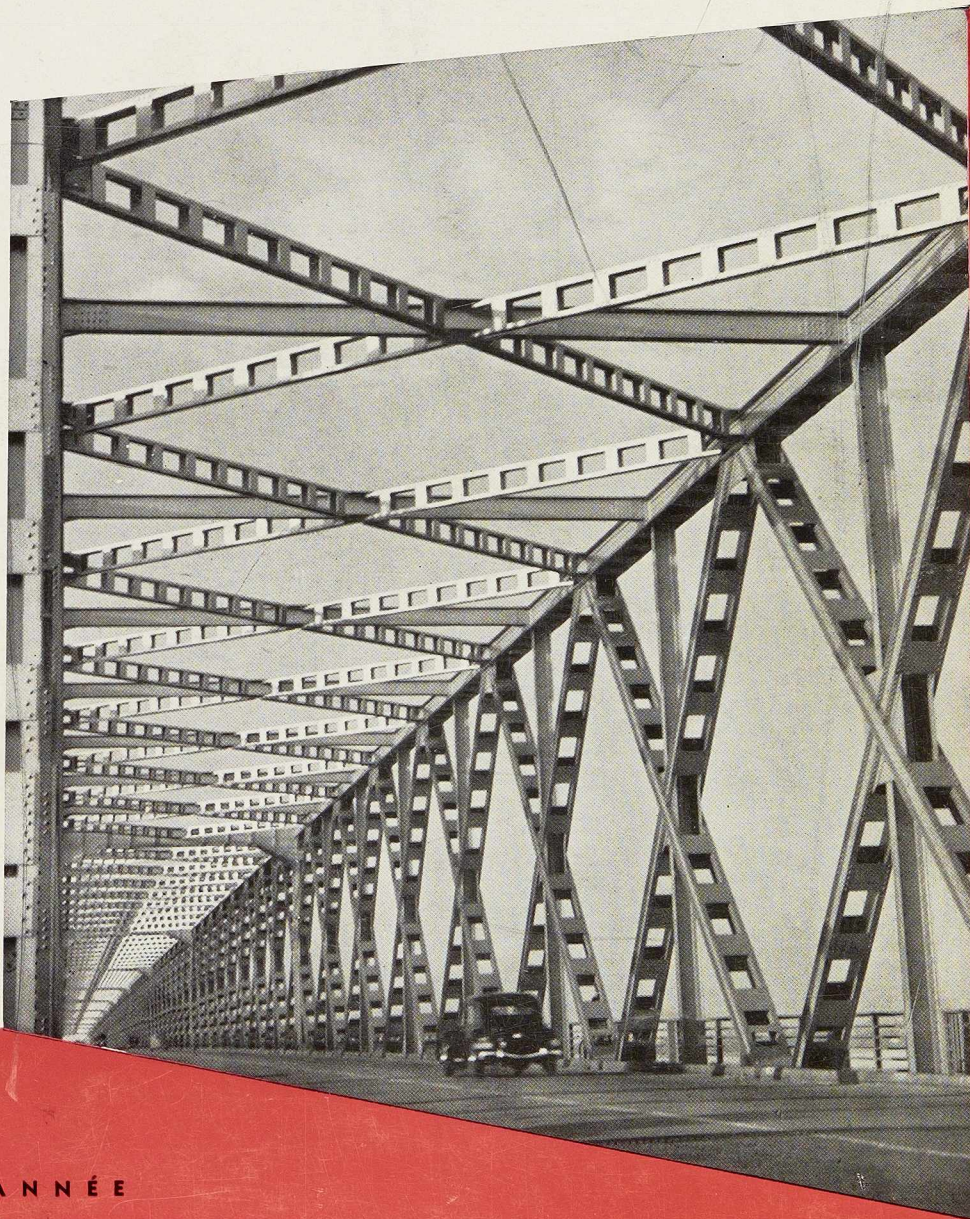


L'OSSATURE METALLIQUE



18° ANNÉE

1

JANVIER 1953

PONTS * CHARPENTES
WAGONS * WAGONNETS
CHAUDRONNERIE

*

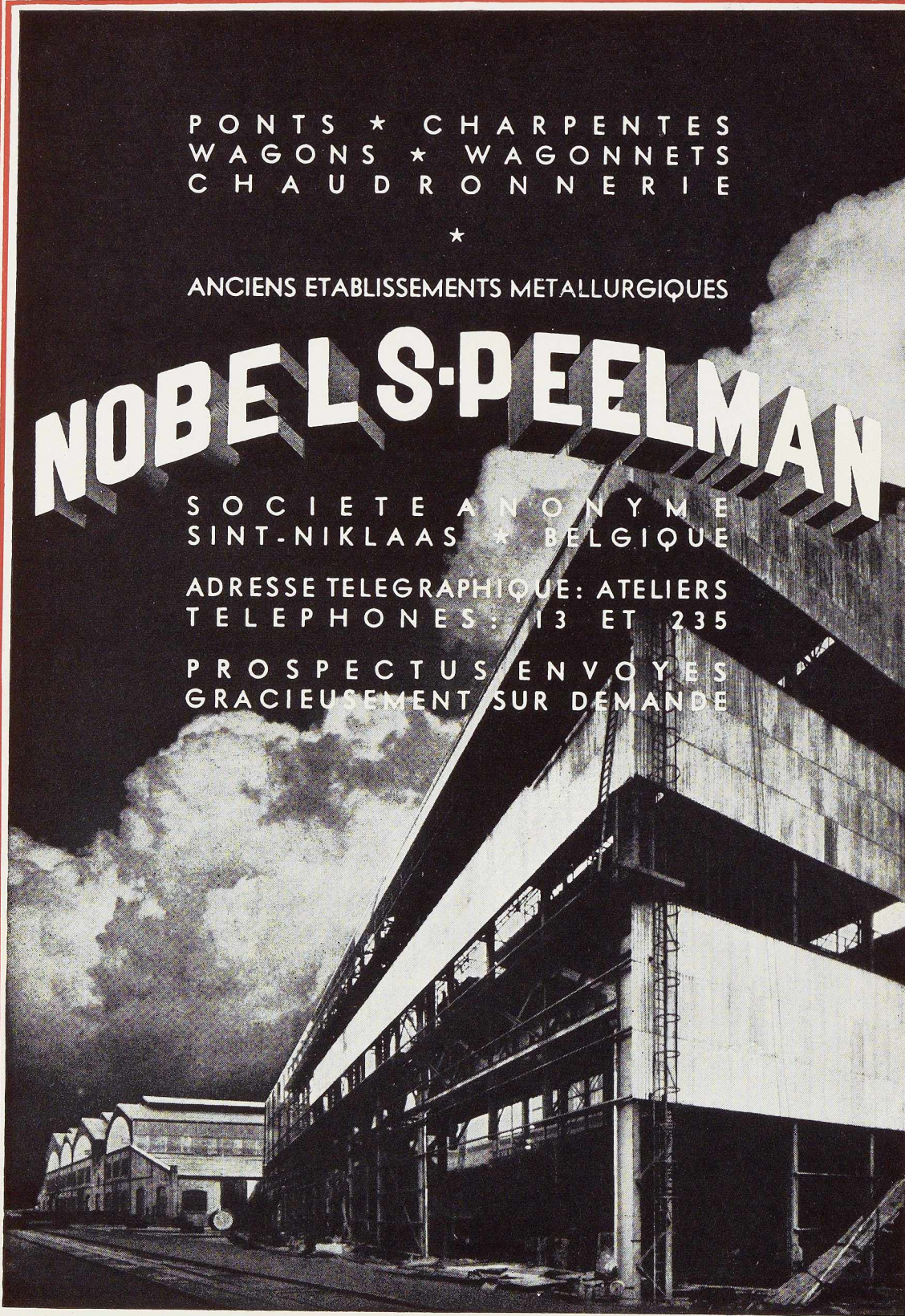
ANCIENS ETABLISSEMENTS METALLURGIQUES

NOBELS-PEELMAN

SOCIETE ANONYME
SINT-NIKLAAS * BELGIQUE

ADRESSE TELEGRAPHIQUE: ATELIERS
TELEPHONES: 13 ET 235

PROSPECTUS ENVOYES
GRACIEUSEMENT SUR DEMANDE



REALISATION
PUBLIGRAPHE
BRUXELLES

UNE ÉLECTRODE POUR CHAQUE APPLICATION

pour
**CHAUDRONNERIE
A PRESSION
PONTS ET CHARPENTES
MATÉRIEL ROULANT
CONSTRUCTIONS NAVALES**



ALFLEX K.49
POUR SOUDURES D'EXCELLENTE QUALITÉ
EN TOUTES POSITIONS

MÉTAL DÉPOSÉ:
RÉSISTANCE: 49 Kgf.
ALLONGEMENT: 50/25 à 30%

Agréée par le Lloyd's
Register of Shipping
et le Bureau Veritas

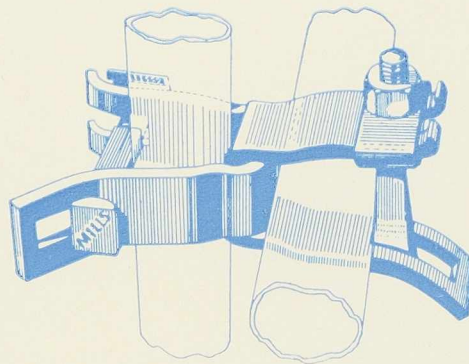
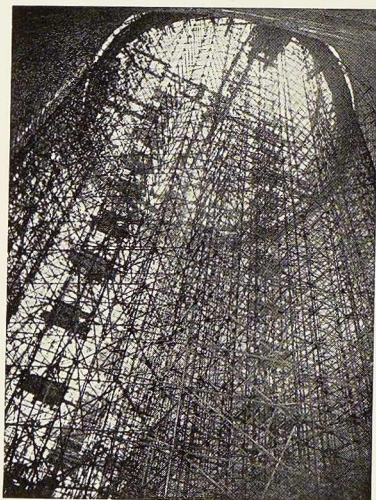
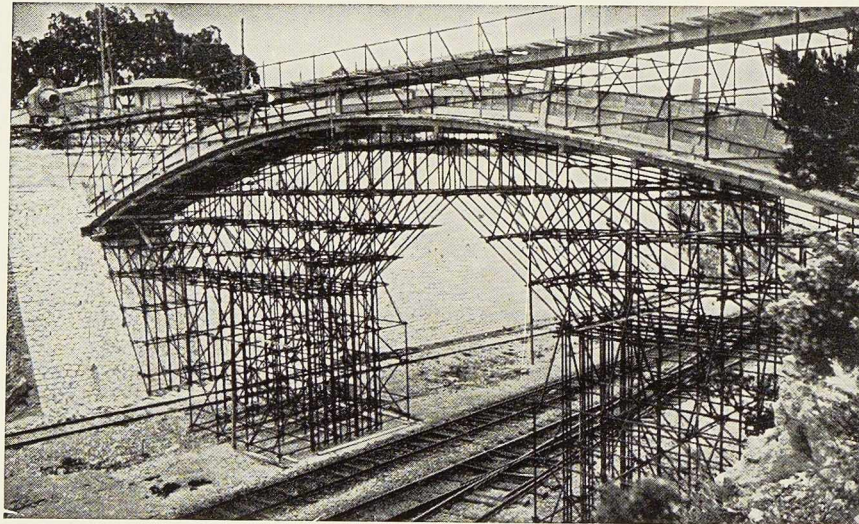
L'AIR LIQUIDE DÉPARTEMENT :
Soudure électrique
31, Quai Orban, **LIEGE** Téléph. 43.65.55

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

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 »

18^e ANNÉE

N° 1

JANVIER 1953

S O M M A I R E

4 ^e Congrès de l'A. I. P. C. - Constructions métalliques	
Questions fondamentales, par H. Louis	1
Reconstruction du Palais de la Foire de Lille	11
Le transport par rail des voitures automobiles au moyen de wagons à double plancher, par MM. Cretin et Bernard	14
Ossature métallique soudée pour l'Auditorium de la Ville de Mexico, par G. S. Polanco	19
Note sur les profils T enrobés de béton, par A. Soete	26
L'ossature métallique dans les centrales électriques, par P. Ducuroir	31
La défense des ossatures d'acier contre le feu, par A. Defay	35
Laboratoire et bâtiments d'essais des Usines Buhler Frères à Uzwil (Suisse)	39
Chronique du Congo Belge	46
Vue d'ensemble sur le Comportement Electrochimique des Métaux (1 ^{re} partie) par M. Pourbaix	47
Chronique	57
Bibliothèque	63
Bibliographie	64

ABONNEMENTS 1953 (11 numéros) :

Belgique, Grand-Duché de Luxembourg, Congo belge : francs belges 260,-.

France et Union française : 2.400 francs français, payables au dépositaire général pour la France : Librairie des Sciences, GIRARDOT & Cie, 27, quai des Grands-Augustins, Paris 6^e (Compte chèques postaux : Paris n° 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 30,-,

France : francs français 250,-; **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**.

La couverture de ce numéro
représente une vue du pont
de Moerdijk en Hollande.

(Photo De Maer, Vilvorde)



SOCIÉTÉ COMMERCIALE DE SIDÉRURGIE
S. A.

1a, RUE DU BASTION (ELITE HOUSE) BRUXELLES
TÉLÉPH. : 12.31.70 (4 LIGNES) 12.00.53 (3 LIGNES) — C. C. P. 33.97
TÉLÉGR. : SIDÉRUR-BRUXELLES — REG. COMM. : BRUX. 207.794

S
SIDERUR

VOUS OFFRE TOUTE LA GAMME
DES PROFILÉS MOULURÉS A FROID
POUR LA CONSTRUCTION DE :

*Vos meubles métalliques
Vos charpentes légères
Vos vitrages sans mastic
Vos voitures métalliques pour
chemins de fer etc.... etc....*

Consultez-la pour tout profil spécial pouvant être
mouluré à froid hors feuillard laminé à chaud.



