingot en tonnes		
		Belgique	Luxembourg	Total
Avril	1951	420 633	250 968	671 601
Avril	1950	281 613	180 455	462 068
Janv.-avril	1951	1 623 812	995 355	2 619 167
Jan.-avril	1950	1 163 693	716 172	1 879 865

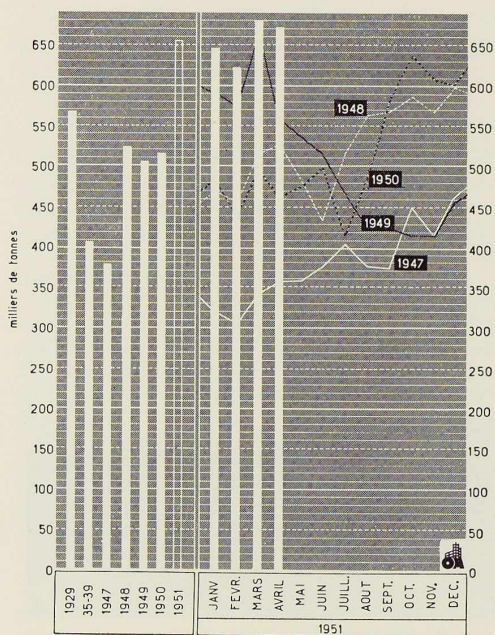


Fig. 1. Production mensuelle des aciéries belges et luxembourgeoises

Le mois d'avril, bien qu'ayant un nombre de jours ouvrables inférieur, a presque donné le même total de production que le mois de mars, mois au cours duquel on avait atteint le chiffre record de 680 076 tonnes. Par rapport au même mois de 1950, la production est en progrès de 45 %.

Les usines sont débordées de demandes et n'acceptent de nouvelles commandes que pour autant que celles-ci peuvent être intercalées dans les programmes de laminage établis et ne diffèrent pas les délais de la masse.

La Société Nationale des Chemins de Fer vient d'augmenter les tarifs de transport. Il en résulte, pour les envois de minerais français et luxembourgeois une hausse de 10 % et pour les minerais arrivés par mer, une hausse de 7,5 % des tarifs. On reproche à la S. N. C. B. la discrimination tarifaire suivant laquelle la hausse des frais de transport atteint 20 % pour les usines qui font venir par les voies d'eau et notamment par le Canal Albert une partie de leurs minerais.

Marché intérieur

Malgré l'augmentation des prix de revient, le prix de base intérieur de 3 750 francs n'a pas encore été modifié. Toutefois, les prix seront établis au jour de l'expédition. D'autre part, on maintient des suppléments de prix pour les fournitures destinées à l'exportation indirecte.

Les livraisons faites au marché intérieur ont atteint :

En janvier	171 000 tonnes
En février	155 000 tonnes
En mars	175 000 tonnes

La moyenne mensuelle des dernières années s'établit à 140 000 tonnes. Il règne néanmoins une certaine pénurie, notamment en tôles moyennes.

L'activité en fabrications métalliques s'est nettement améliorée. Les commandes enregistrées en février ont atteint le total de 4,654 milliards de francs. Pour le mois de mars, ce total est de 4,875 milliards.

Il y a progrès, tant dans le domaine des biens



d'équipement que dans celui des biens de consommation. Les réparateurs de navires ont réemployé 500 ouvriers. Un grand chantier naval a reçu commande d'un paquebot de 22 000 tonnes, à fournir au Portugal.

Les expéditions de Fabrimétal ont atteint, au mois de mars, un total de 164 032 tonnes, dont notamment :

	Mars 1951	Février 1951
Produits de la tôle	32 437	25 405
Tréfilés, étirage, laminage à froid	46 103	40 027
Accessoires métalliques du bâti- ment	10 286	9 267
Ponts et charpentes	12 660	15 081
Matériel de chemins de fer et tramways	3 561	4 302

Le schéma fig. 2 montre l'évolution des commandes inscrites et des expéditions, au marché intérieur et à l'exportation, pendant les trois dernières années.

en 1950, 1 227 233 tonnes d'acier, les principaux fournisseurs ayant été :

Belgique-Luxembourg	692 000
Allemagne	191 000
France	94 000
Angleterre	78 000
Etats-Unis	75 000

D'autre part, la Hollande joue un rôle comme exportateur : ses fournitures sur le marché d'exportation ont atteint en 1950, quelque 500 000 tonnes, dont la moitié, il est vrai, constituée de fonte. Les principaux clients étaient les Etats-Unis, la Suède et l'Angleterre.

La sidérurgie dans le monde

Etats-Unis

La production de mars a atteint le chiffre record de 8 204 000 tonnes métriques. Le total du

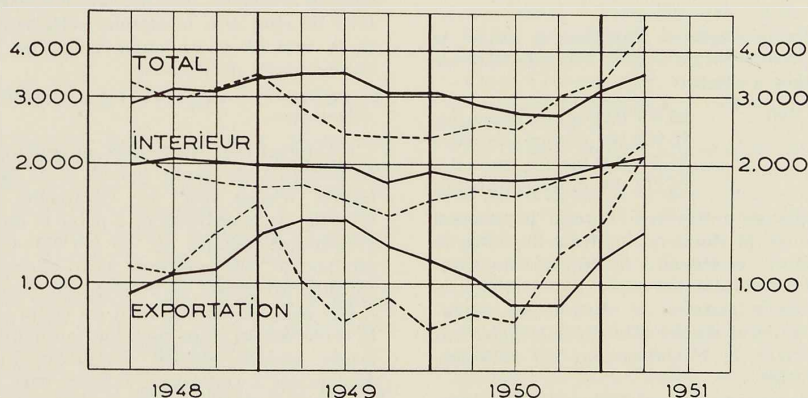


Fig. 2. Evolution des commandes Fabrimétal inscrites et des expéditions faites pendant les trois dernières années.

Marché extérieur

La physionomie du marché n'a guère changé. Les demandes dépassent toujours les possibilités de fourniture. Les expéditions belgo-luxembourgeoises à l'exportation ont atteint, les derniers mois, pas loin de 400 000 tonnes par mois, le principal client étant actuellement la Hollande.

Le marché hollandais présente des aspects particuliers : la production d'acier brut a atteint, en 1950, 490 300 tonnes, contre 436 900, en 1949. La Hollande est actuellement le plus gros importateur d'acier en Europe. Elle a en effet importé,

premier trimestre s'élève à 23 038 000 tonnes. La NPA aurait l'intention de fixer la couverture des besoins militaires à 30 % de la production d'acier. L'ensemble des allocations prioritaires pourrait cependant atteindre 40 à 45 %. Malgré les restrictions qui en résulteront pour les besoins civils, on fait remarquer que l'industrie automobile recevra au moins les mêmes tonnages qu'en 1949, année qui avait donné lieu à la plus forte production de voitures atteinte jusque-là.

Le problème le plus sérieux qui se pose à la sidérurgie américaine est celui des mitrailles. On



estime que les besoins, pour 1951, dépasseront de 5 à 7 millions de tonnes ceux de 1950 et que pour 1953 la consommation serait de 63 millions de tonnes, contre 42 millions en 1949. Des appels répétés sont lancés aux secteurs économiques les plus susceptibles d'augmenter les fournitures de ferrailles.

Les exportations d'acier des Etats-Unis sont en diminution : les chiffres atteints les dernières années sont :

1947	4 206 000 tonnes
1948	3 245 000 tonnes
1949	3 518 000 tonnes
1950	2 566 000 tonnes

On annonce que la *Jones & Laughlin Steel Corp.* construira une nouvelle usine et accroîtra la production du groupe de 32 %. D'autre part, la *United States Steel Corp.* a passé commande de deux nouveaux hauts fourneaux de 1 500 tonnes de capacité.

Angleterre

La sidérurgie anglaise maintient à peine le niveau de production de l'année 1950. La cadence de production a atteint

en janvier 1951	15 907 000 tonnes annuelles
février	16 952 000 tonnes annuelles
mars	16 546 000 tonnes annuelles
avril	16 771 000 tonnes annuelles

Le manque de mitrilles et aussi le minerai empêchent une production plus forte. Le Ministre des Fournitures a annoncé la décision du Gouvernement de réduire les exportations et dès le 16 avril a été réintroduit le contrôle des exportations de fonte et d'acier. On prévoit également pour l'intérieur le rétablissement du rationnement de l'acier.

La *British Iron and Steel Corporation* est chargée des importations de minerai. Pour 1951, on envisage un tonnage de 8,6 millions de tonnes, de provenances diverses : Suède, Afrique du Nord, Espagne, Afrique Occidentale et Terre-Neuve. La hausse des frêts qui a atteint 200 % par rapport aux taux pratiqués il y a un an, s'ajoute aux difficultés d'approvisionnement.

Les tarifs des chemins de fer anglais viennent d'être augmentés de 10 % et on s'attend à une nouvelle hausse des prix des aciers.

France

La production de mars s'établit pour la France à 816 00 tonnes (février 749 000), pour la Sarre à 261 700 (février 195 000).

La hausse des prix a été fixée à 18 %, alors que les producteurs avaient escompté 25 voire 30 %.

Les exportations de la France et de la Sarre ont atteint, en 1950, 4 037 520 tonnes, les principaux clients ayant été les Etats-Unis, l'Angleterre et l'Argentine.

A Paris, les Ministres des Affaires Etrangères des pays participant au Plan Schuman, ont signé le pacte, le 18 avril. Après ratification par les différents parlements, le pacte entrera dans la phase préparatoire qui prévoit l'établissement de diverses institutions :

- La Haute Autorité supra-nationale;
- Le Conseil des Ministres attaché à la H. A.;
- Les Comités Consultatifs;
- La Cour de Justice;
- La Cour d'Arbitrage;
- Le Fonds de Péréquation;
- Etc.

On s'attend encore à de multiples difficultés dans la mise en pratique du Pool charbon-acier. On sait d'ailleurs que pendant la période transitoire de cinq ans, le marché sidérurgique italien et le marché charbonnier belge ne feront pas encore partie de l'accord.

Allemagne

Les industriels allemands projettent de porter le potentiel de leurs usines à 15 millions de tonnes d'acier par an. Toutefois, à l'heure actuelle, ils maintiennent à peine la cadence antérieurement admise de 11 100 000 tonnes. Les affaires de compensation acier allemand contre charbon américain se développent favorablement.

Des négociations seraient en cours au sujet de la construction d'un nouveau laminoir continu à larges bandes, devant remplacer l'installation démantelée à Dinslaken. D'autre part, le 19 avril on a inauguré les travaux de construction d'un laminoir à tôles fortes aux usines de Hoerde, laminoir qui aura une capacité de 240 000 tonnes par an.

Les chantiers navals et les constructeurs d'automobiles se plaignent du manque de tôles.

Japon

La production actuelle se situe à une cadence annuelle de 5,4 millions de tonnes, la moitié environ étant réservée à l'exportation. On projette de porter la production à 6 voire 8 millions de tonnes. Rappelons qu'en 1938, le pays a produit 6 700 000 tonnes. Tous les prix ont subi des hausses successives et atteignent, pour les aciers marchands, 170 à 180 dollars la tonne.