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. Félix CHOME, 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 des Usines à Tubes de la Meuse, S. A., Administrateur-Délégué de Utema, S. C. R. L., Léopoldville,
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. Charles ISAAC Administrateur-Délégué de la S. A. Métallurgique d'Enghien-Saint-Eloi,
M. Charles MOUTON, Administrateur-Délégué 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., Liège.
Usines Gilson, S. A., à La Croÿère, Bois-d'Haine.
Usines Métallurgiques du Hainaut, S. A., à Couillet.
Usines E. Henricot, S. A., Court-Saint-Etienne.
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.
Métallurgie de Sambre et Moselle, S. A., à Montignies-sur-Sambre.
Hauts Fourneaux Forges et Aciéries de Thy-le-Château et Marcinelle, S. A., à Marcinelle.

ACIÉRIES LUXEMBOURGEOISES

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

TRANSFORMATEURS

Laminoirs d'Anvers, S. A., 38, rue Métropole, Schooten.
Forges et Laminoirs de Baume, S. A., à Haine-Saint-Pierre.
Tôleries Delloye-Matthieu, S. A., à Marchin (Huy).
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 Borgnet, 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

A. C. E. C., S. A., Charleroi.
ACMA, S. A., Ateliers de Construction et Ets Geerts & Van Aalst Réunis, à Mortsels-lez-Anvers.
Société Anglo-Franco-Belge des Ateliers de la Croÿère, Seneffe et Godarville, S. A., à La Croÿère.
Awans-Francois, 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 (suite)

- Ateliers de Construction Alphonse Bouillon**, 58, rue de Birmingham, Molenbeek-Saint-Jean.
- 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., St-Michel-lez-Bruges.
- S. A. Anciennes Usines Canon-LeGrand**, 17, rue Terre du Prince, Jemappes-lez-Mons.
- Chaurobel**, S. A., à Huyssinghen.
- John Cockerill**, S. A., à Seraing-sur-Meuse.
- La Construction Soudée**, S. A., 64, av. Rittweger, Haren.
- « **Cribla** », S. A., 31, rue du Lombard, Bruxelles.
- 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.
- S. A. des Ateliers de Construction Flamencourt et Cie**, 112-114, rue des Anciens Etangs, Forest.
- 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.
- S. A. Constructions Métalliques de Jemeppe-sur-Meuse**.
- Ateliers de Construction J. Kihn**, Rumelange (G.-D.).
- S. A. 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.
- Macxima**, S. A., Bouffloux-lez-Châtelain.
- Ateliers de Construction de Malines (Acomal)**, S. A., 29, Canal d'Hanswyck, Malines.
- La Manutention Automatique**, S. A., Machelen.
- Ateliers de Construction de la Meuse**, S. A. Sclessin.
- Les Ateliers Métallurgiques**, S. A., à Nivelles.
- Anciens Etablissements Métallurgiques Nobels-Peelman**, S. A., à Saint-Nicolas (Waes).
- Ougrée-Marihaye**, S. A., à Ougrée.
- Minière et Métallurgique de Rodange**, S. A., à Rodange.
- Ateliers Sainte-Barbe**, S. A., Eysden-Sainte-Barbe.
- Chaudronnerie A.-F. Smulders**, S. A., à Grâce-Berleur-lez-Liège.
- At. Arthur Souaniez Fils**, 42, rue des Forgerons, Marcinelle.
- Etablissements D. Stevaert-Heene**, à Eecloo.
- Ateliers du Thiriau**, S. A., La Croÿère.
- S. A. Ateliers de Construction Mécanique de Tirlemont**.
- Le Titan Anversois**, S. A., à Hoboken.
- Société Nouvelle des Ateliers de Trazegnies**, S. A.
- Compagnie Belge des Freins Westinghouse**, S. A., 105, rue des Anciens Etangs, Forest-Bruxelles.
- S. A. Ateliers de Construction de Willebroek**.
- S. A. Anc. Et. Paul Würth**, Luxembourg.
- Chaudronneries et Ateliers de Construction Lucien Xhignesse & Fils**, S. A., rue d'Italie, Ans-Liège.

MENUISERIE MÉTALLIQUE

- Chamebel**, S. A., ch. de Louvain, Vilvorde.
- Maison Desoer**, S. A. (meubles métalliques ACIOR), 17-21, rue Ste-Véronique, Liège; 16, rue des Boiteux, Bruxelles.
- F. Sage & Co** (Belgium), Ltd, 9-11, rue de la Senne, Bruxelles.
- « **Soméba** », S. A., rue Lecat, La Louvière.
- Ateliers Vanderplanck**, S. A., Fayt-lez-Manage.

SOUDURE AUTOGÈNE

Matériel, électrodes, exécution

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

COMPTOIRS DE VENTE

DE PRODUITS MÉTALLURGIQUES

- Columeta** (Comptoir Métal. Luxemb.), S. A., Luxembourg.
- Davum**, S. A. Belge, 22, rue des Tanneurs, Anvers.
- Gilsoco**, S. A., La Louvière.
- Société Commerciale de Sidérurgie, SIDERUR**, 1A, rue du Bastion, Bruxelles.

- Sybelac**, S. C., 16, place Rogier, Bruxelles.
- Ucométal** (Union Commerciale Belge de Métallurgie), 24, rue Royale, Bruxelles.

MARCHANDS DE FER ET DE POUTRELLES

Individuellement :

- ACMA**, S. A., **Ateliers de Construction et Ets Geerts & Van Aalst Réunis**, à Mortsel-lez-Anvers.
- P. et M. Cassart**, 120-124, avenue du Port, Bruxelles.
- Alexandre Devis et Cie**, 43, rue Masui, Bruxelles.
- Métaux Galler**, S. A., 22, avenue d'Italie, Anvers.
- Etablissements Gilot Hustin**, 14, rue de l'Etoile, à Namur.
- Etablissements Jouret**, S. P. R. L., Pont-à-Celles-Luttre.
- J. Libouton & Cie**, S. A., 27, rue Léopold, Charleroi.
- Fers et Aciers Pante et Masquelier**, S. A., 17, avenue d'Afsnee, 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.
- La Belgo-Luxembourgeoise**, S. A., 11, quai du Commerce, Bruxelles.
- Aciers Bungert**, S. A., 141-143, chaussée de Mons, Bruxelles.
- Jos. Bol**, 85, rue Emile Féron, Bruxelles.
- Maison Courard & Co**, 9-11, place des Déportés, Liège.
- Davum**, S. A. Belge, 22, rue des Tanneurs, Anvers.
- Ets Moréa et Nahon**, 23-25, rue des Ateliers, Bruxelles.

BUREAUX D'ÉTUDES ET INGÉNIEURS-CONSEILS

- Bureau d'Études Léon-Marcel Chapeaux**, S. A., 54, rue du Pépin, Bruxelles.
- Bureaux d'Études Industrielles Fernand Courtoy**, S. A., 43, rue des Colonies, Bruxelles.
- M. René Leboutte**, ing. tech. I. G. 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'Études Ir. J. Ronsse**, 63, boulevard de Dixmude, Bruxelles.
- M. J. F. F. Van der Haeghen**, ingénieur-conseil (U. I. Lv.), 104, boulevard Saint-Michel, Bruxelles.
- MM. J. Verdeyen et P. Moenaert**, ingénieurs-conseils (A. I. Br.), 15, rue Guimard, Bruxelles.

DIVERS

- Fabrimétal**, A. S. B. L., 21, rue des Drapiers, Bruxelles.
- Les Fours Lecocq**, S. A., 215, chaussée d'Alseberg, Bruxelles.
- Institut Belge des Hautes Pressions**, 38, pl. des Carabiniers, Bruxelles.
- Orex**, S. C., 153, avenue A. Buyl, Bruxelles.
- Tuileries et Briqueteries d'Hennuyères et de Wanlin**, S. A., à Hennuyères.
- 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.

SOCIÉTÉS COLONIALES

- Chamebel Congo** S. C. R. L., Châssis et charp. met., B. P. 4055, Léopoldville.
- Chantier Naval et Industriel du Congo « Chanic »**, 2, place du Luxembourg, Bruxelles.
- Cobega**, 14, avenue Valcke, Léopoldville.
- Congofer** 6c, avenue du Kasai, Léopoldville.
- Etablissements Jouret**, 17, avenue Olsen, Léopoldville.
- Métalco, Menuiseries Métalliques**, B. P., 448, Léopoldville.
- Société Coloniale de la Tôle**, S. C. R. L., 22, rue de la Loi, Bruxelles.
- Utema**, S. C. R. L., Building Forescom. B. P. 444, Léopoldville.

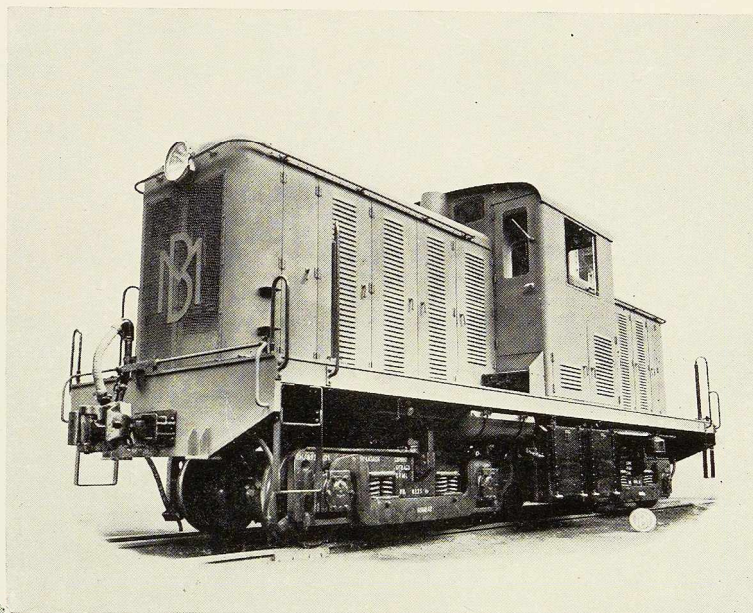
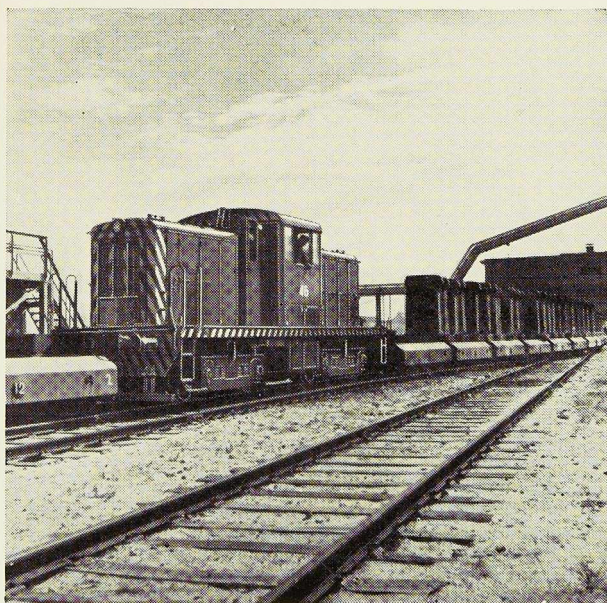
QUELLES ÉCONOMIES PEUT-ON ATTENDRE D'UNE LOCOMOTIVE DIESEL INDUSTRIELLE ?

Le remplacement d'une locomotive à vapeur par une locomotive Diesel vous permet de réaliser des économies importantes sur vos frais d'exploitation.

Par exemple, pour une locomotive de 30 tonnes travaillant 10 heures par jour, cette économie est de l'ordre de 1.000 francs par jour. La locomotive peut donc être amortie en quelques années.

Ces économies résultent de la réduction :

- des frais de combustible,
- des frais d'entretien et d'approvisionnement,
- de la main-d'œuvre,
- de l'usure de la voie.



En outre, la locomotive Diesel présente les avantages suivants, par rapport à la locomotive à vapeur :

1. Démarrage instantané, donc disponibilité pratiquement totale, de l'ordre de 90 à 95 % du temps. De ce fait, deux locomotives Diesel peuvent en remplacer trois à vapeur.
2. Approvisionnement et entretien rapides.
3. Pas de fumée ni de risques d'incendie.
4. Meilleure visibilité et conduite plus facile, d'où élimination d'accidents.

Les spécialistes de la S. A. Baume et Marpent, à Haine-Saint-Pierre, se tiennent à votre disposition pour vous aider à chiffrer les économies qui pourraient être réalisées dans vos installations et à choisir, dans leur large gamme de fabrication, les locomotives convenant le mieux à votre exploitation.

BAUME & MARPENT

SOCIÉTÉ



ANONYME

LOCOMOTIVES ÉLECTRIQUES et DIESEL - VOITURES à VOYAGEURS - WAGONS - VOITURES pour TRAMWAYS - AUTOBUS - TROLLEYBUS
PONTS FIXES et MOBILES - OSSATURES MÉTALLIQUES - CHEVALEMENTS - SKIPS - GAZOMÈTRES - RÉSERVOIRS - CONDUITES à GAZ et sous
PRESSION - ACIERS SIEMENS MARTIN électrique et Bessemer - ESSIEUX - PIÈCES FORGÉES - LAMINOIRS à BANDAGES et CENTRES de roues.

USINES : A MARPENT (France Nord) - HAINE-ST-PIERRE et MORLANWELZ (Belgique)
LE CAIRE (Egypte) - AU CONGO BELGE : BAUMACO - ELISABETHVILLE - KATANGA - B. P. 1646

TOUS PRODUITS M

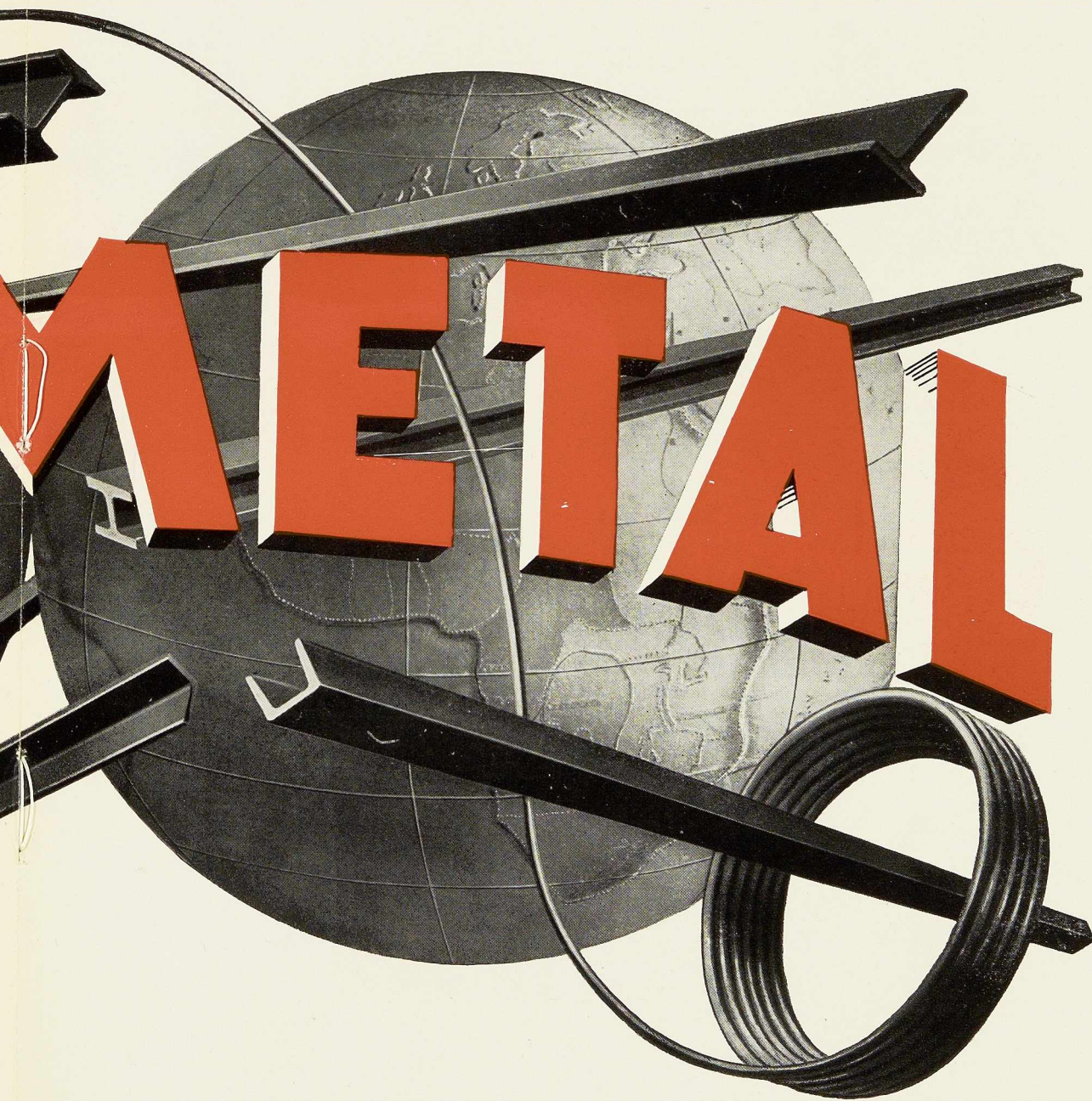


24 RUE RO
BRUXEL

COCKERILL - PROVIDENCE

C.G.P.I.

MÉTALLURGIQUES



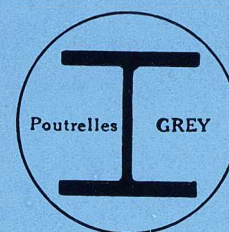
ROYALE
ELLES

CE - SAMBRE & MOSELLE



Oslo : Débarquement de poutrelles 100 DIN de 34 m.

POUTRELLES GREY DE DIFFERDANGE

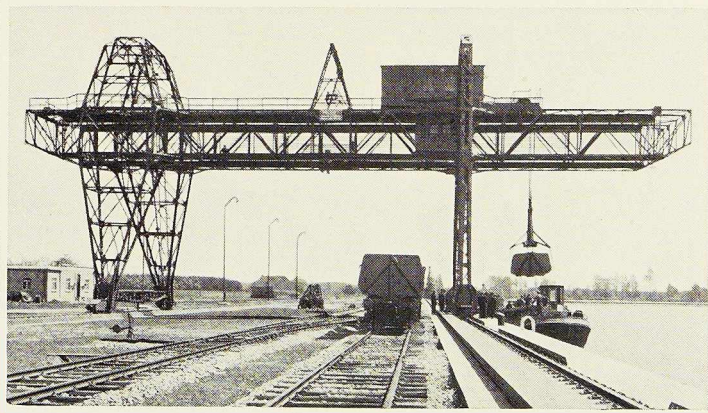
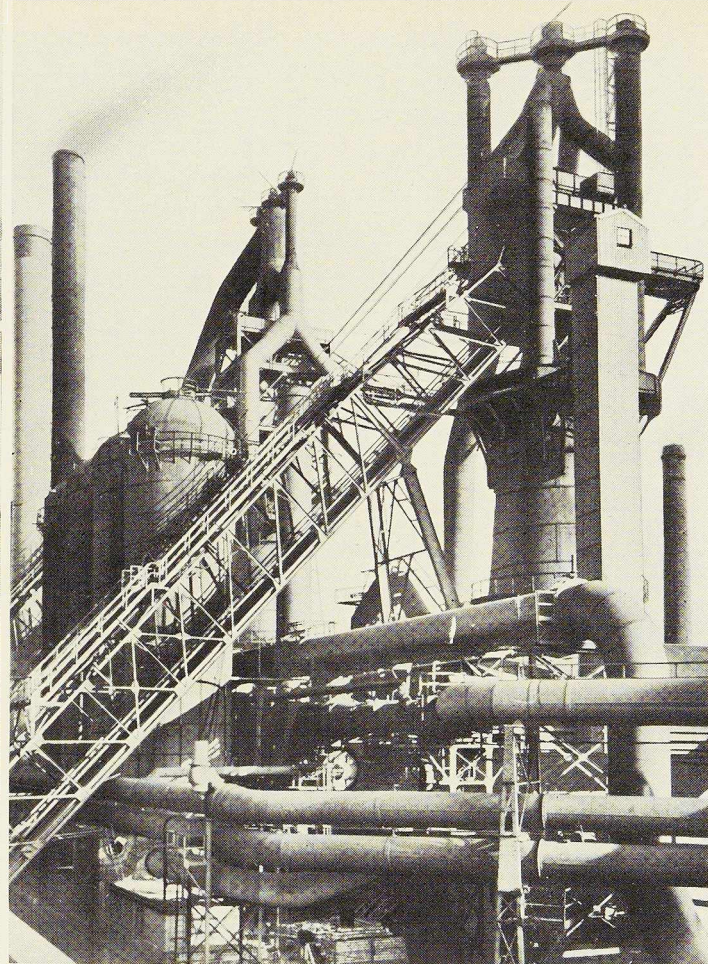
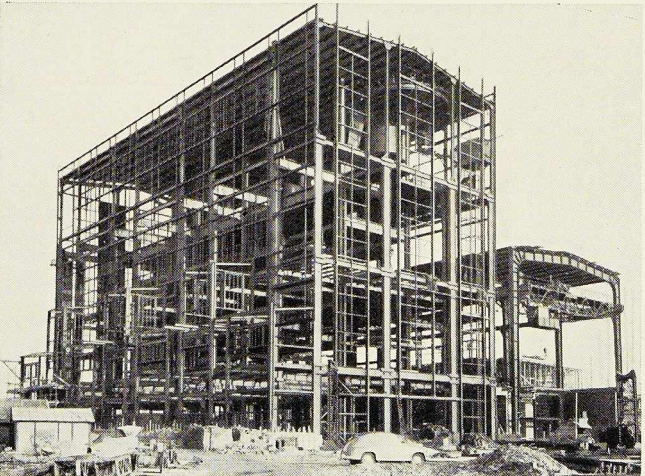
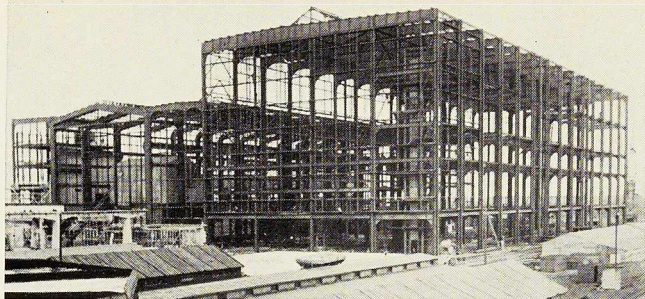


Agence de vente pour la Belgique et le Congo belge :

DAVUM S. A.

22, RUE DES TANNEURS, ANVERS

Téléphone : 32.99.17 (5 lignes) — Télégramme : Davumport



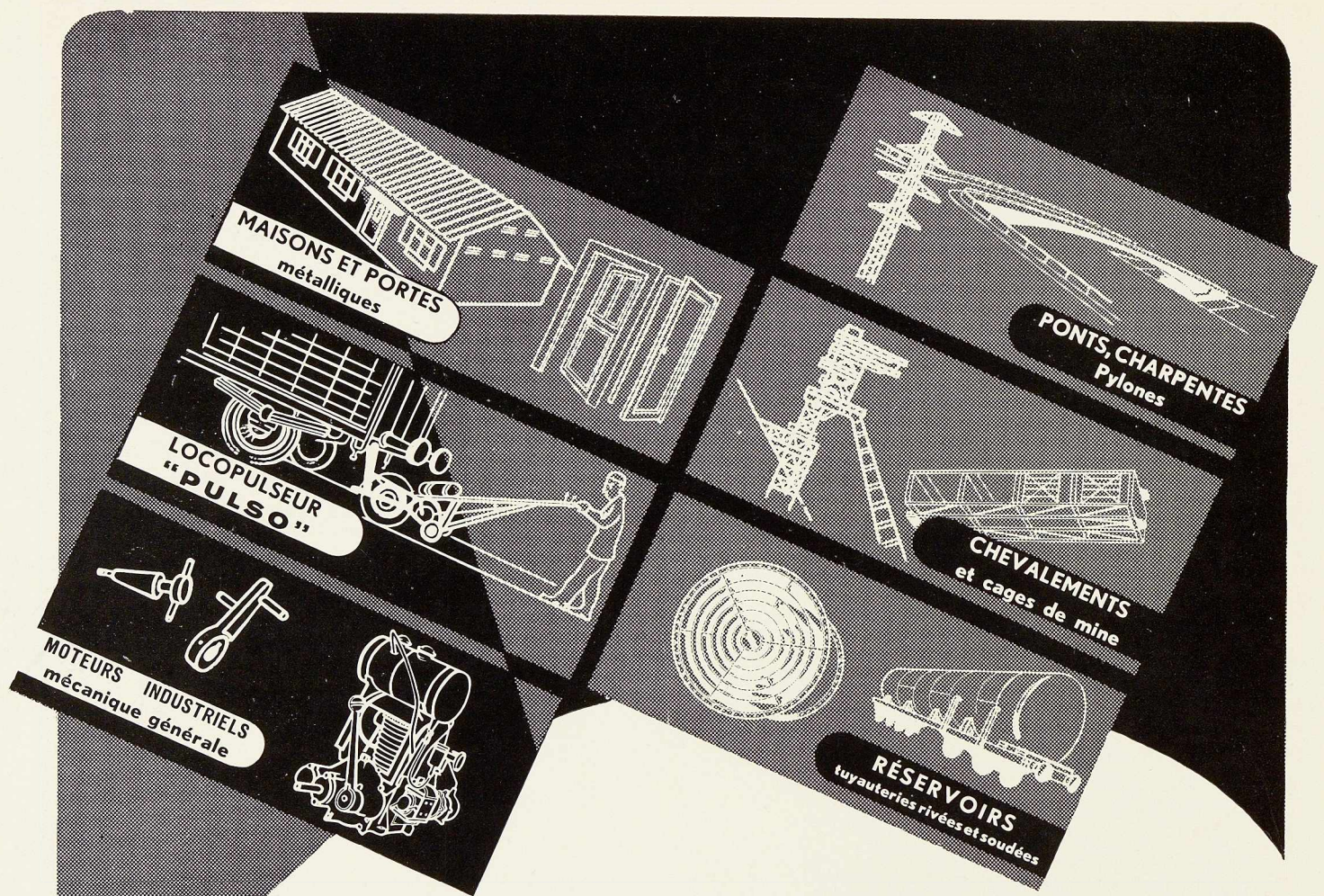
PONTS ET CHARPENTES •
APPAREILS DE LEVAGE ET DE
MANUTENTION ÉLECTRIQUES •
FONDERIE D'ACIER • ATELIERS
DE MÉCANIQUE GÉNÉRALE •
ENGRENAGES DROITS ET CONIQUES
À DENTURE TAILLÉE

TÉL. : 23.22-23.23-65.92 - ADR. TÉL. : PEWECO-LUXEMBOURG

INSTALLATIONS COMPLÈTES DE
HAUTS FOURNEAUX
À GRANDE PRODUCTION

APPAREILS ET MACHINES AUXILIAIRES

SOCIÉTÉ ANONYME DES
ANCIENS ÉTABLISSEMENTS PAUL WURTH
LUXEMBOURG
FONDÉE EN 1870



S. A. DES ATELIERS DE CONSTRUCTION DE

JAMBES

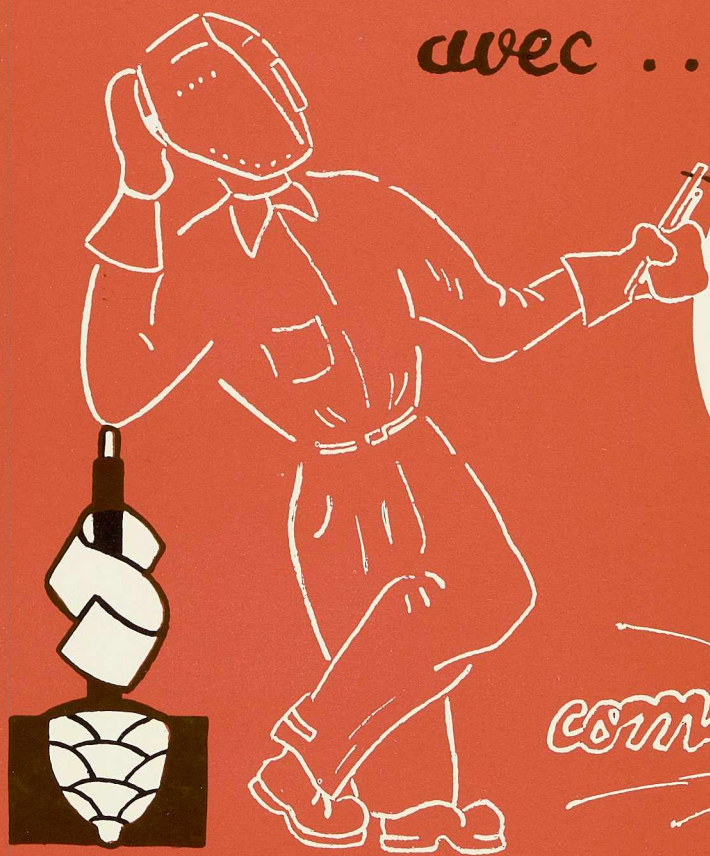
NAMUR

SIÈGE SOCIAL : JAMBES

Pourquoi encore gouger?