Portugal

La *Cia Portuguesa de Siderurgica* a établi un programme de modernisation qui assurera l'approvisionnement en fer-blanc des importantes conserveries de poissons du pays. D'autre part, on entreprendra avec l'aide de l'E. C. A., la construction d'une fabrique de tubes, à San José da Madeira. Le crédit prévu est de 900 000 dollars, la production devant atteindre 8 000 tonnes par an.

Canada

Le pays a produit, en 1950, 3,3 millions de tonnes d'acier. Il développe rapidement sa capacité. Les dépenses prévues s'élèvent à 100 millions de dollars et on prévoit une capacité de production de 4,5 millions de tonnes.

Il règne une grande pénurie d'acier dans le secteur civil, l'industrie d'armement étant privilégiée. Les importations des Etats-Unis et d'Angleterre sont très faibles et pour assurer ses approvisionnements, le Canada se tourne vers l'Europe continentale, malgré les prix élevés et les délais très longs.

Conférence du professeur J. Verdeyen

M. J. Verdeyen, Ingénieur-Conseil, Professeur à l'Université de Bruxelles, a fait, le 26 avril, au cours des réunions organisées à Anvers par le « Vlaamse Ingenieurvereniging » (V. I. V.), une intéressante conférence dans laquelle il a comparé les systèmes d'ossatures pour bâtiments.

Après avoir parlé des avantages et des inconvénients des ossatures en béton armé, le conférencier s'est attaché à passer en revue les principales caractéristiques des ossatures en acier.

L'acier donne des assemblages moins rigides que le béton, mais il est beaucoup plus léger à résistance égale; il s'impose dans les bâtiments élevés où les colonnes en béton prendraient aux rez-de-chaussée des dimensions trop encombrantes.

L'ossature métallique permet, d'autre part, une mise sous toit très rapide, grâce à la préfabrication; de cette façon le nombre d'assemblages à effectuer sur chantier est fort réduit et le montage se fait très rapidement.

Ce montage se faisant à sec, il n'est pas nécessaire d'attendre que l'ossature soit complète pour commencer l'habillage et l'équipement des étages inférieurs.

Les grandes portées se réalisent en construction métallique avec des poutres de hauteur beaucoup moindre qu'en béton.

Concernant la résistance à l'incendie et aux bombardements, l'expérience de la dernière guerre a prouvé qu'elle était à peu près la même pour les deux systèmes d'ossature.

M. Verdeyen a terminé sa communication en donnant quelques comparaisons chiffrées faites pour plusieurs immeubles déterminés et en conclut que dès que la construction envisagée était d'une certaine hauteur, il y avait lieu de faire l'étude des deux systèmes d'ossatures, non seulement au point de vue technique, mais aussi au point de vue économique.

Réunion des Directeurs des Centres d'Information de l'Acier

Une réunion des directeurs des Centres d'Information de l'Acier a eu lieu le 7 mai 1951 à Zurich.

Assistaient à cette réunion, les Directeurs des Centres d'Allemagne, d'Angleterre, de Belgique-Luxembourg, France, Hollande, Italie et Suisse.

Le but principal de la réunion était de fixer le programme du 14^e Congrès International des Centres d'Information, qui se tiendra, du 24 au 28 septembre prochain, à Villa d'Este (Lac de Côme), en Italie.

Les deux premières journées seront réservées à des discussions de propagande entre les Membres des Associations et comprendront, entre autres, un rapport de M. Stevenson (Angleterre) sur les emplois classiques de l'acier et leur développement, un rapport de M. Peissi (France) sur les emplois récents et futurs de l'acier (depuis 1940) et un rapport de M. Greiner (Belgique-Luxembourg) sur les moyens de propagande applicables à l'acier.

Le mercredi 26 septembre sera réservé aux communications, auxquelles nos lecteurs sont invités à assister.

Communications

Angleterre : Emploi de l'acier inoxydable.

Italie : Emploi des tubes d'acier; Films anglais sur une application des tubes.

France : Emploi de l'acier dans les constructions industrielles.

Italie : Emploi de l'acier dans les constructions industrielles.

Belgique : Constructions légères en acier.

Allemagne : Constructions légères spéciales (hangars d'aviation).

Les 27 septembre, visites d'ouvrages : Pont sur le Tessin, etc.



Le 28 septembre, visites des Usines à Tubes de Dalmine — Visite à la Foire Triennale de Milan.

Les personnes désirant prendre part à ces visites ainsi qu'aux séances du 28 septembre, pourront s'inscrire au Centre Belgo-Luxembourgeois d'Information de l'Acier, 154, avenue Louise, Bruxelles.

Réunion du Comité Permanent de l'Association Internationale des Ponts et Charpentes (A. I. P. C.) à Lisbonne, du 27 au 30 avril 1951

Le Comité Permanent de l'A. I. P. C. a tenu sa 17^e réunion à Lisbonne les 27, 28, 29 et 30 avril 1951.

Cette réunion avait été organisée par le Groupe portugais de l'A. I. P. C. présidé par M. Belard da Fonseca, Directeur de l'Institut Supérieur Technique. La réunion s'est tenue sous la présidence du Professeur Andreae, qui a transmis en fin de séance ses pouvoirs de Président de l'A. I. P. C. au Professeur F. Stüssi.

Etaient représentés les groupements belge, britannique, espagnol, français, hollandais, italien, norvégien, portugais, suédois, suisse.

La réunion du Comité permanent de l'acier s'est principalement occupée de l'organisation du 4^e Congrès de l'A. I. P. C. qui aura lieu à Cambridge (Grande-Bretagne) en août 1952. Les thèmes du Congrès ont été donnés dans *L'Ossature Métallique* n° 10/1950, p. 497.

Ce Congrès promet d'être une manifestation très importante à laquelle nous espérons que de nombreux lecteurs de *L'Ossature Métallique* participeront.

La Belgique était représentée à la réunion de Lisbonne par M. G. Willems, Directeur général des Ponts et Chaussées, Président du Groupement belge, MM. R. Dutron, E. Greiner, H. Louis, délégués au Comité permanent.

La réunion de Lisbonne était complétée par la visite d'une série d'ouvrages d'art. C'est ainsi, notamment, que les visiteurs purent voir les travaux de construction d'un grand pont métallique sur le Tage, à Vila Franca de Xira. Cet ouvrage, dont la construction métallique a été confiée à la firme britannique Dorman Long & C^{ie} Ltd, a

cinq travées métalliques franchissant le Tage, de 524 mètres de longueur totale. L'ouvrage métallique est complété par des viaducs d'accès d'une longueur de 780 mètres. Le tablier du pont livre passage à une chaussée de 9 mètres et deux trottoirs de 1,50 m chacun. Les poutres principales des travées métalliques sont du type Langer avec membrure supérieure en arc parabolique. La construction de cet ouvrage comporte un tonnage de 3 100 tonnes d'acier (fig. 3).

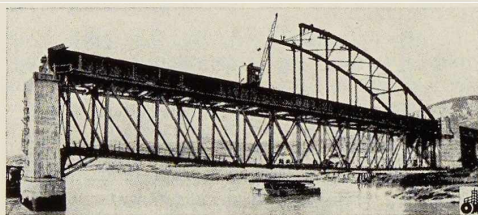


Fig. 3. Une des travées du pont sur le Tage (Portugal) en cours de montage.

Les Congressistes ont ensuite visité les nouveaux halls de la Société Neyrpic-Sorefame, spécialisée dans la fabrication des vannes et des charpentes.

Les dimensions de ces halls sont de 104 m \times 19,50 m. La charpente des halls est constituée par des portiques en poutrelles Grey, assemblés par soudure à l'arc électrique (fig. 4).

Inauguration de la nouvelle Usine Goodyear à Colmar-Berg

Le 24 avril 1951 a eu lieu l'inauguration de la nouvelle usine de la « Goodyear Tire and Rubber Company » construite à Colmar-Berg (Grand-Duché de Luxembourg), selon les conceptions les plus modernes.

La nouvelle usine, qui occupera environ 300 ouvriers, produira plus de 500 pneus par jour.

À côté des halls clairs et blancs de l'usine, le vieux château des maîtres de forges de Colmar-Berg a été remis à neuf et prêtera un cadre agréable à la récréation du personnel.

La nouvelle usine a été construite en charpente métallique, dont l'exécution a été confiée à la S. A. des Anciens Etablissements Paul Wurth.

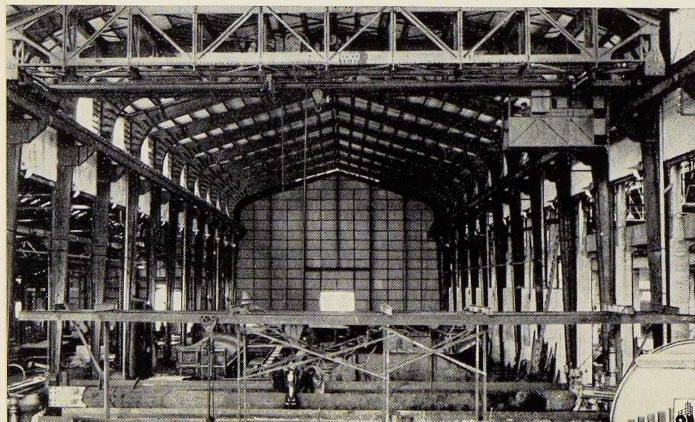


Fig. 4. Vue intérieure d'un hall de la Société Neyrpic-Sorefame à Amadora (Portugal).

Centre d'Etude de Corrosion (C. E. C.)

Un Centre d'Etude de Corrosion a été institué à Fabrimétal et a tenu sa première réunion le 27 avril 1951, sous la présidence de M. Velter, Directeur général de Fabrimétal.

Au cours de cette séance, le C. E. C. a constitué comme suit son bureau provisoire :

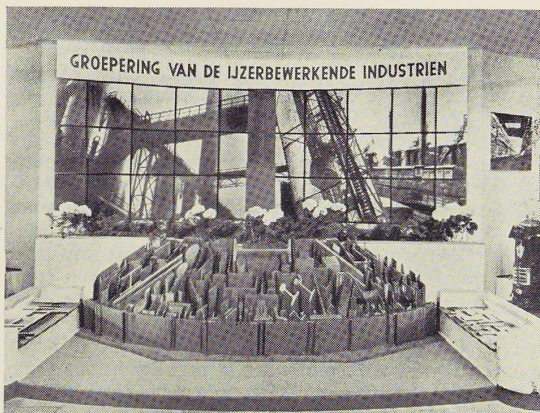
- MM. L. Baes (A. B. E. M.);
R. de Brouwer (Distrigaz);
P. de Grootte de Henau (Ucopétrol);
E. Greiner (C. B. L. I. A.);
A. G. Lefebvre;
H. Louis (Ministère des Travaux publics);
J. Lourtie (Fabrimétal);
M. Neuville (Ministère des Communications);
M. Pourbaix;
F. Scoumanne (Union des Exploitations Electriques en Belgique);
R. Stinglhamber (Coordination Economique);
Vanderlinden (Association des Intérêts Coloniaux Belges);
J. Valley;
F. M. L. Van Horenbeeck (C. R. I. F.);
G. Velter (Fabrimétal);
Y. Verwilst (A. I. B.).