*Aucune préparation pour
l'exécution des reprises à l'envers.*

avec ... **L'ELECTRODE**
à forte
PENETRATION



comète rouge

SOUDOMETAL

Usine et bureaux : 83, Chaussée de Ruysbroeck — FOREST-BRUXELLES

Téléphones : 43.45.65 - 44.09.02 — S^c commandes : 43.99.34

Enfin
le
par le

Silence gougeage! OXYARC!

ARCOS



*préparation pour
les reprises à l'envers par
gougeage OXYARC*

ÉLECTRODE OXYCUTTEND 7.35 G

*Plus rapide, plus économique, main-d'œuvre
non qualifiée, beaucoup moins de fatigue,
rendement général amélioré*

Métaux - Profilés divers - Tôles

Poutrelles GREY et Normales

Ronds pour béton

Métal déployé

Fontes - Boulons - Rivets et Vis

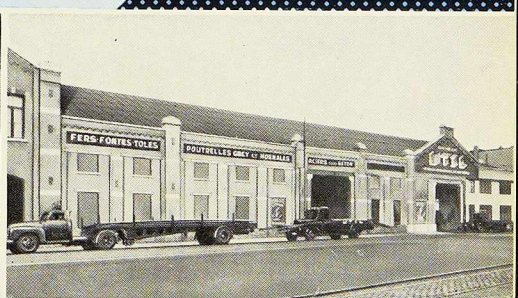
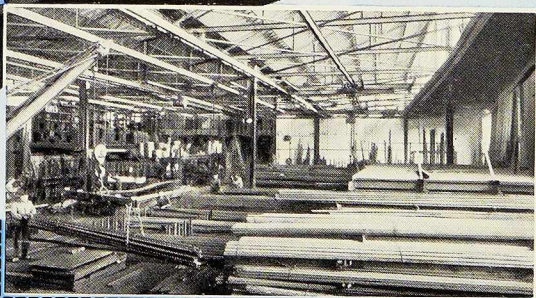
Profilé spécial en Aluminium à Vitrage sans mastic de Fabrication Belge

"HERCULES"

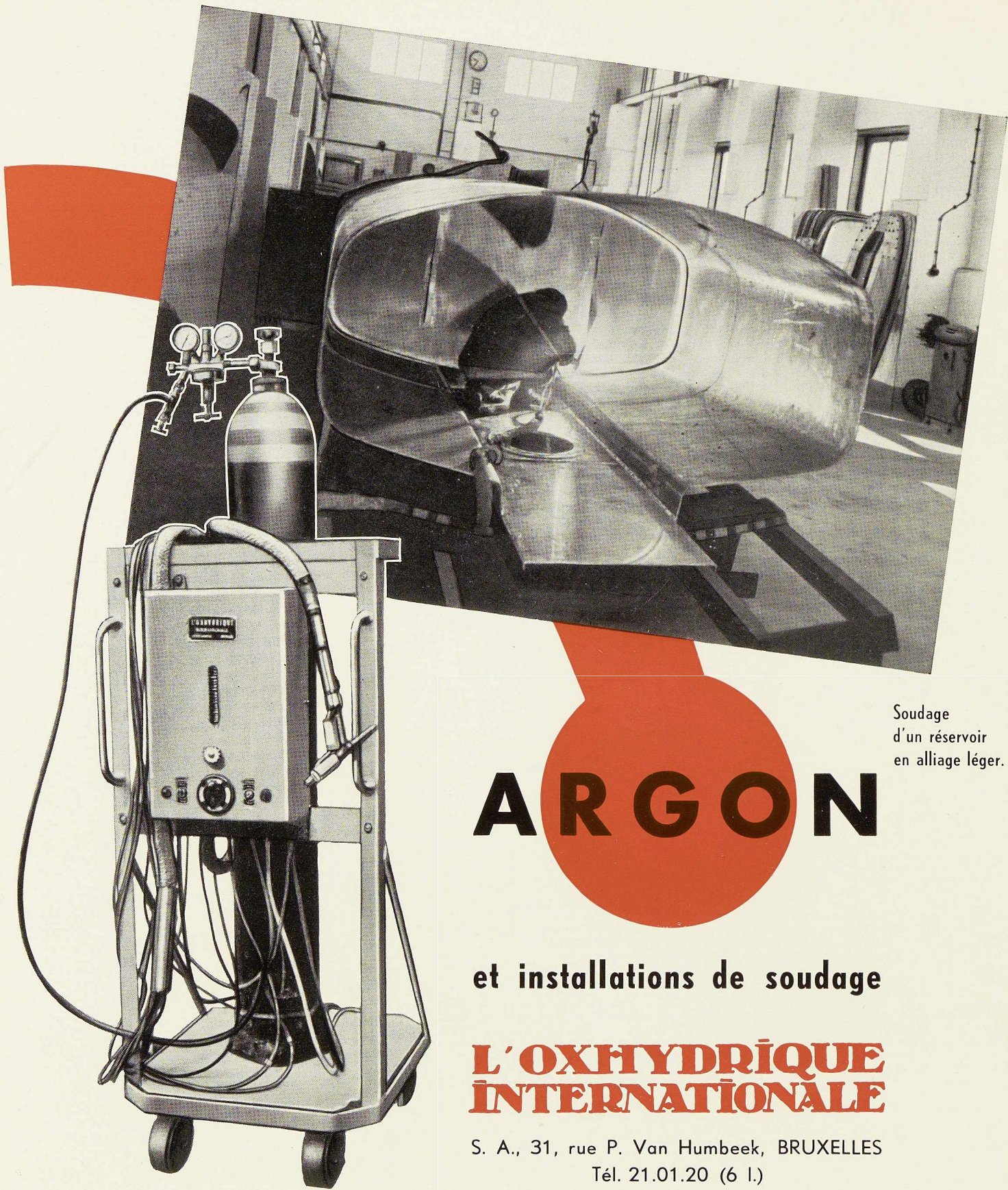
Marque Brevetée



LA BARRE LA PLUS ROBUSTE
Réalisation parfaite
Etanchéité absolue. Inaltérable
Plus de peinture. Plus d'entretien



S. P. R. L. MAISON FONDÉE EN 1807 - 404 A 414, AVENUE VAN VOLKEM - BRUXELLES - TEL. : 38.09.00.



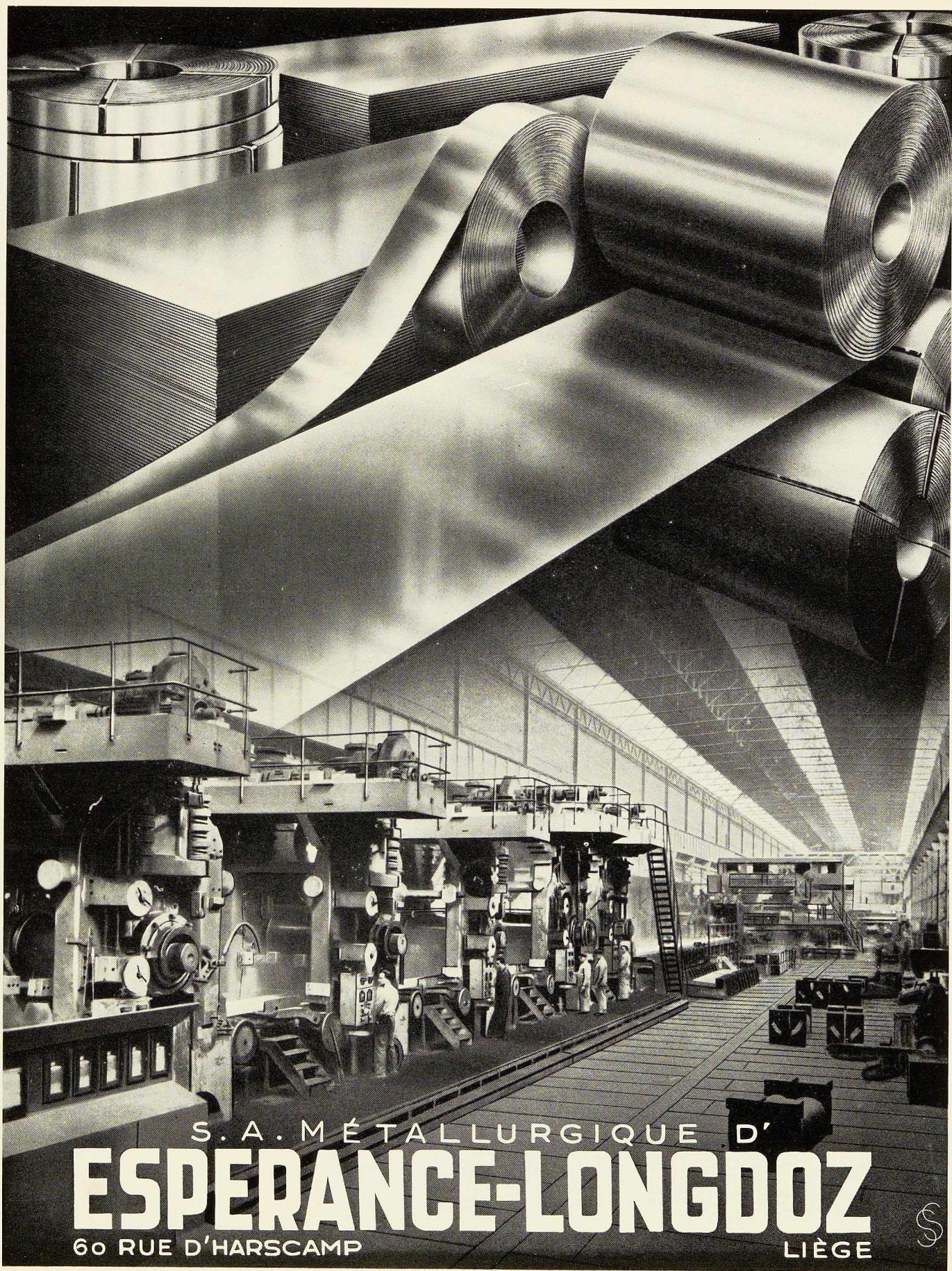
Soudage
d'un réservoir
en alliage léger.