MM. Lourtie et Pourbaix ont été nommés respectivement Administrateur et Directeur de ce bureau provisoire.

Il a été décidé de constituer des Commissions Techniques en vue de l'étude de différents problèmes qui se posent et sont du domaine d'activité du C. E. C.

Ces Commissions techniques sont les suivantes :

- C.T. 1 — Nickelage — Chromage — Cadmiage.
C.T. 2 — Galvanisation, étamage.
C.T. 3 — Application des revêtements protecteurs.
C.T. 4 — Protection cathodique.
C.T. 5 — Palplanches et pieux métalliques.
C.T. 6 — Câbles électriques.
C.T. 7 — Pylônes métalliques.
C.T. 8 — Toitures métalliques.
8a — Zinc;
8b — Plomb;
8c — Cuivre;
8d — Aluminium.
C.T. 9 — Canalisations métalliques.
9a — Acier;
9b — Fonte;
9c — Cuivre;
9d — Plomb.
C.T.10 — Chaudières.
C.T.11 — Aciers alliés.
C.T.12 — Procédés désincrustants.



Cliché « L'Echo de l'Industrie ».

Fig. 5. Le stand de l'industrie sidérurgique luxembourgeoise à la Foire d'Utrecht (Pays-Bas).

L'industrie sidérurgique luxembourgeoise à la Foire d'Utrecht

A la récente Foire d'Utrecht (Pays-Bas), le Groupement des Industries Sidérurgiques Luxembourgeoises a présenté, dans un stand bien agencé, toute la gamme des profilés des usines luxembourgeoises (fig. 5).

Palais des Expositions et des Beaux-Arts à Charleroi

Cette imposante construction, dont l'architecte est M. J. André et l'ingénieur-conseil, M. L.-M. Chapeaux, groupera plusieurs bâtiments dont une grande partie sera recouverte de sheds métalliques.

Un premier bâtiment aura 100 m \times 60 m, sans colonnes intérieures. Un autre bâtiment de 120 m \times 80 m sera subdivisé en deux parties, dont l'une de 80 m \times 60 m ne comportera pas de colonnes intérieures, tandis que l'autre, de même surface, comportera 3 halls de 80 m \times 20 m, munis respectivement de ponts roulants de 5, 15 et 40 tonnes.

Les sheds de 60 m de portée sont du type Robert et Musette; l'ensemble de la charpente métallique, comportant environ 1 200 tonnes, sera exécuté et monté par les Ateliers Métallurgiques de Nivelles, sous-traitant de l'entrepreneur général Van Rijmenant.



Soutènement des excavations

Calcul des rideaux de palplanches et des blindages de tranchées profondes

L'expérience acquise dans l'utilisation des rideaux de palplanches comme écrans de soutènement a montré que la plupart des accidents survenus étaient imputables à une insuffisance des étançons ou des ancrages. La mise en observation de tels ouvrages a permis de constater que les efforts effectivement appliqués aux étançons ou ancrages étaient supérieurs à ceux obtenus par le calcul.

Compte tenu de ces enseignements, il parut souhaitable de reprendre le problème dans toute sa généralité en précisant de nouvelles sollicitations et en proposant de nouvelles méthodes de calcul.

Une telle étude, qui a fait l'objet d'une thèse de doctorat de M. V. Roisin, Ingénieur A. I. Br., à l'Université de Bruxelles, est dominée par deux facteurs, à savoir :

- 1° La forme des lois des pressions des terres;
- 2° La nature des liaisons extérieures : encastrement du pied dans le sol, présence de points d'appui sur la partie libre.

Ils sont d'ailleurs en étroite relation l'un avec l'autre comme le prouvent les concentrations de pressions au droit des étançons et les variations de pressions le long de la fiche.

Ainsi, la déformabilité et les déplacements cinématiques du rideau et de ses appuis contribuent à écarter la loi des pressions de la répartition triangulaire déduite de l'hypothèse de Rankine.

Doivent encore être pris en considération l'effet perturbateur du calage des étançons et des variations de température, l'influence du mode de mise en charge du rideau (fouille creusée ou rideau avec remblai à l'arrière) ainsi que le rétablissement de la pression naturelle au bout d'un temps variable suivant la nature du sol.

Comme il est impossible de mettre rigoureusement en équations un problème aussi complexe, on a proposé des lois de pressions, simples, différentes suivant les types de rideaux, et telles que l'ensemble étant assimilé à un système isostatique ou hyperstatique classique, les résultats obtenus par le calcul concordent avec ceux donnés par les études expérimentales.

Dans certains cas particuliers, des abaques fournissent la sollicitation maximum du rideau, sa fiche et les efforts s'exerçant sur les étançons éventuels.

Quoi qu'il en soit, en dépit des progrès signa-

lés, la question est loin d'être résolue complètement et de façon définitive. Cela justifierait la mise sur pied d'un programme de recherches comportant entre autres la mise en observation simultanée d'excavations expérimentales et de modèles réduits de ces excavations. Une telle étude apporterait certainement des perfectionnements substantiels, tant dans l'utilisation des rideaux de palplanches et la constitution de leurs appuis que dans la connaissance des lois de la Mécanique des Sols.

L'industrie charbonnière au service de la nation

Sous ce titre, M. Noël Dessard, Président de la Fédération des Associations Charbonnières de Belgique a publié une intéressante brochure, dont nous extrayons les passages suivants :

« Avant que le Plan Schuman n'ait étendu la débiliteuse tunique de Nessus sur notre industrie charbonnière, il convient de faire une courte synthèse des efforts que celle-ci a accomplis depuis la libération.

» Du point de vue structurel, elle a procédé à des fusions de sociétés, à maintes rectifications de limites de concessions, à des concentrations de sièges, à l'arrêt de puits non rentables.

» Du point de vue technique, l'abatage mécanique est réalisé à 100 % sous des formes diverses. Quant au soutènement, les plus récentes études sur la pression des terrains ont été mises à profit. En 1949, 211.000 étançons métalliques étaient en service dans nos exploitations. La sécurité des galeries est assurée, soit par le système ingénieur des cadres métalliques coulissants, soit par le mode de revêtement en claveaux à haute résistance.

» Chose imprévue, on a réussi à capter le grisou grâce à un système de sondages appropriés avec le double avantage d'accroître la sécurité du personnel et de favoriser la production. Dès aujourd'hui, le Hainaut fournit, par jour, l'équivalent de 150.000 mètres cubes de gaz à 4.250 calories.

» Un programme complet de rééquipement, comportant une dépense de plus de 14 milliards de francs, a été soigneusement étudié. Sa réalisation est en pleine évolution.

» De nombreuses missions d'ingénieurs furent envoyées en Angleterre, aux Etats-Unis, en France et en Allemagne.

» Du point de vue social, nous sommes à l'avant-garde. Plusieurs milliards furent dépensés pour loger convenablement la main-d'œuvre et l'on continue dans cette voie.



» Tous ces efforts ont porté leurs fruits.
» Le rendement journalier moyen pour le fond et la surface était, en janvier 1947, de 578 kg. Il a atteint 748 kg en mars 1951.
» La production dépasse régulièrement les 100.000 tonnes par jour, soit 30 millions de tonnes par an.

» La vie économique se poursuit et se développe chez nous de manière enviable. C'est ainsi qu'au cours du second semestre 1950, époque où la demande s'est fortement et brusquement accrue, les charbonnages belges ont fourni aux consommateurs 109 % du combustible qu'ils leur avaient livré à l'époque correspondante de l'année 1937, point culminant de notre économie avant la guerre.

» Des restrictions au contraire sont imposées aux consommateurs anglais, hollandais et allemands.

» Au moment où l'Europe entière souffre de pénurie de charbon, on mesurera toute l'importance de l'effort que notre rude et laborieuse population des mines, ouvriers et ingénieurs, développe chaque jour pour assurer la prospérité de tous. Et l'on souhaitera que le Parlement et le Gouvernement veillent à ce que le Plan Schuman soit aménagé en vue de sauvegarder cette richesse nationale, richesse en matière, en force et en esprit, gage de notre autonomie économique. »

Extension des Magasins du Bon Marché à Liège

Les Magasins du Bon Marché ont confié à l'architecte G. Dedoyard le soin d'étudier une extension considérable de leur succursale de Liège. Le nouvel immeuble comporte 5 niveaux de 1 600 m² chacun et constituera une réalisation digne de son auteur. L'ossature métallique a été choisie pour des raisons d'encombrement minimum : sur la hauteur d'un étage du bâtiment existant, qui se raccorde au bas des niveaux avec les planchers du bâtiment nouveau, il a été possible de créer un niveau d'exploitation plus un niveau de réserve.

Ce résultat a été atteint malgré le petit nombre de points d'appui : les colonnes ont à supporter une surface de plancher de 14 m × 10 m environ.

Le tonnage de la charpente d'ossature est d'environ 1 000 tonnes; l'exécution et le montage ont été confiés aux Ateliers Mambour de Huy. L'architecte Dedoyard s'est assuré le concours de MM. Robert et Musette pour l'étude de l'ossature.

Congrès sur la Recherche dans le Bâtiment

Un Congrès sur la Recherche dans le Bâtiment se tiendra à Londres du 11 au 20 septembre 1951.

Ce Congrès, qui aura comme siège l'*Institution of Civil Engineers* à Londres, s'encadrera dans les manifestations du Festival of Britain 1951.

Le but du Congrès est de passer en revue les progrès accomplis dans la recherche concernant l'architecture, le bâtiment et les branches connexes du Génie civil.

À côté des séances de travail, il est prévu des visites d'usines et des excursions.

Tous renseignements sur le programme et les travaux du Congrès peuvent être obtenus en s'adressant au secrétariat du Congrès : 57, Onslow Gardens, South Kensington, Londres, S. W. 7 (Angleterre).

III^e Exposition de Namur

La troisième Exposition officielle organisée par la Province de Namur avec la collaboration de la Ville de Namur, aura lieu du 7 au 22 juillet 1951.

Située à la place des Colonies sur le terrain du Centre sportif de la ville, elle comportera les pavillons de l'industrie, du commerce, de l'agriculture et un pavillon spécial réservé à l'art wallon.

L'Exposition de Namur s'étendra sur une superficie de 50 000 m².

Il y a quinze ans

Il y a quinze ans, *L'Ossature Métallique* publiait dans son numéro 6-1936 une importante étude de M. A. Spoliensky, ingénieur A. I. Lg. sur les *Barrages et portes d'écluses soudés en Belgique*. L'auteur y décrivait le barrage éclusé de Marcinelle, les écluses Wynegem, Hérenthals et de la Nèthe. Il y montrait l'essor remarquable pris par la soudure en Belgique et soulignait les avantages de ce mode d'assemblage pour la construction des portes d'écluses.

Le même numéro contenait un article sur les échafaudages tubulaires en Italie. On sait que durant ces dernières années, les échafaudages tubulaires ont connu un développement considérable, tant en Belgique qu'à l'étranger.



Bibliothèque

Nouvelles entrées (1)

Tables pour poutres continues

par Otto E. BOLLINGER

Un volume relié de 24 pages, format 17,5 × 21,5 cm et 88 planches hors texte. Edité par Dunod, Paris 1950. Prix : 3.200 francs français.

Les tables établies par M. Bollinger permettent le calcul des résultantes des efforts (moments fléchissants, efforts tranchants et réactions aux appuis) subis par les poutres continues lorsqu'elles sont soumises à des charges statiques isolées ou à des charges permanentes uniformément réparties; elles permettent également l'étude des lignes d'influence, des moments, des efforts tranchants et des réactions aux appuis, dans les mêmes poutres soumises à des charges permanentes mobiles. Pour les travaux de même nature et pour une poutre-type, les lignes d'influence sont réunies chacune dans une seule table avec des réactions aux appuis variant par dixième; une simple interpolation suffira donc lorsqu'une réaction aux appuis sera comprise entre deux dixièmes.

Il convient de féliciter l'auteur pour son travail si utile pour ceux qui s'occupent de projets de construction de ponts, de bâtiments, de grues, etc.

III^e Congrès International des Fabrications Mécaniques

Un ouvrage de 133 pages, format 21 × 27 cm, illustré de nombreuses figures. Edité par Fabrimétal, Bruxelles 1951. Prix : 140 francs.

La Fédération des Entreprises de l'Industrie des Fabrications Métalliques (Fabrimétal) a organisé, en septembre 1950, le III^e Congrès International des Fabrications Mécaniques qui a obtenu un vif succès. De nombreuses communications intéressantes y ont été présentées.

Le présent recueil contient ces communications ainsi que le texte des discours de M. L.-A. Bekaert, Président de Fabrimétal, et M. A. Coppé, Ministre des Affaires Economiques de Belgique.

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

Régénération des villes

par Ad. ABEL

Un ouvrage de 96 pages, format 18 × 24 cm, illustré de 100 figures. Edité par les Editions d'Architecture, Erlenbach-Zurich 1950. Prix : 16 francs suisses.

L'étude du Professeur Abel est le résultat d'un travail intensif de plusieurs années d'un architecte allemand qui connaît de très près les problèmes d'urbanisme. Elle a pour thème la séparation de la circulation automobile de celle des piétons et l'étude d'un plan clair et ordonné des villes.

L'auteur cherche, d'un point de vue humain, à créer dans les villes des zones dans lesquelles le piéton peut se mouvoir sans danger et en toute tranquillité.

Le texte est rédigé en trois langues : allemand, anglais, français.

Destins industriels du monde

par A. DUCROcq

Un ouvrage de 326 pages, format 14 × 22 cm, illustré de 11 figures. Edité par Berger-Levrault, Paris 1951. Prix : 560 francs français.

Ainsi que le dit, dans sa préface, M. C.-J. Gignoux, l'information que M. Albert Ducrocq a su réunir est aussi remarquable que son talent de vulgarisation (dans le sens le meilleur du terme).

C'est cette richesse d'information qui a permis à l'auteur d'énoncer les termes du problème économique de demain et du problème politique qui en découle.

Parmi les divers chapitres de ce livre si captivant, il faut mentionner notamment les chapitres sur les transports, les énergies de demain, l'électricité dans le monde, le fer et les métaux légers, les matières plastiques, etc.

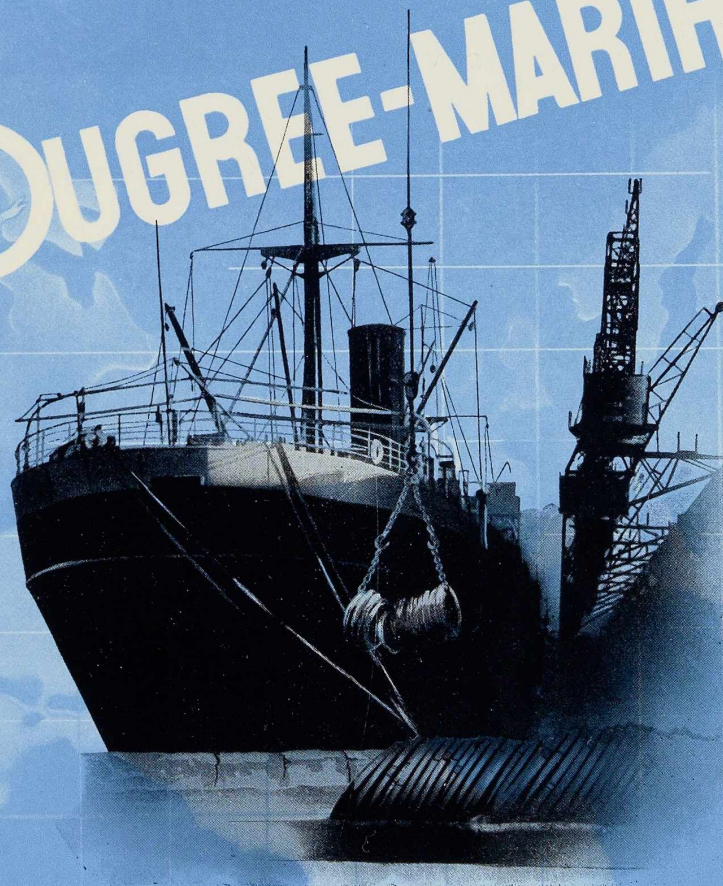
L'auteur termine son intéressant exposé en exprimant la conviction que le destin du monde industriel, le destin du monde et peut-être de l'univers entier sont entre nos seules mains.



MATHY
graphic



DUGREE-MARIHAYE



exporte **DANS LE MONDE ENTIER**

LES PRODUITS DE SES HAUTS FOURNEAUX — ACIÉRIES — LAMINOIRS — FORGES ET FONDERIES

Organisme de Vente : SIDÉRUR, 1^a, rue du Bastion, Bruxelles (Belgique)

SOCIÉTÉ ANONYME

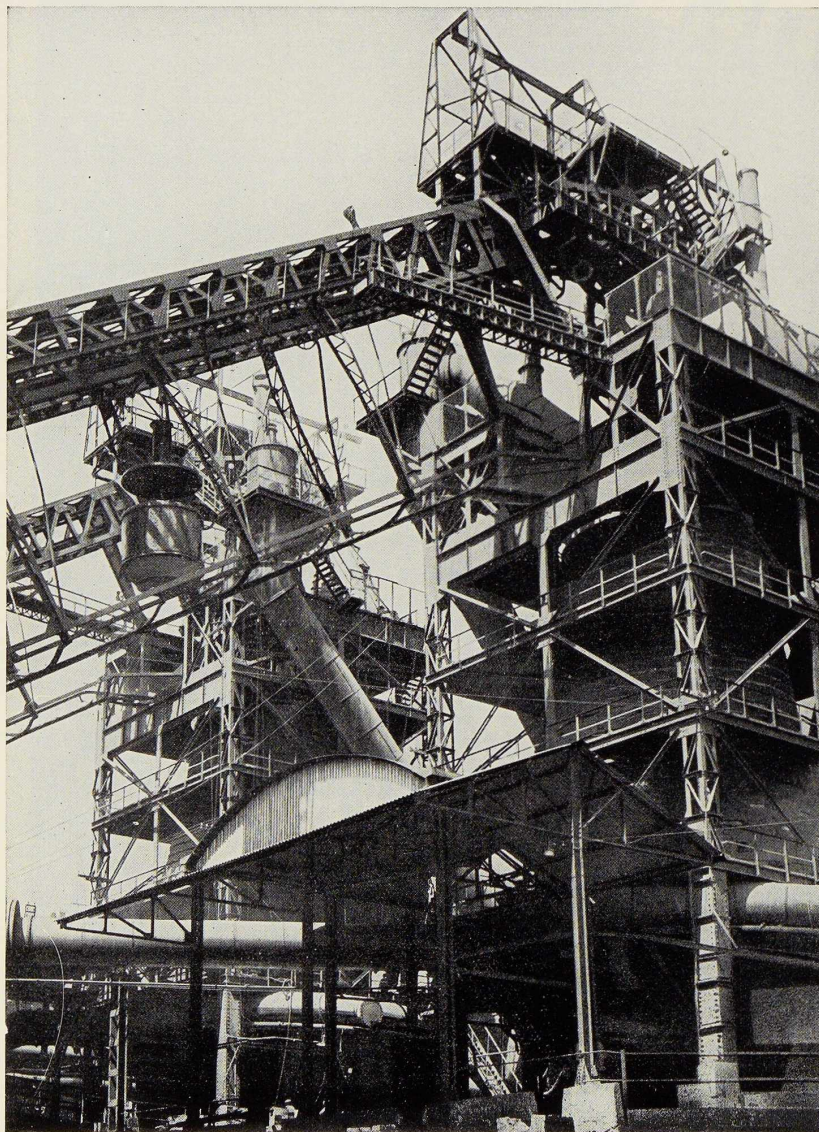
USINES GUSTAVE BOËL

LA LOUVIÈRE (BELGIQUE)

TÉLÉPHONES : 231.21 - 231.22 - 231.23 - 231.24

TÉLÉGRAMMES : BOËL, LA LOUVIÈRE

BOËL



Division LAMINOIRS

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

Division FONDERIE D'ACIER

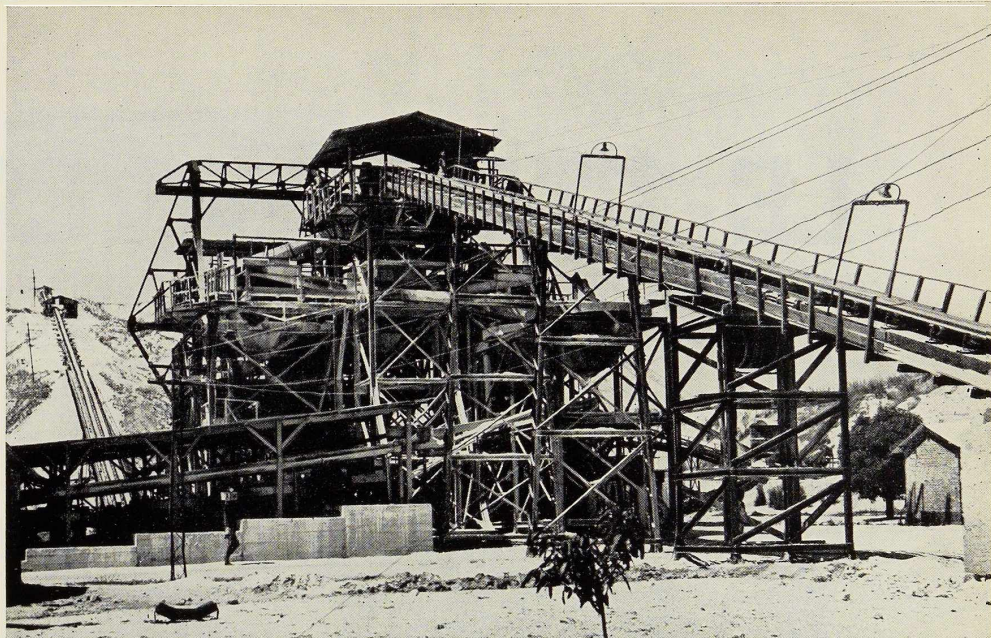
Moulage d'acier : Toutes pièces d'acier moulé brutes et parachevées pour matériel de chemin de fer et industries diverses. Spécialités de centres de roues et cuves à recuire pour feuillards, fils, tôles fines, etc. Essieux - Bandages - Trains montés - Pièces de forge.