ARGON

et installations de soudage

**L'OXHYDRIQUE
INTERNATIONALE**

S. A., 31, rue P. Van Humbeek, BRUXELLES
Tél. 21.01.20 (6 l.)



S. A. MÉTALLURGIQUE D'
ESPERANCE-LONGDOZ
60 RUE D'HARSCAMP LIÈGE



SOCIÉTÉ ANONYME

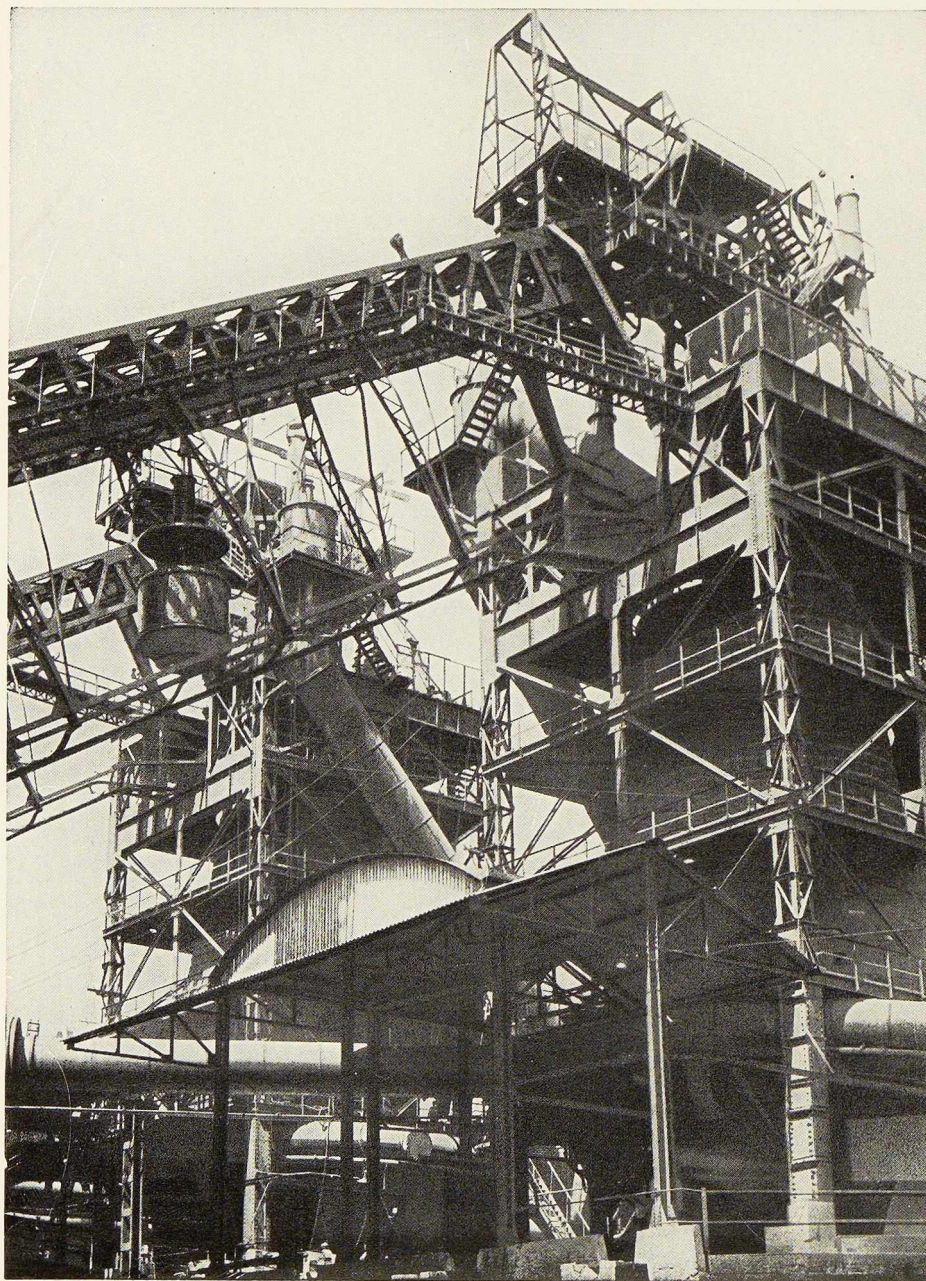
USINES GUSTAVE BOËL

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.

SOCIÉTÉ D'ÉTUDES

VERDEYEN



MOENAERT

INGÉNIEURS-CONSEILS A. I. Br.

CONSTRUCTIONS INDUSTRIELLES

GÉNIE CIVIL

MÉCANIQUE DU SOL

FONDATIONS

RUE GUIMARD, 15^A, BRUXELLES. TÉL. : 12.18.14 - 12.24.41

PUBLIGUY

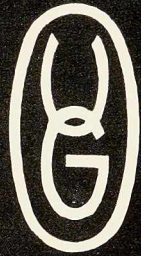
INGÉNIEURS, CONSTRUCTEURS
CHEFS DE BUREAU D'ÉTUDES



LONGTAIN EST LE
GRAND FOURNISSEUR
DE PROFILS LEGERS
POUR LES VOITURES
WAGONS, AUTOMOTRICES
ET CONTAINERS



§



Tous les aciers spéciaux de construction et d'outillages laminés ou forgés. Traitement thermique moderne.

Blocs pour matrices de forge, estampage et injection de plastiques. Lames de cisaille à chaud et à froid. Cylindres de laminoirs à chaud et à froid en acier spécial forgé et traité fournis sur demande avec tables et tourillons rectifiés.

RONDS RECTIFIÉS en toutes nuances de 5 à 115 mm de Ø. Barres livrées parfaitement polies dans les conditions de précision désirées par le client.

Fonderie de haute précision. **PRECIMETAL**

Toutes pièces petites et moyennes en acier de construction, en acier inoxydable, réfractaire, de coupe, etc. réalisées directement à des tolérances très faibles et dans des conditions de fini parfaites.

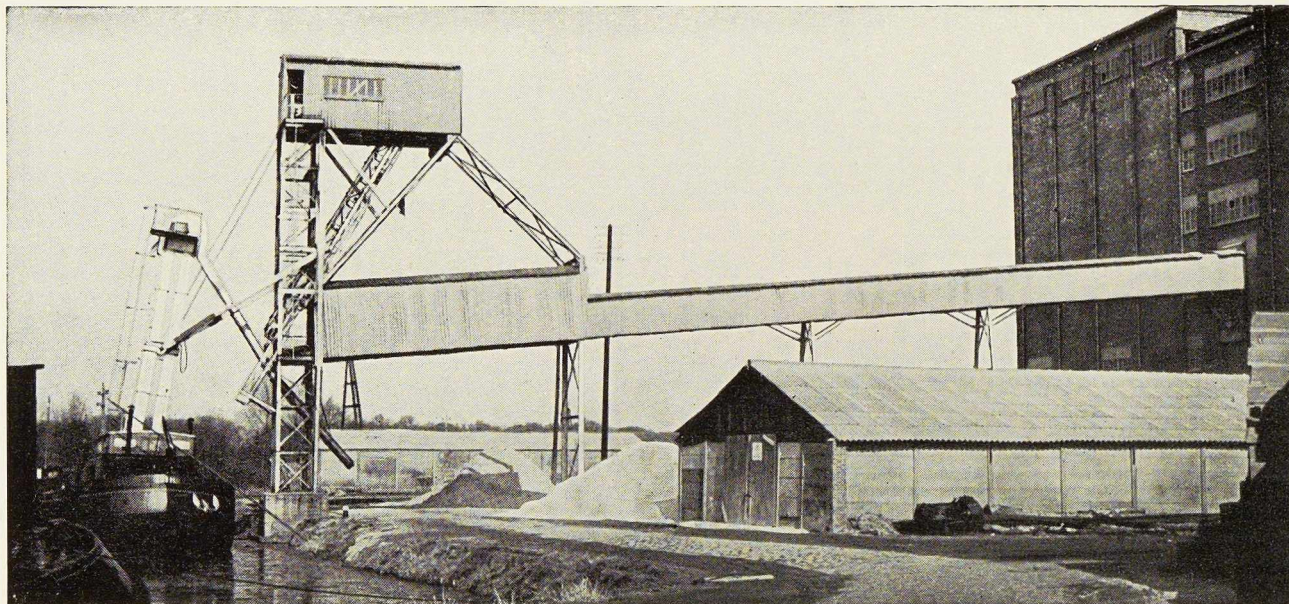
Boulonnerie de précision. Pièces tournées, décolletées, rectifiées. Traitement thermique Cémentation

DYNASTEEL

Outillages à main de haute qualité en acier au chrome-vanadium traité, marque DYNASTEEL.

S.A. DES USINES GILSON

LA CROYÈRE (BELGIQUE)



Installation mixte de déchargement de bateaux pour céréales, charbon, sacs, colis divers, etc.
A l'intérieur du bâtiment, installation complète de stockage et de reprise au stock.

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 adressée sur papier à firme



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

AGENT POUR LE CONGO : SOCIÉTÉ AFRICONGO, BOÎTE POSTALE 345, LÉOPOLDVILLE

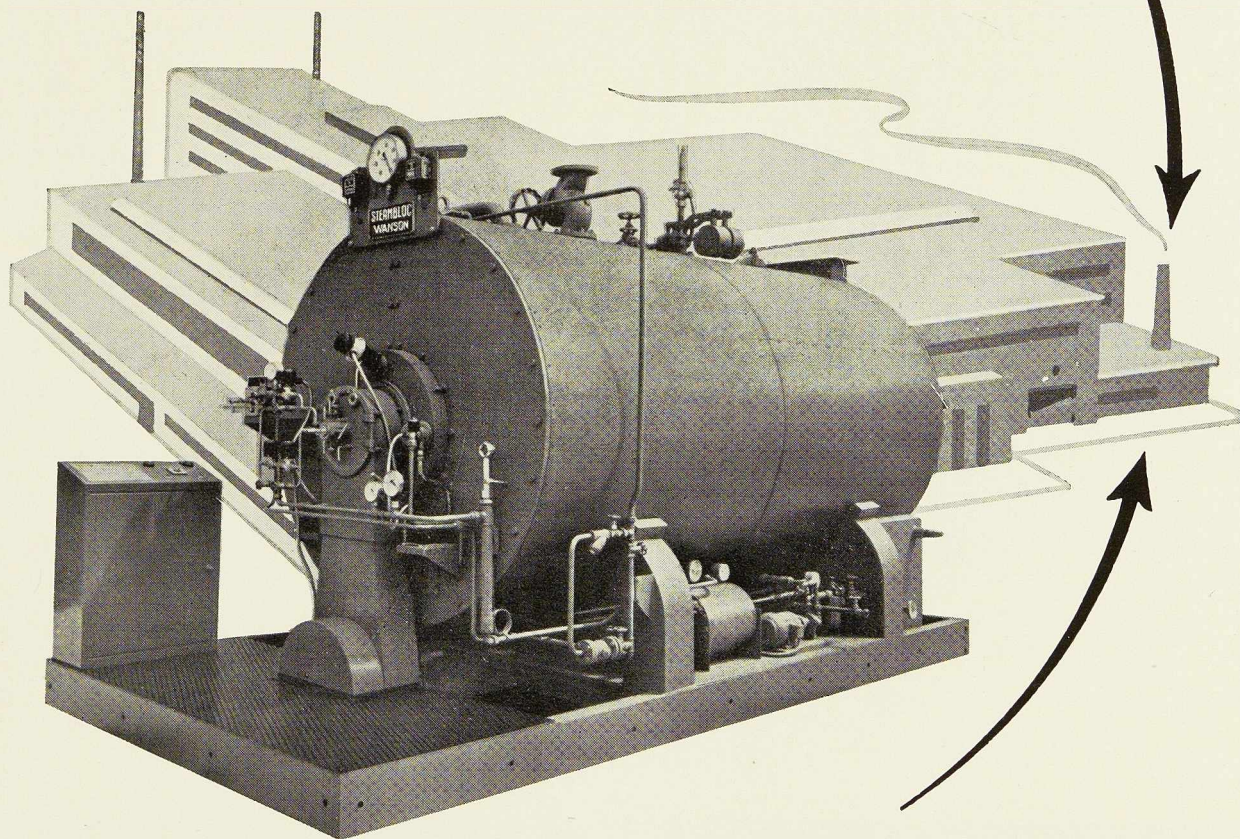
LIVRÉE

prête à fonctionner

LA **STEAMBLOC** PRODUIT DE LA
VAPEUR AUTOMATIQUEMENT ET ECONOMIQUEMENT.
UTILISE LES HUILES LOURDES OU LE CHARBON.
ATTEINT UN RENDEMENT ELEVE A TOUTES ALLURES.

C'EST LA CHAUDIÈRE DE LA PRODUCTIVITÉ

Documentation sur demande.



STEAMBLOC

ETABLISSEMENTS

Wanson S.A.

BOULEVARD DE LA WOLUWE, HAREN - BRUXELLES — TEL. 60.08.00 (8 lignes)

LES CRÉATIONS FRANCIS DELAMARE



TYPE BELVAL Z
PALPLANCHES ONDULÉES

PALPLANC

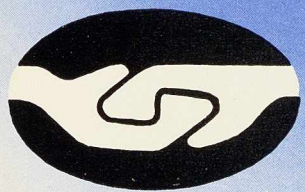
TYPE BELVAL P
PALPLANCHES PLATES

POUR TOUS RENSEIGNEMENTS S'ADRESSER A

POUR LA BELGIQUE ET LE CONGO BELGE:

LA BELGO-LUXEMBOURGEOISE

BRUXELLES • 11, QUAI DU COMMERCE



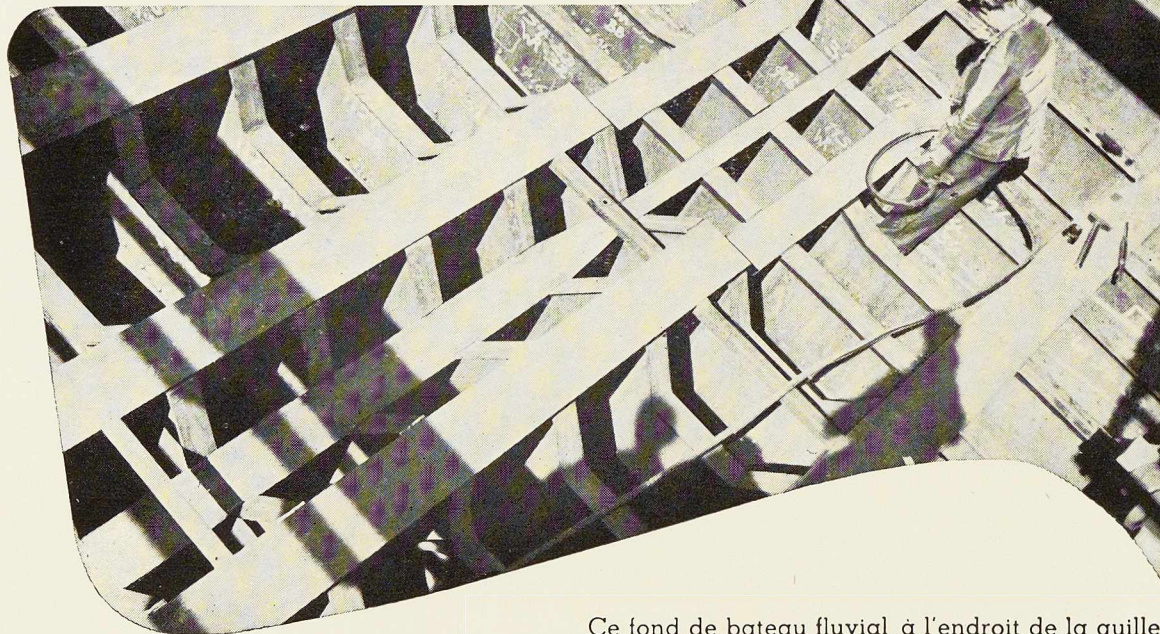
CHES ARBED-BELVAL



COLUMETA

COMPTOIR MÉTALLURGIQUE LUXEMBOURGEOIS • S. A. • LUXEMBOURG

SOUDURE EN CONSTRUCTION NAVALE



Ce fond de bateau fluvial à l'endroit de la quille a été entièrement soudé au moyen des électrodes PHILIPS 50 pour les joints horizontaux et PHILIPS 28 pour les joints verticaux. L'emploi de ces électrodes assure à l'assemblage une parfaite résistance aux vibrations et l'élasticité requise

La légèreté qui résulte de l'emploi de la soudure à l'arc a permis de réaliser une économie supérieure à 15% dans le prix de revient.