Division BOULONNERIE

Boulons - Crampons - Tirefonds et rivets.

Produits D I V E R S

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



L'usine de préparation mécanique
de roche dure
et de concentration de cassitérite
à Manono (Congo belge)

décrite dans ce numéro
a été réalisée par la

SOCIÉTÉ ANONYME DES

ATELIERS DE CONSTRUCTION ET CHAUDRONNERIE DE L'EST

A MARCHIENNE-AU-PONT (BELGIQUE)

TÉLÉGRAMME : ESTRHEO — TÉLÉPHONE : CHARLEROI 222.43 ET 222.44

50 années d'expérience dans l'étude, la construction et la mise en marche d'installations de
Mines et Carrières pour la manutention et la préparation mécanique des charbons et minerais

LICENCE D'EXPLOITATION DES RHEOLAVEURS FRANCE

MATÉRIEL SPÉCIAL POUR LA COLONIE

LE TITAN ANVERSOIS

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

PONTS ROULANTS
EN TOUS GENRES
A CROCHET
ET A GRAPPIN

PONTS SPÉCIAUX
DE MÉTALLURGIE

STRIPPEURS

MÉLANGEURS

ENFOURNEURS
DE FOURS MARTIN

PITTS

DÉFOURNEURS

GRUES DE PORT

GRUES POUR
CHANTIER NAVAL

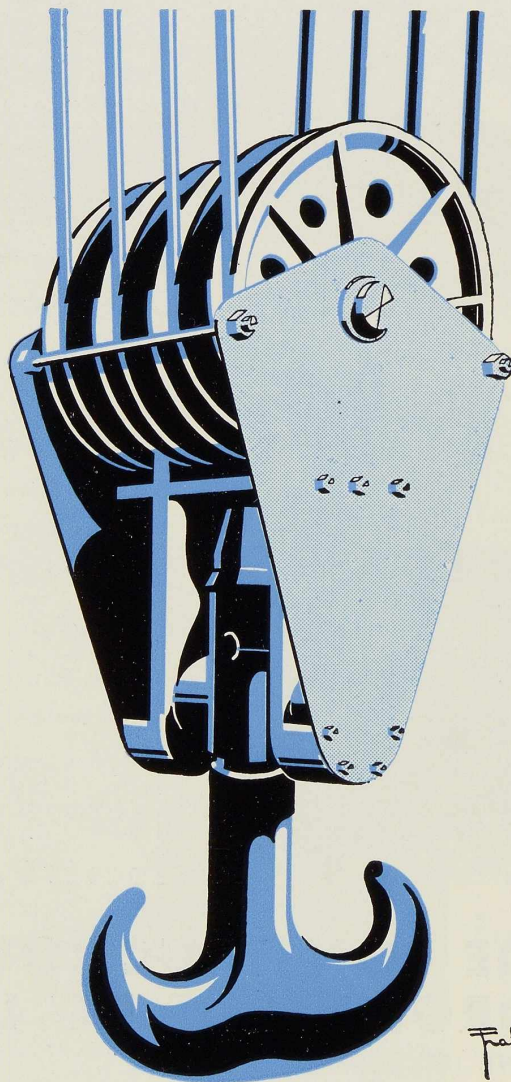
GRUES
INDUSTRIELLES
A CROCHET
ET A GRAPPIN

GRUES
DE FAÇADE
POUR
ENTREPRENEURS

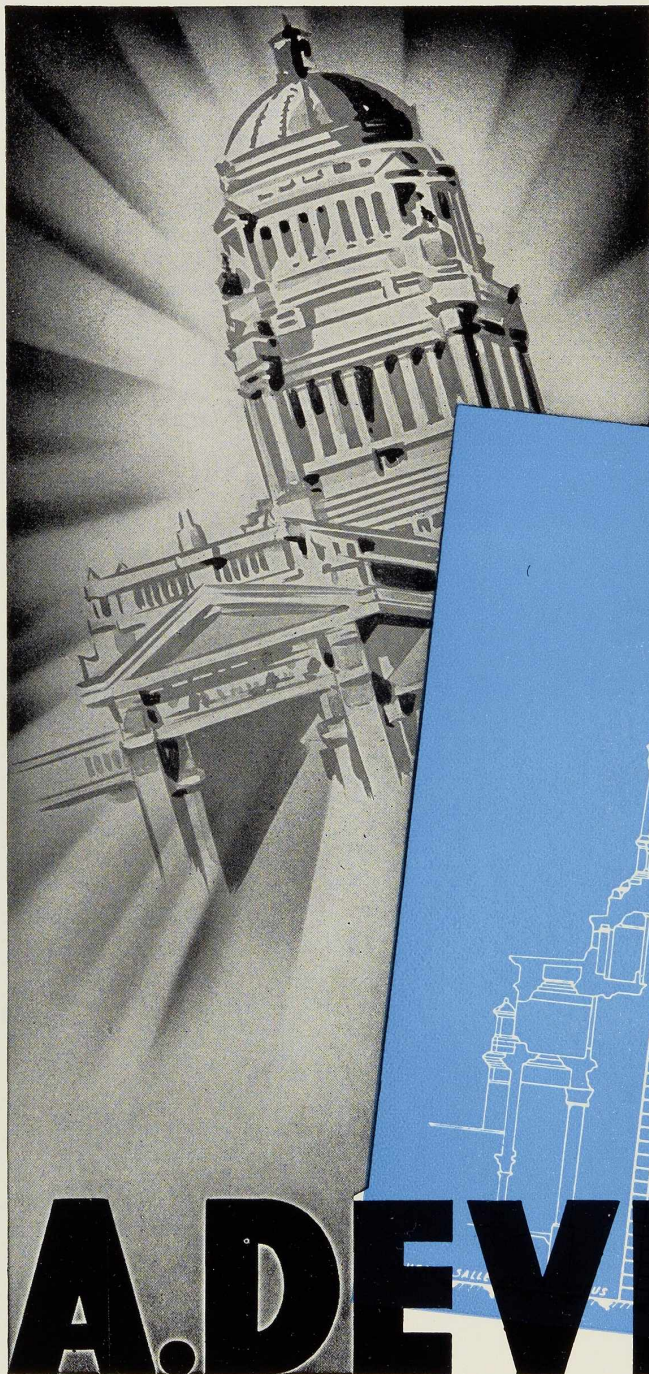
CABESTANS

GRAPPINS
AUTOMATIQUES

ETC.

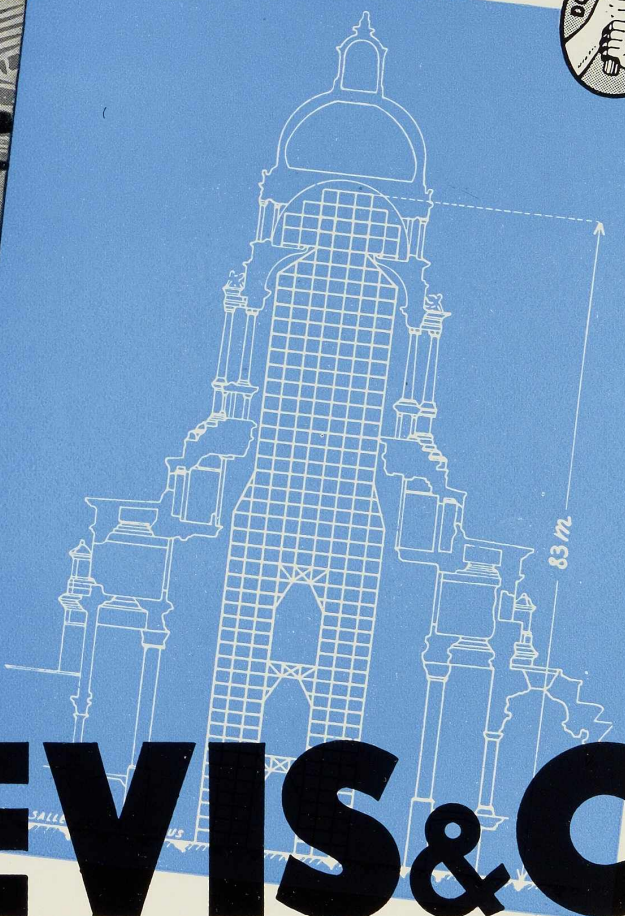


APPAREILS DE LEVAGE ET DE TRACTION ÉLECTRIQUE



MATÉRIEL TUBULAIRE

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



A. DEVIS & C^{IE}

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

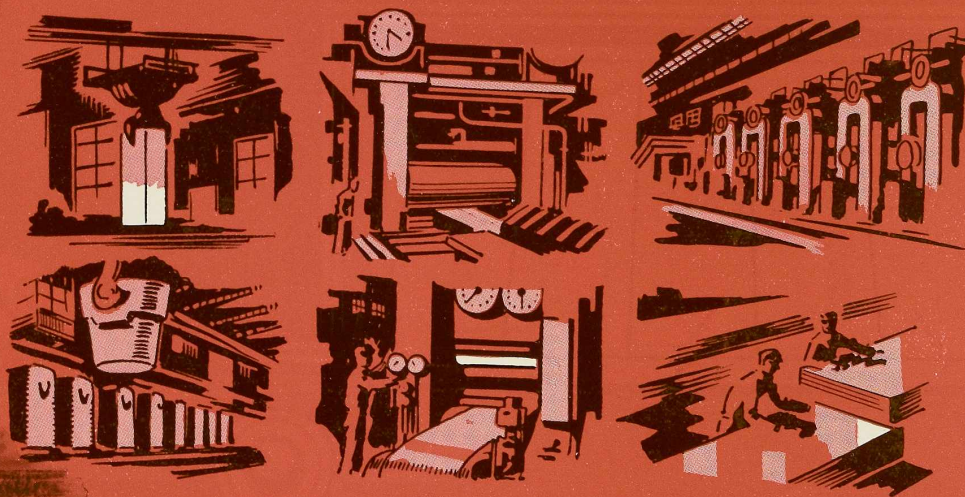
LES CRÉATIONS FRANCIS DELAMARE



OUGRÉE-MARIHAYE - RODANGE -

Office Technique de Publicité

TOUTE LA GAMME DES PRODUITS SIDÉRURGIQUES



S
SIDERUR

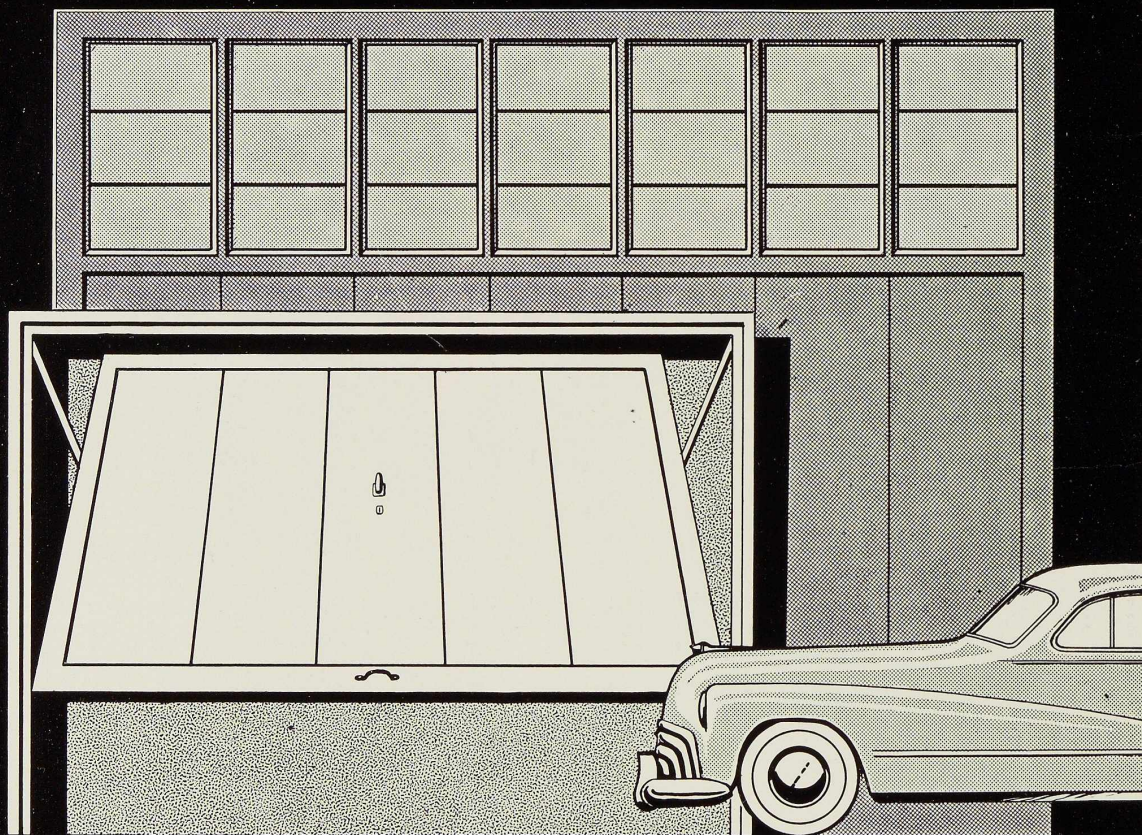
SOCIÉTÉ COMMERCIALE DE SIDÉRURGIE S. A.

1^a rue du Bastion • BRUXELLES

ORGANISME DE VENTE DE :

É - A. M. S. - LAMINOIRS D'ANVERS

Portes métalliques basculantes



VANDERPLANCK

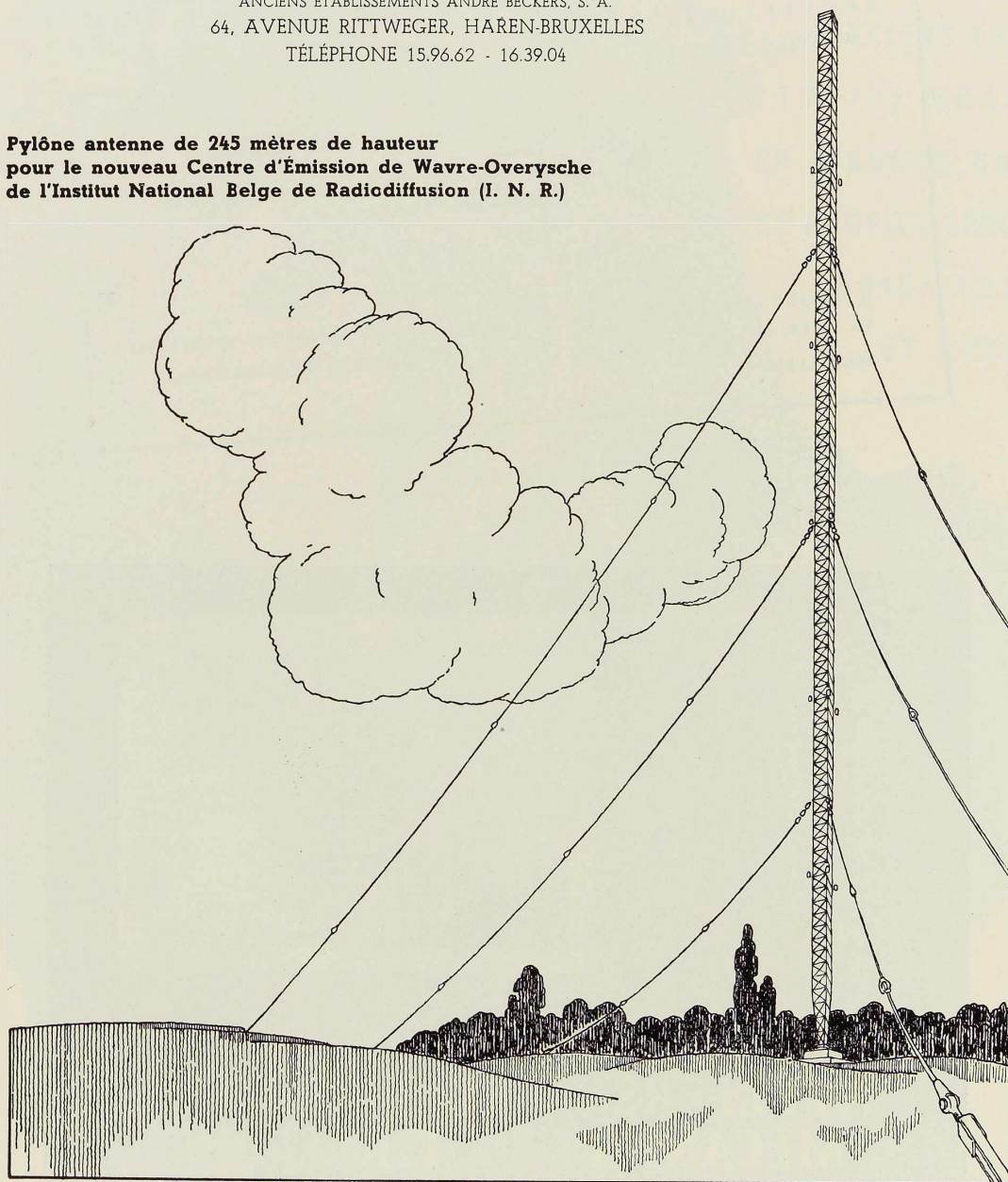
FAYT - LEZ - MANAGE (BELGIQUE)

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

LA CONSTRUCTION SOUDÉE

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

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



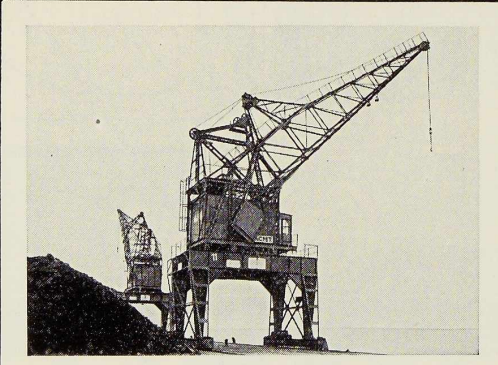
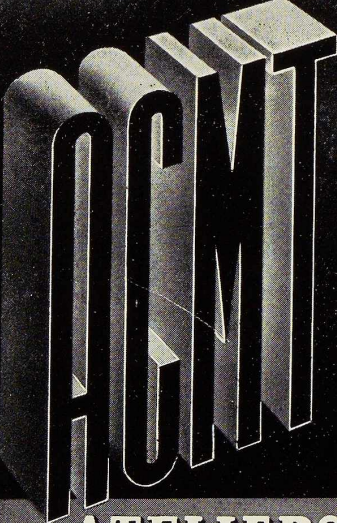
PYLONES - CHARPENTES - APPAREILS DE LEVAGE
CHAUDRONNERIE

COUVERTURES
MÉTALLIQUES

J. CROISÉ

6, SQUARE MARGUERITE
TÉL. : 33.66.45
BRUXELLES

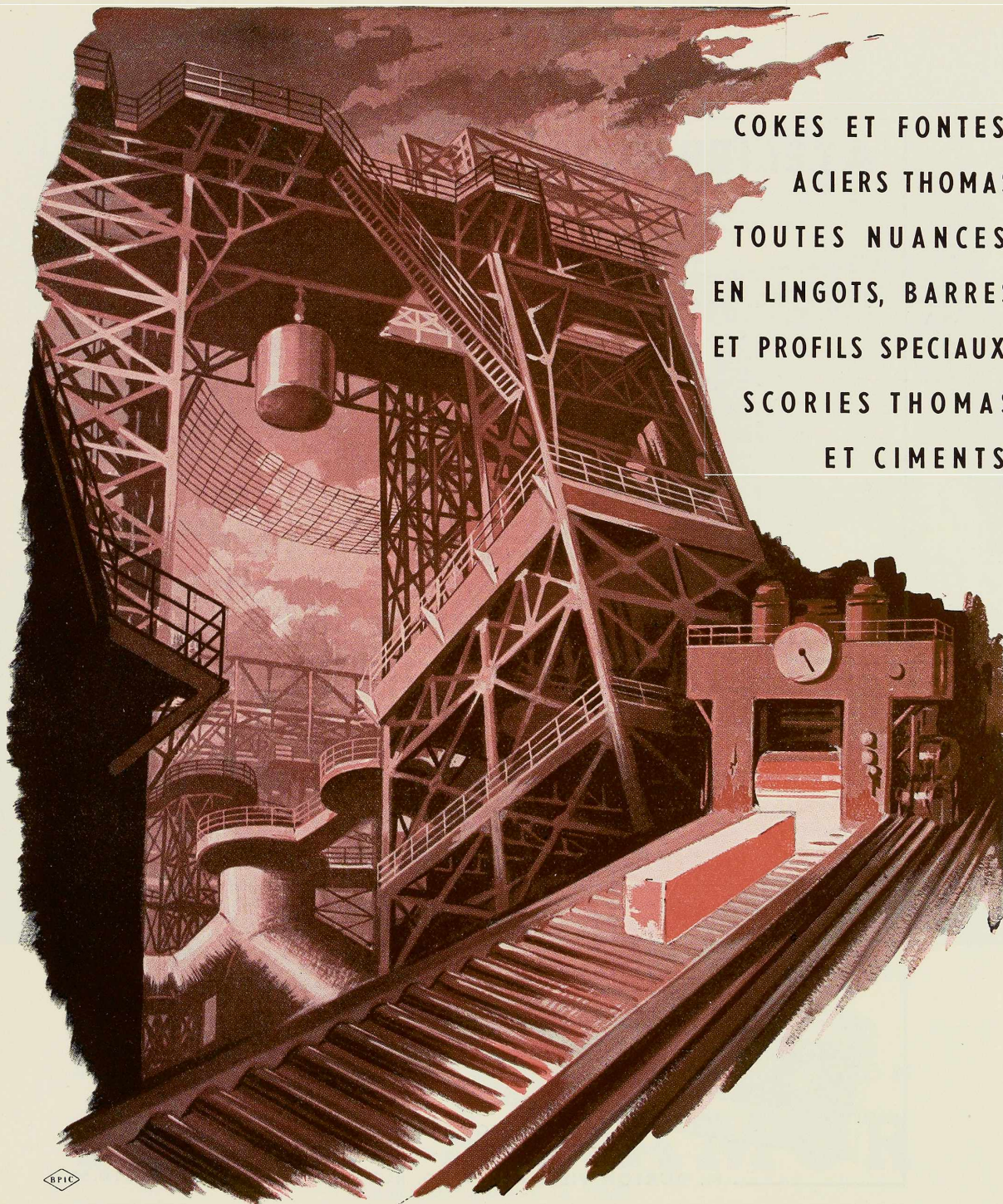
INSTALLATIONS SANITAIRES
PRIVÉES ET INDUSTRIELLES



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

**ATELIERS DE CONSTRUCTION
MECANIQUE DE TIRLEMONT**

Anciennement Ateliers J. J. Silain



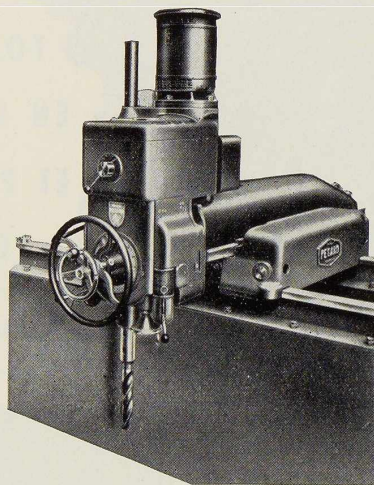
COKES ET FONTES.
ACIERS THOMAS
TOUTES NUANCES,
EN LINGOTS, BARRES
ET PROFILS SPECIAUX.
SCORIES THOMAS
ET CIMENTS.