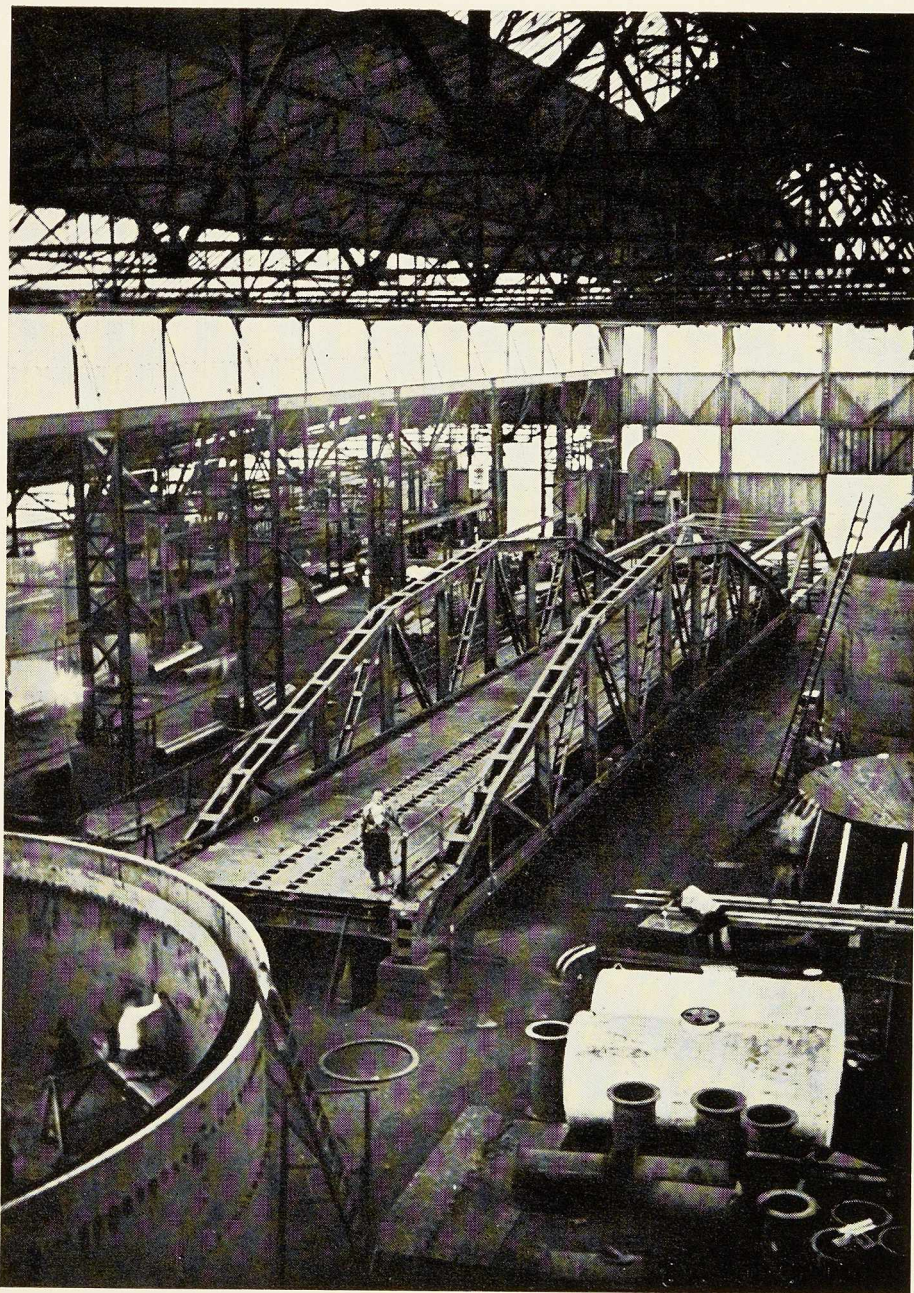
ELECTRODES POUR TOUS TRAVAUX

PHILIPS

DIVISION TECHNIQUE ET INDUSTRIELLE

S. A. 37-39, rue d'Anderlecht, Bruxelles Tél. 12.31.40 (20 lignes)





Pont-route avec bec de lancement.

PONTS

CHARPENTES

CHAUDRONNERIE

TANKS

MATÉRIEL POUR HUILIERIES

USINES À CAOUTCHOUC

SÉCHOIRS À CAFÉ

TÔLES GALVANISÉES

ARTICLES DE MENAGE

CHÂSSIS MÉTALLIQUES

ATELIERS DE

BOUCHOUT & THIRION RÉUNIS S. A.

CHAUSSÉE DE VLEURGAT, 249, À BRUXELLES

USINE A VILVORDE

192, CHAUSSÉE DE LOUVAIN, VILVORDE

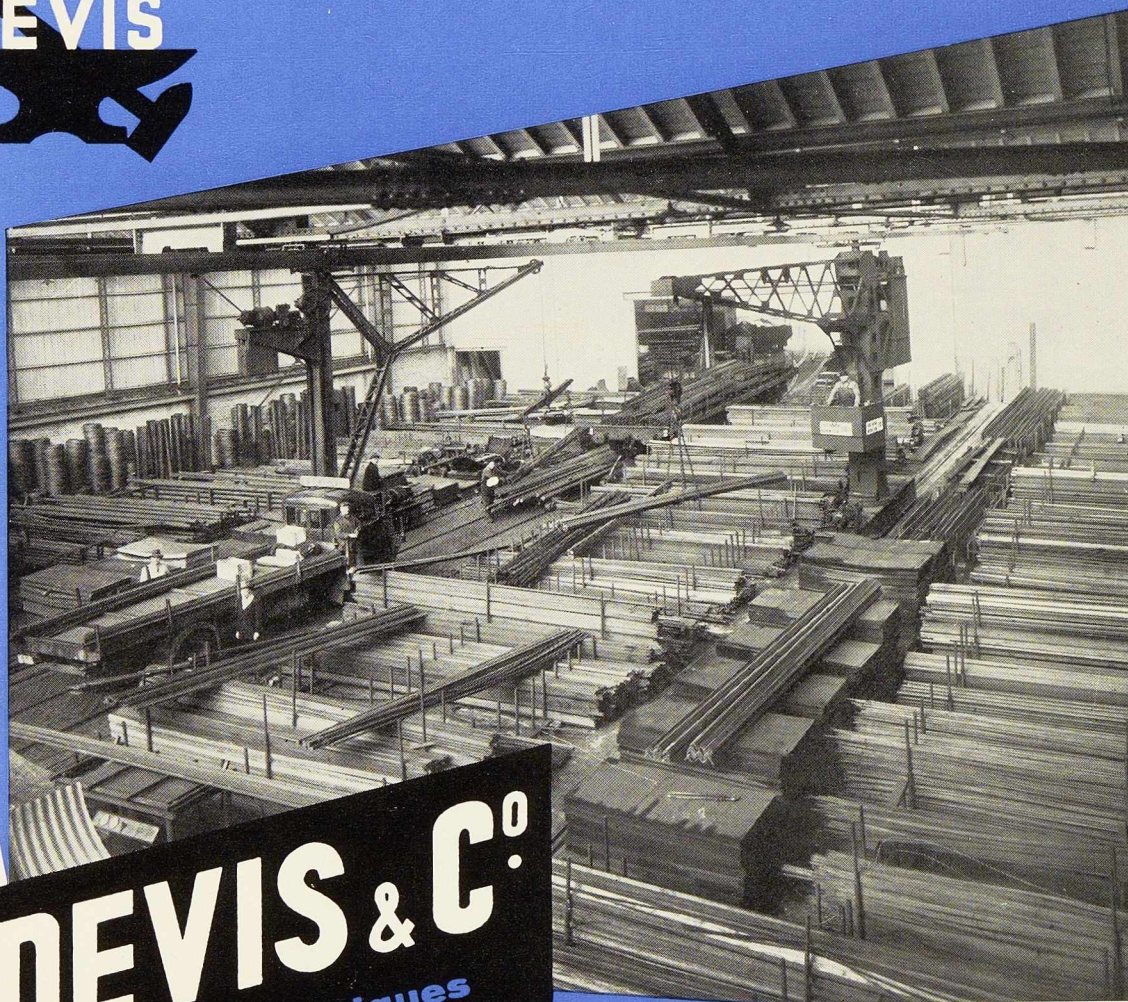
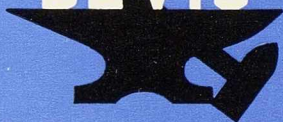
Téléphone : Bruxelles 15.20.96, Vilvorde 51.00.36

USINE A BOECHOUT

27, HEUVELSTRAAT, BOECHOUT-LEZ-ANVERS

Téléphone : Anvers 81.27.99

DEVIS



A. DEVIS & C^o

Produits métallurgiques

ACIERS MARCHANDS • TOLES • BOULONS

43, RUE MASUI • BRUXELLES • TÉL. : 16.20.20 (20 lign.)

ACIERS SPÉCIAUX • OUTILS

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

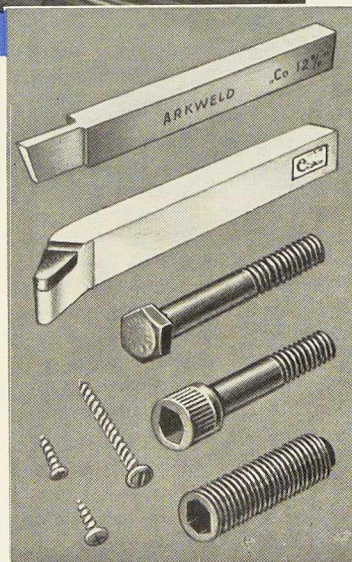
POUTRELLES • FERS U • RONDS A BETON

296, RUE ST-DENIS, FOREST-MIDI • Tél. : 43.50.70 (6 l.)

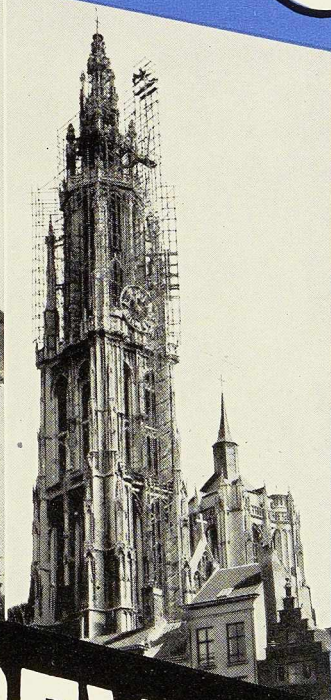
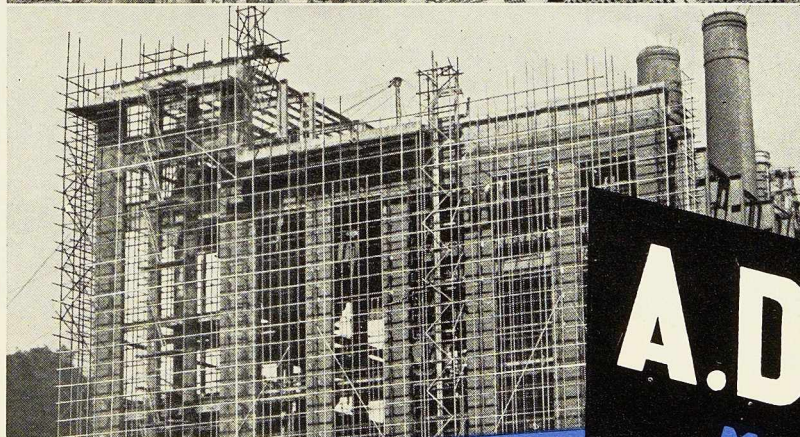
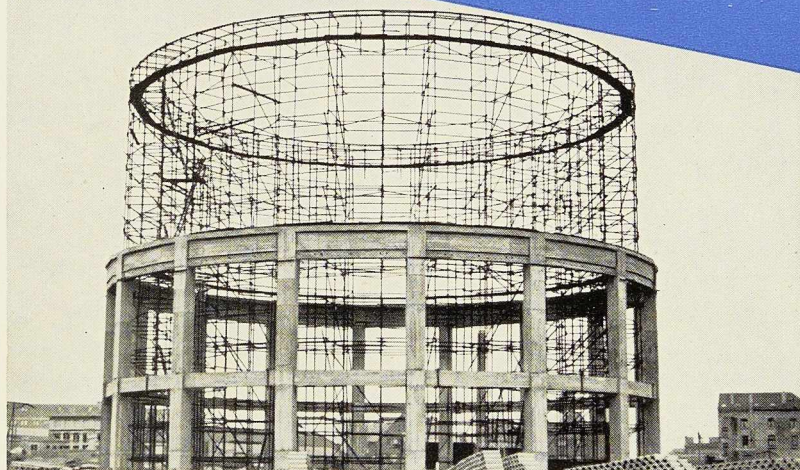
STOCKS IMPORTANTS • FOURNITURES RAPIDES

Outils
JESSOP - SAVILLE

Toutes
les spécialités en
boulonnerie et
visserie.