BPIC

SOCIETE ANONYME DES HAUTS FOURNEAUX, FORGES & ACIERIES DE
THY-LE-CHATEAU & MARCINELLE

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

ATELIERS MARCEL PEGARD



S. A.

ANDENNE

Téléphone 218.11 - 218.12
Télégr. MARGARD, Andenne

PERCEUSES

à déplacements perpendiculaires de la tête porte-broche dans un plan horizontal. Capacité de perçage : 45 mm dans l'acier. Spécialement conçues pour travaux de chaudronnerie et de constructions métalliques

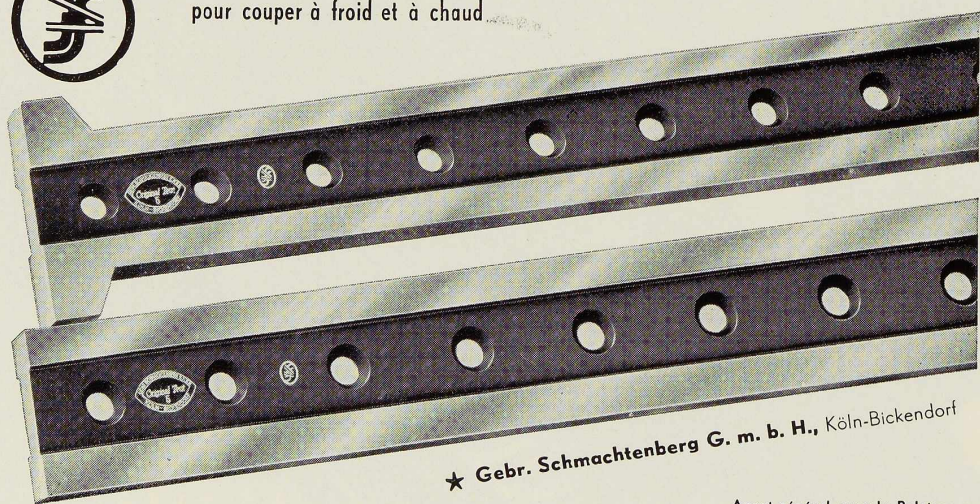
ALÉSEUSES

RADIALES DE MÉCANIQUE

FRAISEUSES (lic. Jaspar)

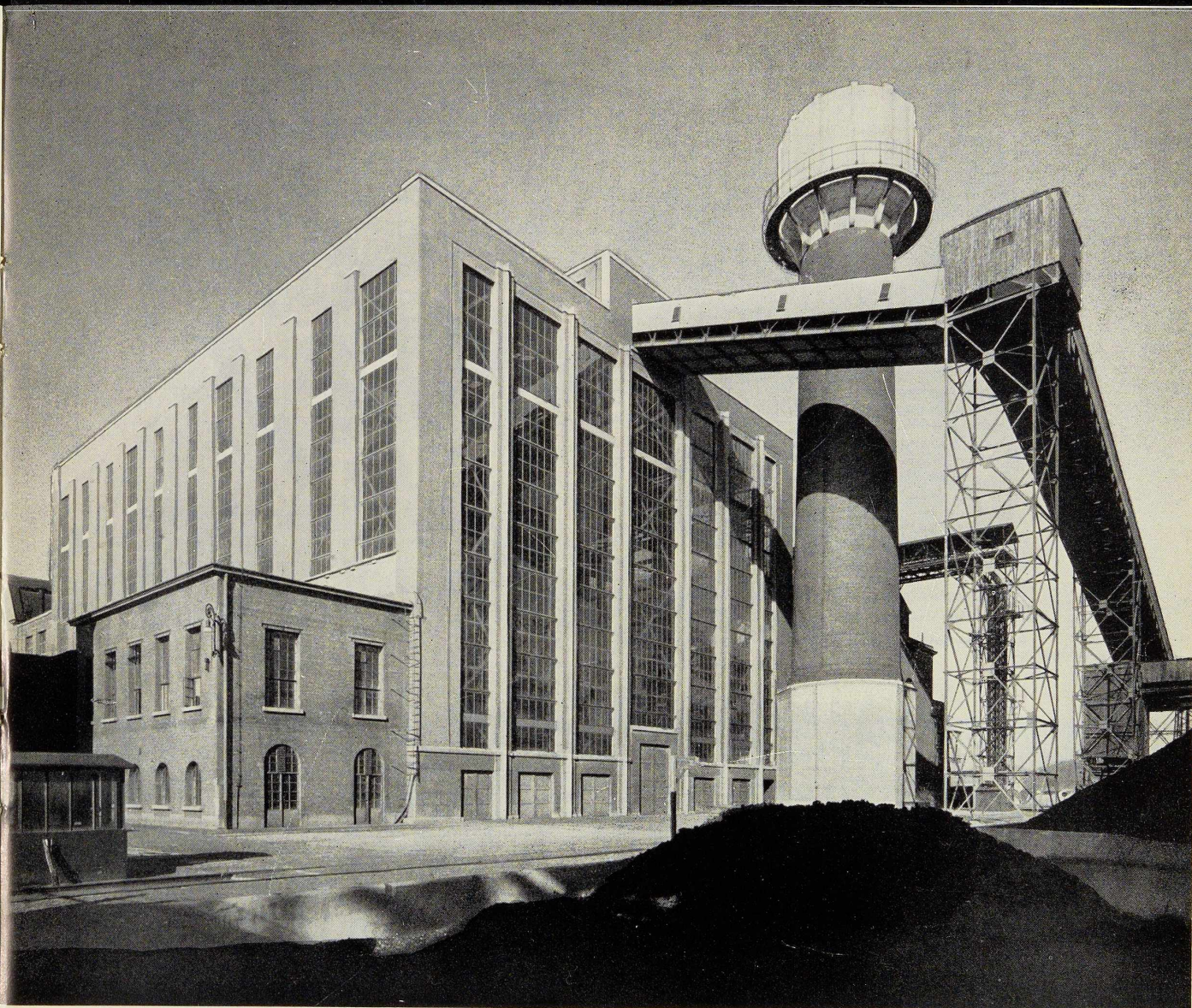


Lames de cisaille en notre qualité originale « Teut »
pour couper à froid et à chaud



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

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



CENTRALE DE MERXEM (ANVERS)
RÉALISATION DE LA

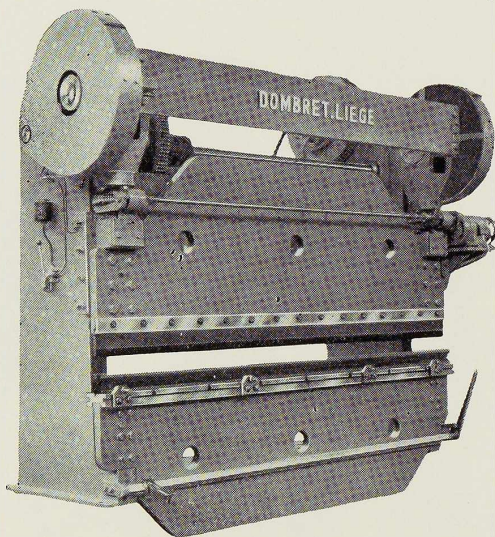
S. A. DES ATELIERS DE CONSTRUCTION

JAMBES-NAMUR

Anciens Établissements Th. FINET

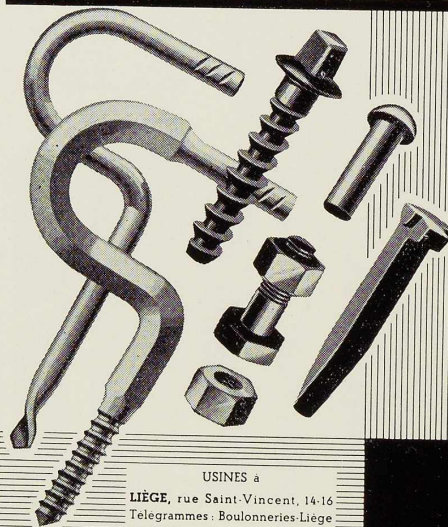
JAMBES

DOMBRET



TOUTES MACHINES POUR LE TRAVAIL DE LA TOLE
36, avenue du Luxembourg, LIÈGE

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



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

SOBELDOO

MACSIMA

SOCIÉTÉ DE CONSTRUCTION
DE MACHINES INDUSTRIELLES ET
DE MATÉRIEL DE TRAVAUX PUBLICS

SOCIÉTÉ ANONYME

BOUFFIOULX-LEZ-CHARLEROI (BELGIQUE)

Téléphone Charleroi : 300.65 - 300.66 - 300.67

DIVISION LEVAGE ET MANUTENTION :

Grues et ponts roulants électriques (Licence La Biesme) - Grues à vapeur - Machines et pièces mécaniques - Chaudronnerie soudée et rivée.

AGENCE OCCIDENTALE DE PUBLICITÉ, S. A. CHARLEROI

Le matériel **Macsimax**, **Richier**, **Nord-Est**, **C. A. C. L.** est vendu et entretenu au Congo par **Mélotte-Congo**
B. P. 3136 à Léopoldville-Kalina - B. P. 1625 à Elisabethville



*Encore un bon conseil
de votre*

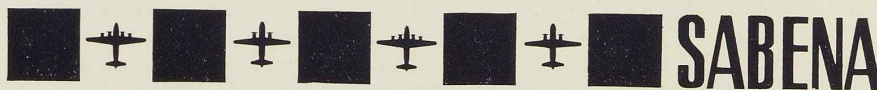
AGENCE DE VOYAGES

VOYAGES A FORFAIT PAR AVION

Quels que soient vos projets de vacances, il existe toujours une ligne SABENA qui vous permet, à moindres frais que vous ne croyez, d'arriver plus vite, de rester plus longtemps et de repartir plus tard.

Demandez à votre agence de voyages les tarifs des VOYAGES A FORFAIT PAR AVION. Vous serez étonnés de la modération des prix bien qu'ils comprennent le séjour à l'hôtel, les repas, les excursions et le TRANSPORT PAR AVION.

VA MAFECO



Liège

PORT
MARITIME
ET
FLUVIAL

IMPORTATION - EXPORTATION - TRANSIT

CHARGEMENT - DÉCHARGEMENT - TRANSBORDEMENT
DÉDOUANEMENT - STOCKAGE - ENTREPÔTS
INSTALLATIONS MODERNES POUR LA MANUTENTION DES GRAINS

TOUS LES AVANTAGES DU PORT DE MER

Zone douanière - Tarifs spéciaux de chemin de fer
Réductions taxes de facture, etc.

Emplacements à louer

Raccordés à la voie d'eau, au rail, à la route, à la force motrice,
à l'eau alimentaire

Terrains pour installations pétrolières et pour
industries désirant un accès à l'eau

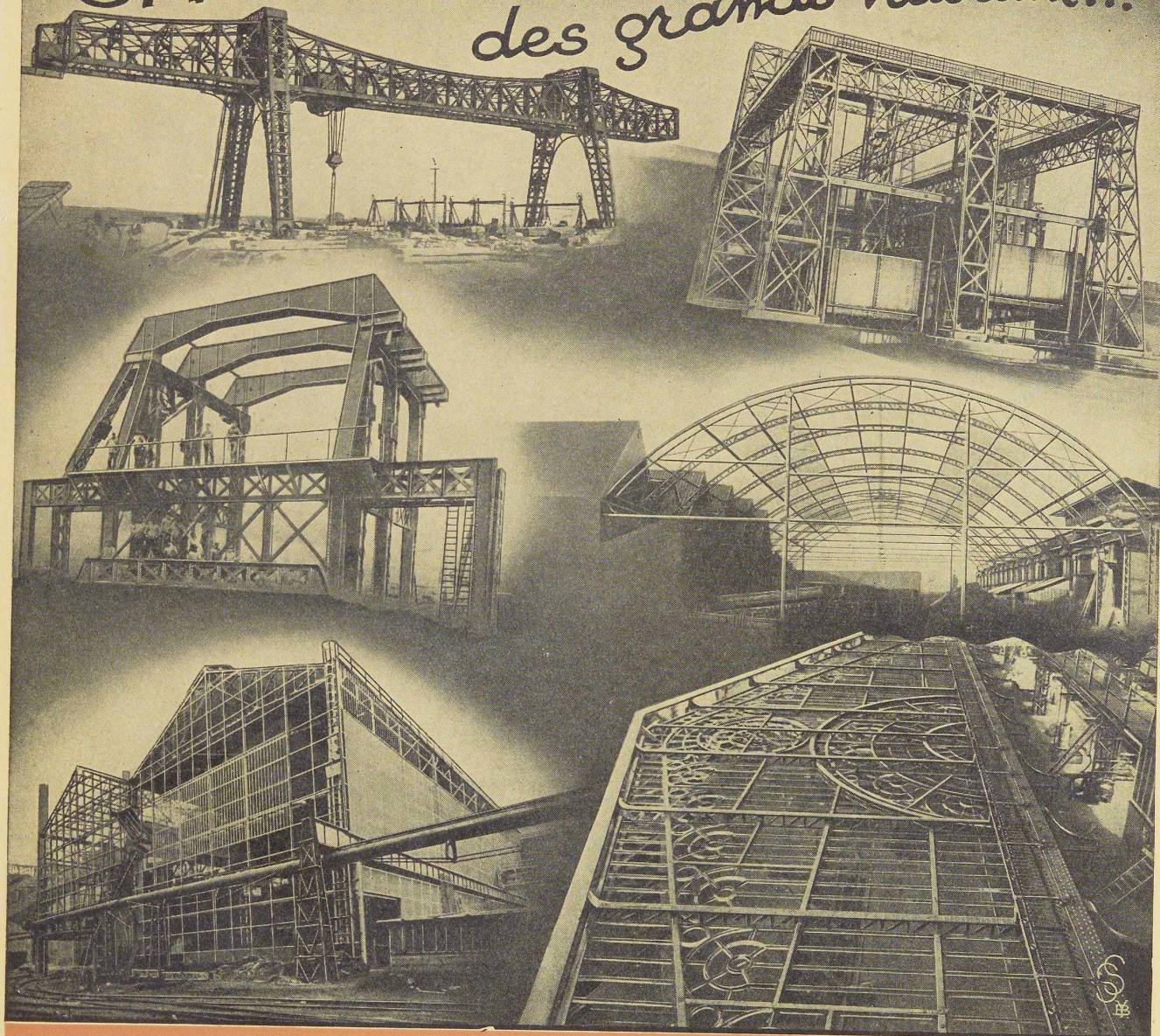
CONDITIONS INTÉRESSANTES

BUREAUX : QUAI DE MAESTRICHT, 14, LIÈGE - Téléphone : 23.98.20

INDEX DES ANNONCEURS

	Pages		Pages
A		J	
A. C. M. T.	42	S. A. Ateliers de Construction Jambes	
L'Air Liquide	12	Namur	45
Arcos, « La Soudure Electrique Auto- gène »	29	Jouret	13
B		L	
Balteau	11	S. A. L. Leemans & Fils	21
Baume et Marpent	7	Laminoirs de Longtain	15
Usines Gustave Boël	34	M-N	
Ateliers de Bouchout et Thirion Réunis .	14	Macxima	46
Boulonneries de Liège et de la Blanchis- serie	46	Manutention Automatique	28
La Brugeoise et Nicaise & Delcuve couv.	III	Anc. Ets Nobels-Pelman S. A.	32
C		O-P	
P. & M. Cassart	4	Ougrée-Marihaye	33
Chamebel	27	L'Oxhydrique Internationale	22
Cockerill	23	Ateliers Pegard	44
Columeta	24-25	Port de Liège	47
La Construction Soudée	41	S	
Croisé	42	Sabena	47
D		Sambre-Escaut S. A.	1
Davum	17	Gebr. Schmachtenberg	44
Alexandre Devis & C ^o	2-37	Siderur	38-39
Dombret	46	Soudométal	16
E-F		T	
Electromécanique	20	S. A. Hauts Fourneaux, Forges et Acié- ries de Thy-le-Château et Marcinelle	43
Société Métallurgique d'Enghien Saint- Eloi	IV	Titan Anversois	36
E. S. A. B.	II	Usines à Tubes de la Meuse	26
Espérance-Longdoz	31	U-V	
Ateliers de Construction et Chaudronne- rie de l'Est	35	Ucométal	8-9
Fabrique Nationale d'Armes de Guerre .	30	Ateliers Vanderplanck, S. P. R. L.	40
H-I		W	
Herincx-Roneo, S. A.	18-19	Anciens Ets Paul Würth	10

*SPÉCIALISTES
des grands travaux...*



LA BRUGEOISE ET NICAISE & DELCUVE

SOCIÉTÉ ANONYME

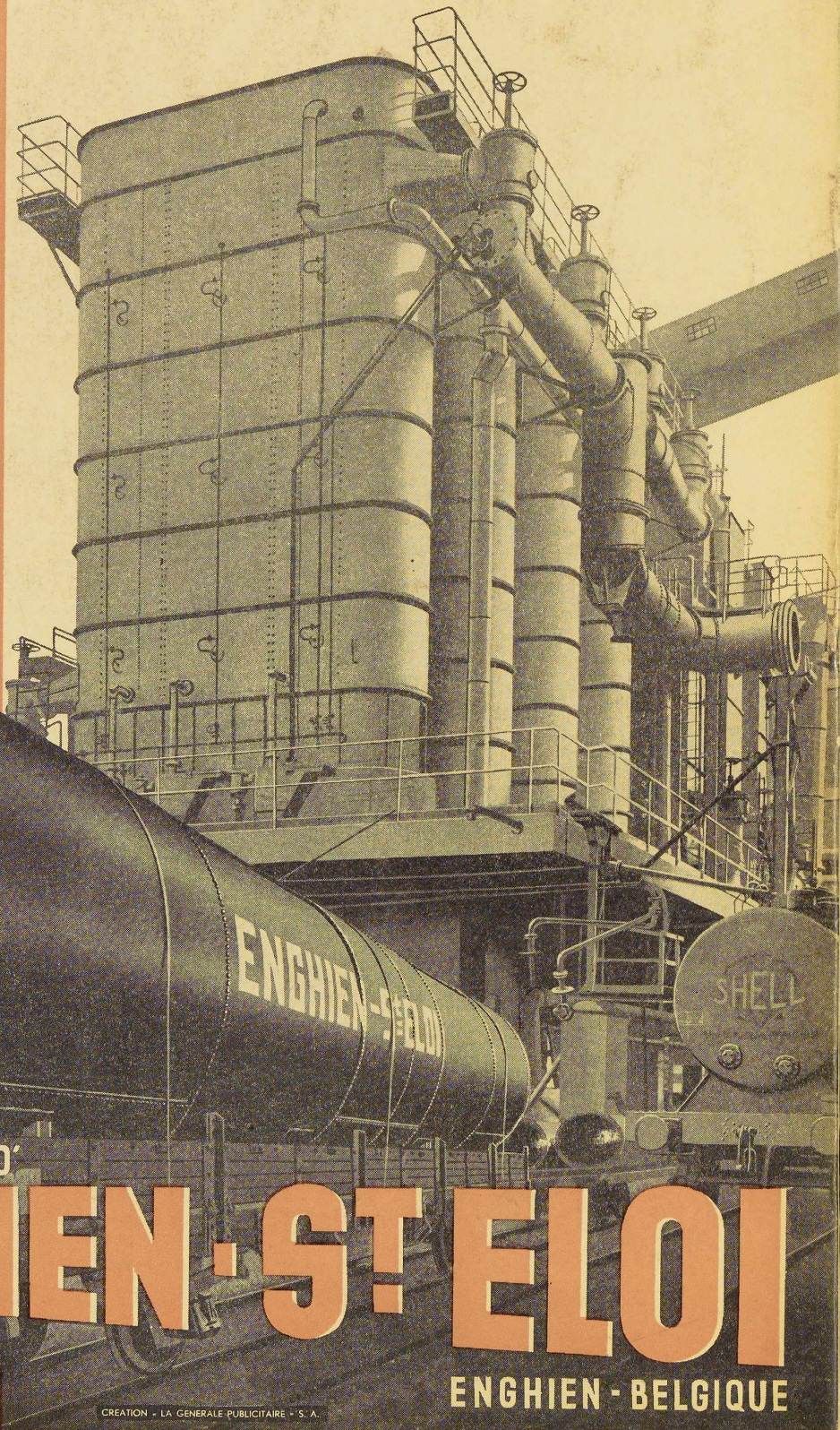
ACIÉRIES, FORGES ET ATELIERS DE CONSTRUCTION
USINES : A SAINT-MICHEL-LEZ-BRUGES ET A LA LOUVIÈRE (BELGIQUE)





CHAUDRONNERIE

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



SOCIÉTÉ MÉTALLURGIQUE D'

ENGHIEN - ST ELOI

ENGHIEN - BELGIQUE