LES CRÉATIONS FRANCIS DELAMARE



A.DEVIS & C^o

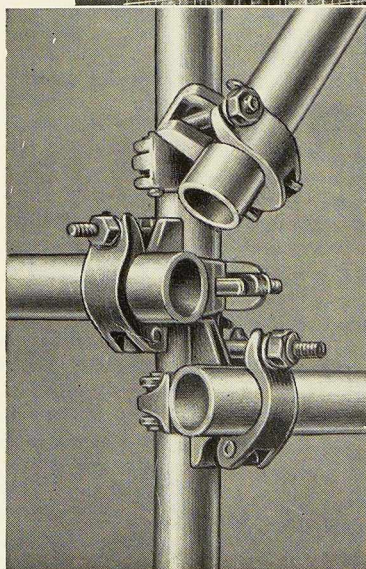
Matériel tubulaire

pour échafaudages, tours fixes et mobiles, soutiens de coffrage, monte-charges, casiers de stockage, hangars démontables, tribunes.

158, R. ST-DENIS, FOREST-MIDI • Tél.: 43.15.05 - 43.75.77

Les nombreux avantages du matériel tubulaire sont développés dans un album, qui vous sera envoyé sur demande.

ÉTUDES ET DEVIS GRATUITS SUR DEMANDE



LES CRÉATIONS FRANCIS DELAMARE

PROFILS LAMINÉS TOUTES SECTIONS



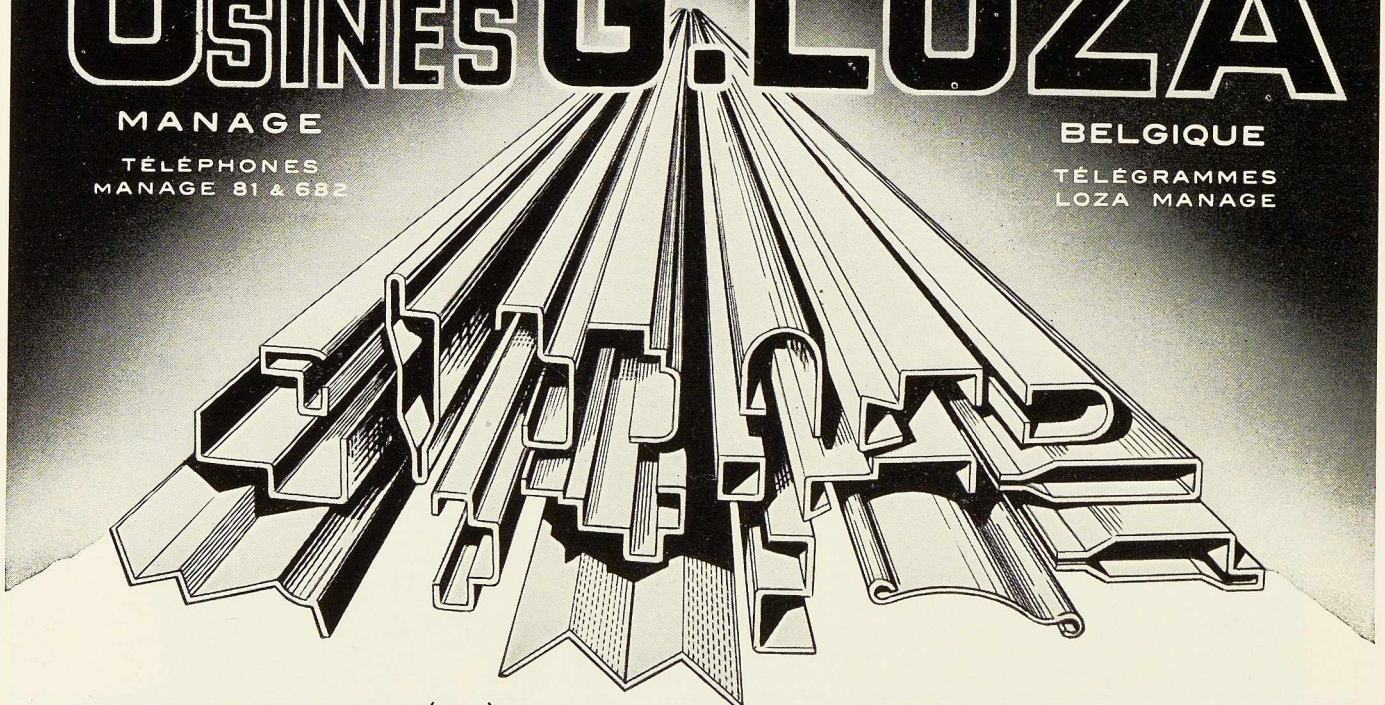
USINES G. LOZA

MANAGE

TÉLÉPHONES
MANAGE 81 & 682

BELGIQUE

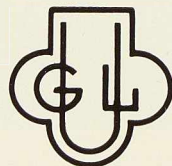
TÉLÉGRAMMES
LOZA MANAGE



PALPLANCHES LÉGÈRES
BREVETÉES

"LOZAQUI"

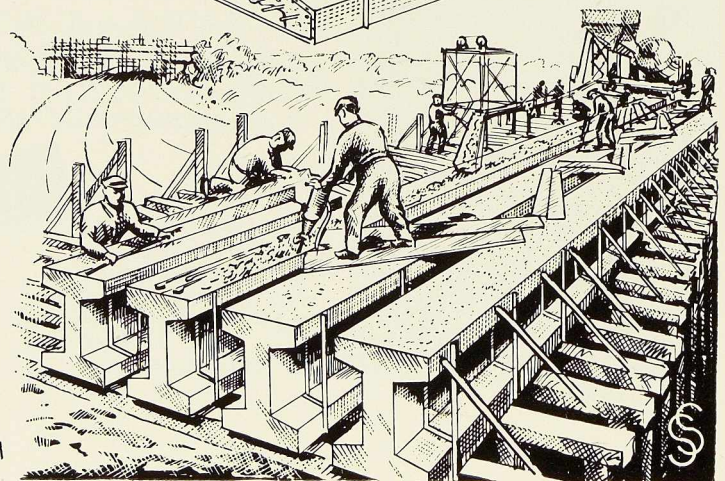
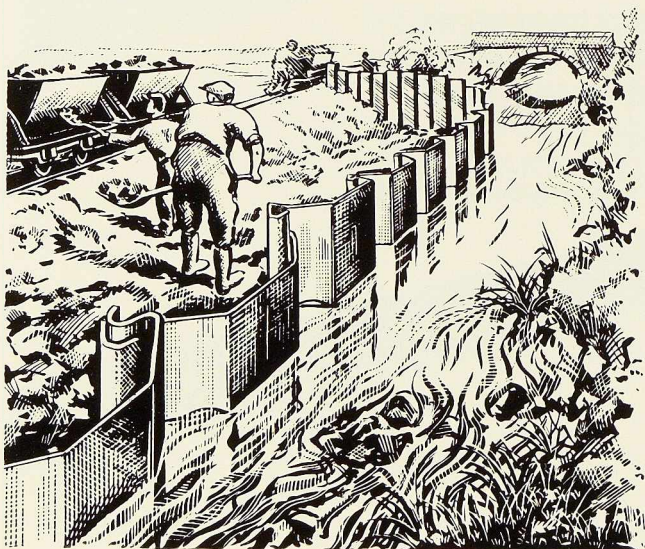
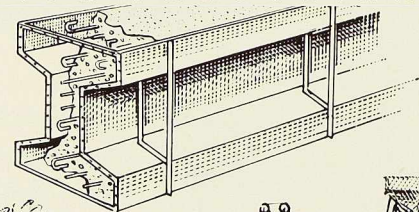
POUR TRAVAUX DROITS ET COURBES

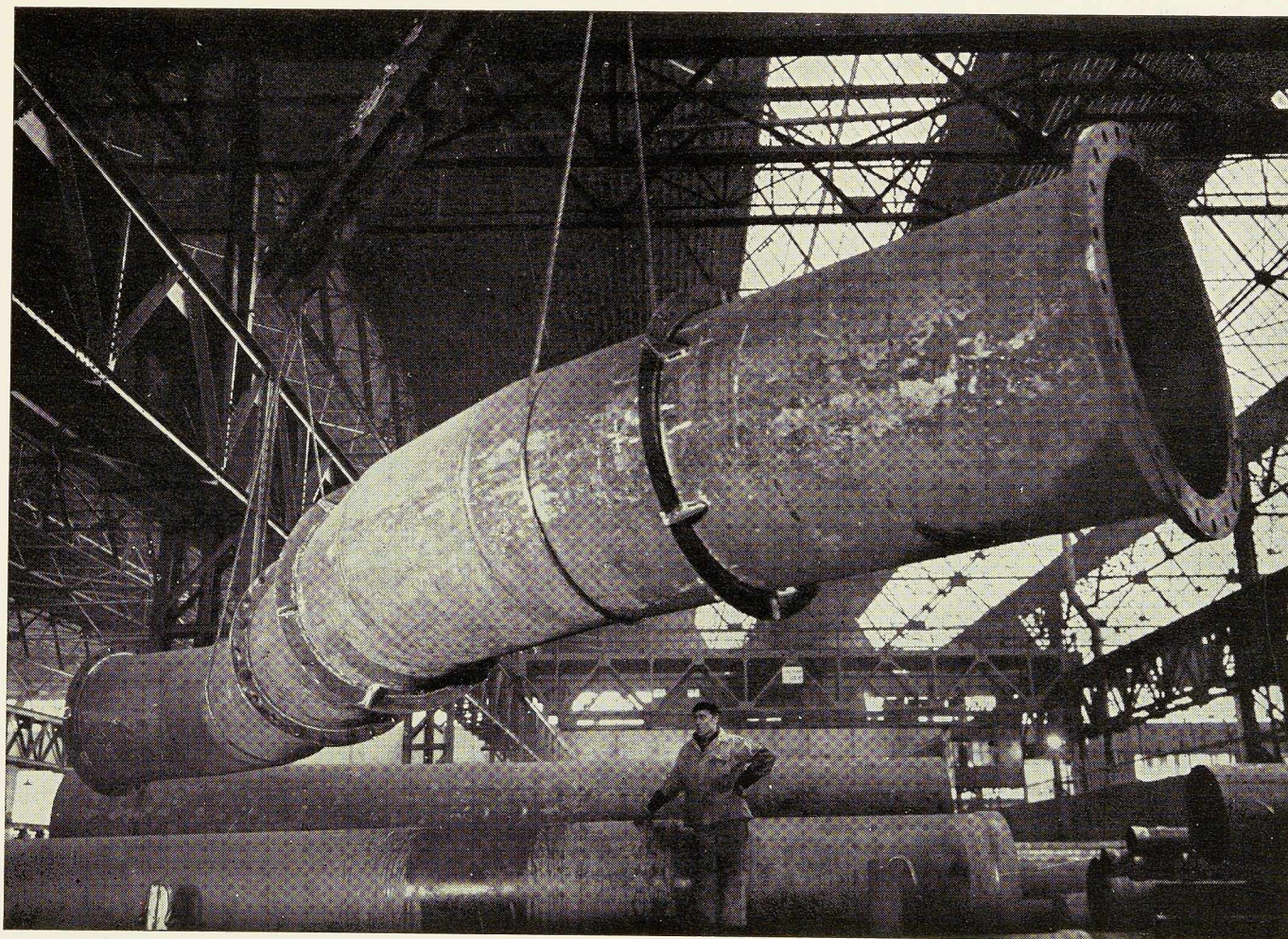


COFFRAGE MÉTALLIQUE

POUR

BÉTON PRÉCONTRAIT





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)



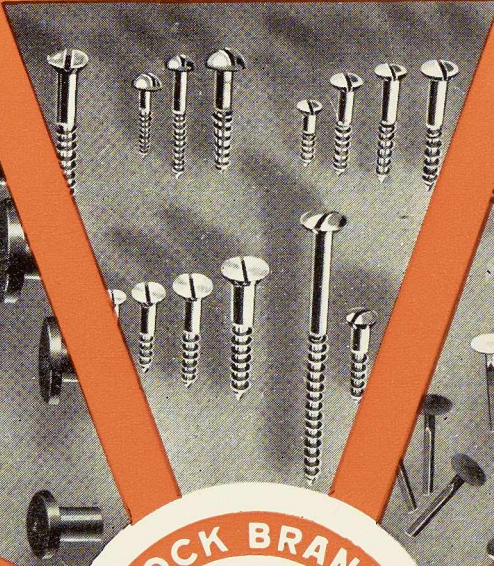
SAMBRE-ESCAUT

HEMIKSEM-BELGIUM

RIVETS



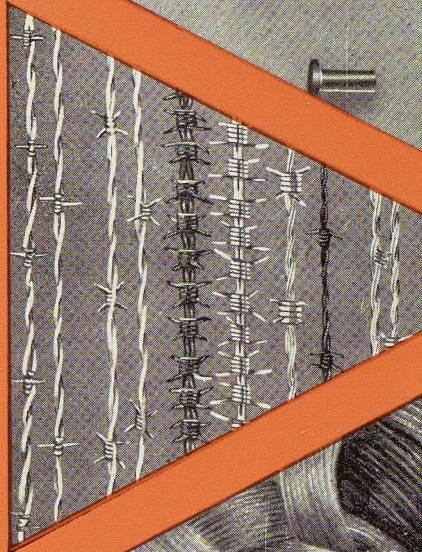
SCREWS



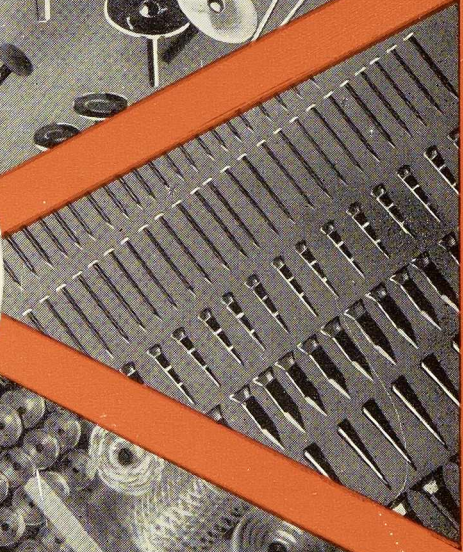
NAILS



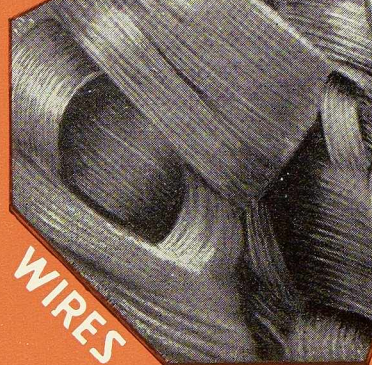
BARBED WIRE



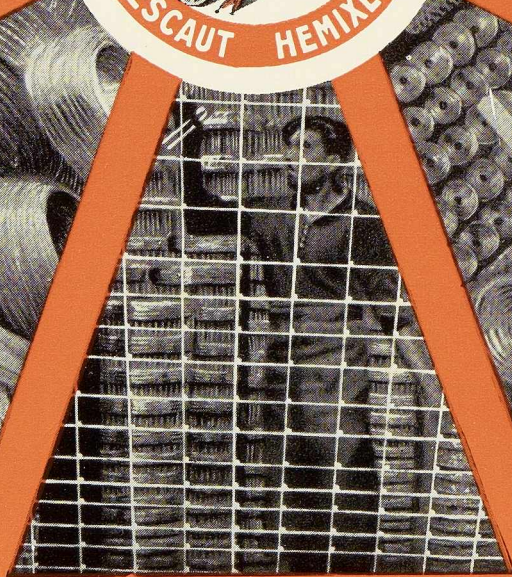
TACKS & HOBBS



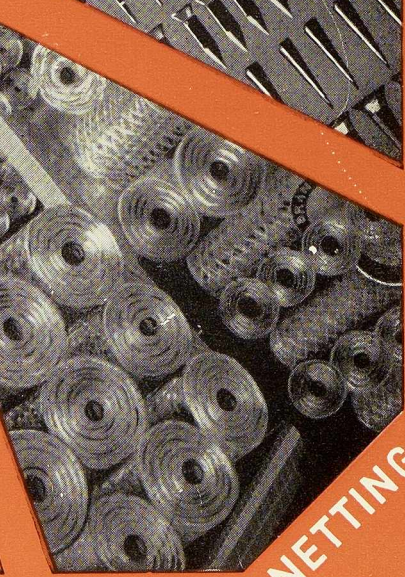
WIRES



WIRE FENCING



NETTING



L'OSSATURE MÉTALLIQUE

REVUE MENSUELLE DES APPLICATIONS DE L'ACIER

18^e ANNÉE - N° 1

JANVIER 1953

4^e Congrès de l'A. I. P. C.

Constructions métalliques Questions fondamentales

Rapport général (1)

H. Louis,

Inspecteur Général
des Ponts et Chaussées

Introduction

Le Congrès de 1948 a traité de l'état actuel de la soudure en comprenant les caractéristiques des matériaux, les applications, les questions d'exécution et les règles pratiques de dimensionnement.

Au cours des discussions, il est apparu que la qualité de l'acier jouait dans la construction soudée un rôle dont l'incidence sur le comportement des ouvrages était diversement apprécié.

Il était justifié dès lors que le Congrès de l'Association Internationale des Ponts et Charpentes (A. I. P. C.), qui s'est tenu à Cambridge en août 1952, considère à nouveau la question des matériaux et le développement de la soudure.

1 a) Aciers de qualité

Malgré l'intérêt de cette question, aucune publication n'a été présentée.

Il semble que le problème de l'acier ne se pose pas en construction rivée pour laquelle l'utilisation de l'acier doux ordinaire ou des aciers mi-durs à haute limite élastique ne soulève pas de problèmes particuliers. Il convient peut-être d'attirer l'attention sur l'intérêt d'une meilleure connaissance des caractéristiques mécaniques des aciers courants utilisés aussi bien en construction rivée qu'en construction soudée, afin d'en tirer parti en vue d'un relèvement des tensions admissibles.

La plupart des règlements modernes imposent

que la tension admissible soit une fraction de la limite apparente d'élasticité. Cette limite d'élasticité est variable non seulement pour des nuances différentes, mais dans une même nuance elle varie d'une manière relativement importante avec l'épaisseur des produits mis en œuvre.

Dans la construction rivée où ces épaisseurs sont relativement faibles, la limite élastique a une valeur souvent plus élevée que celle indiquée dans les normes et qui se trouve à la base des calculs. Il semble possible qu'une étude statistique, dont l'interprétation serait faite en connaissance des théories nouvelles développées sur la sécurité lors du Congrès de 1948, permettrait un relèvement des taux de travail, relèvement variable certainement suivant l'épaisseur des produits.

Le progrès de la construction soudée dépend non seulement d'une meilleure connaissance des qualités de l'acier, mais surtout de la connaissance du rôle réel que l'acier joue dans le comportement des ouvrages.

L'accent reste toujours mis sur la susceptibilité des aciers à la rupture fragile. Dans tous les pays, des études nouvelles voient le jour, elles consistent à rechercher une éprouvette et un essai économiques faisant le mieux apparaître la susceptibilité des aciers aux ruptures fragiles.

Les éprouvettes proposées ont comme trait commun l'existence d'une entaille (de forme et d'acuité variables), mais les essais se différencient par la nature de la sollicitation : traction ou flexion, statique ou par choc. La température de l'essai est considérée comme l'un des éléments d'appréciation les plus importants et l'on fait appel à la notion de courbe de transition qui

(1) Extrait de la Publication Préliminaire du 4^e Congrès de l'A. I. P. C., publié à la demande de *L'Ossature Métallique*, avec l'aimable autorisation du Dr F. Stüssi, Président de l'Association.



donne en fonction de la température, la valeur de la caractéristique de l'essai lui-même (allongement ou striction, flèche, travail absorbé rapporté à la section avant rupture). L'acier est caractérisé par la température pour laquelle la rupture cesse d'être une rupture par glissement pour devenir une rupture fragile.

Ces essais diffèrent intrinsèquement par la nature de la sollicitation mais quelle que soit celle-ci, les ruptures fragiles n'apparaissent que pour un état de tension donné qui résulte de la présence de l'entaille.

Il est évident que la qualité de l'acier joue un rôle important, mais l'avenir de la construction par soudure nous paraît compromis si l'acier doit satisfaire aux essais les plus sévères destinés à mettre en évidence la susceptibilité aux ruptures fragiles.

Cet avenir est, quoi que l'on fasse, intimement lié non seulement à la qualité, mais au coût de la réalisation et il est bien connu que le prix d'un acier « réputé » être à l'abri d'une rupture brusque rend illusoire toute tentative de concurrencer par un ouvrage soudé d'autres procédés de construction éprouvés ou nouveaux.

Nous nous excusons de cette considération peu technique, mais l'ingénieur ne construit pas seulement pour l'art; bien souvent le facteur économique conditionne ses réalisations. L'essor de la construction soudée n'est possible qu'à la condition de pouvoir mettre en œuvre un acier soigneusement élaboré, mais de fabrication courante. Nous reprenons en cela les conclusions du Congrès de 1948, mais force est de constater que depuis cette date peu de progrès ont été faits.

La tendance n'est guère moins forte de considérer la soudabilité de l'acier à peu près du seul point de vue métallurgique. Nous persistons cependant à croire que le facteur « matériau » ne doit s'envisager qu'en liaison étroite avec la conception et l'exécution, celles-ci nous paraissant jouer le rôle le plus important.

Il va sans dire que toute amélioration de la qualité des aciers courants sera un facteur de progrès et l'on peut se réjouir des études d'ordre métallurgique entreprises dans ce but, simultanément par plusieurs pays.

Les ingénieurs qui ont la charge de concevoir et d'exécuter d'importants ouvrages soudés souhaitent notamment être informés au plus tôt des progrès réalisés dans l'élaboration des aciers à bas azote.

Il est raisonnable de supposer que l'emploi d'aciers à haute résistance (limite élastique variant de 36 à 45 kg/mm²) se généralisera; l'utilisation de ces aciers est cependant entravée parce que la soudure nécessite certaines précautions de

caractère métallurgique. A ce point de vue, une collaboration entre les sidérurgistes et les constructeurs serait fructueuse, les premiers étudiant eux-mêmes le problème, dont les répercussions sur l'élaboration de l'acier sont probables, et faisant connaître aux utilisateurs les conditions opératoires de soudure qui permettent d'éviter les fissurations attribuées le plus souvent à la vitesse de refroidissement: choix du diamètre de l'électrode, vitesse de soudage, traitement de préchauffage et de post-chauffage, etc.; ces conditions sont certainement différentes suivant les épaisseurs à mettre en œuvre.

L'attention particulière des sidérurgistes devrait se porter sur la question du feuilletage, notamment dans les aciers réputés être les plus soudables et qui sont généralement calmés à l'aluminium.

Indépendamment des précautions d'ordre métallurgique, applicables surtout aux aciers demi-durs, le développement de la construction soudée ne s'avérera réel que si l'on prend conscience enfin que l'état de tension de certaines parties d'un ouvrage ou de l'ouvrage tout entier, se trouve à l'origine de la plupart des ruptures spectaculaires constatées dans le passé.

Un acier soigneusement élaboré, de fabrication courante, est soudable s'il est mis en œuvre dans une construction bien conçue et bien exécutée. Toutefois, si pour des raisons impossibles à éviter, certaines parties d'un ouvrage sont le siège de tensions de soudage élevées, ou sont sollicitées par traction alors qu'elles conditionnent la sécurité même de l'ensemble (tirant d'un arc), il se justifie de les réaliser en un acier satisfaisant aux meilleurs critères connus en matière de susceptibilité à la rupture fragile.

D'une manière plus générale, il nous paraît encore justifié, et même à conseiller, de mettre en œuvre dans une construction des aciers de qualité différente, leur choix tenant compte de la nature de la sollicitation, du rôle joué par les éléments constitutifs en fonction de la sécurité d'ensemble, des difficultés d'exécution par soudure (joints à retraits empêchés). Dans ce cas, une attention particulière se portera sur les caractéristiques des métaux d'apport nécessaires à la soudure, entre eux, des divers aciers.

1 b) Métaux légers

Aucune communication n'a été présentée sur cette question. Cependant, les ingénieurs ne peuvent sous-estimer l'intérêt des constructions en métaux légers, surtout lorsqu'un gain sur le poids propre peut entraîner des conséquences favorables importantes, tels les ouvrages mobiles.



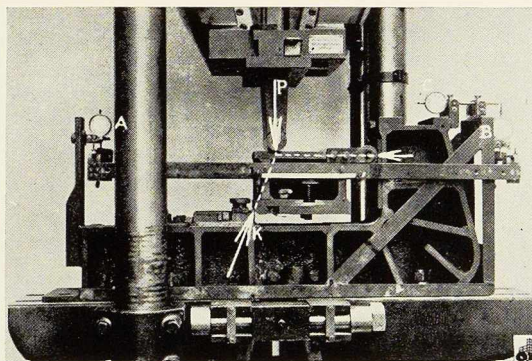
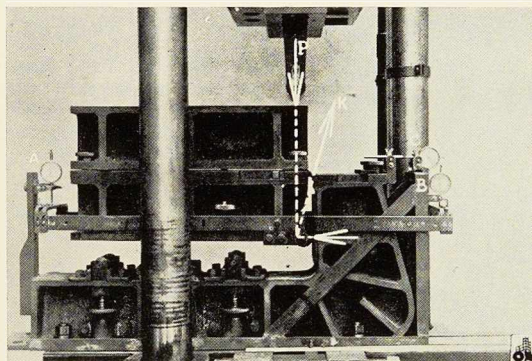


Fig. 2 et 3. Résistance des cordons d'angle frontaux. Deux phases d'essais effectués à l'aide d'une machine de pulsations par le professeur Brandsma à Delf.

Documents extraits du rapport de M. W. J. Van der Eb.

Leur attention devrait être d'autant plus en éveil que les propriétés métallurgiques et mécaniques de l'aluminium et de ses alliages sont maintenant bien connues et que leur soudage dans une atmosphère de gaz inerte a fait des progrès considérables permettant des solutions économiques et de grande sécurité.

2. La soudure et les assemblages soudés

Quatre communications très intéressantes ont été présentées; nous les passerons successivement en revue.

1. Le mémoire de M. l'Ingénieur W. J. Van der Eb est relatif à la résistance des cordons d'angle frontaux. L'auteur détermine expérimentalement la résistance à la rupture statique de cordons d'angle frontaux isolés, soumis à diverses sollicitations : traction et cisaillement, compression et cisaillement.

Le rapport de la tension de rupture au cisaillement simple à la tension de rupture en traction simple est de 0,805. Cette valeur incite l'auteur à interpréter ses essais en utilisant comme critère de la résistance des cordons la valeur de la plus grande dilatation principale positive (hypothèse de Poncelet-Mariotte-de Saint Venant).

L'étude du cordon frontal isolé est complétée par des essais sur des assemblages à recouvrement ou en croix réalisés par quatre cordons frontaux bruts ou parachèvés. La tension de rupture rapportée à la section de gorge est notablement plus élevée pour les cordons parachèvés que pour les cordons bruts, le parachèvement ayant eu pour effet de réduire la section de gorge. Cette différence de résistance est aussi interprétée en faisant appel au critère de rupture de Poncelet.

Dans une troisième série d'essais, M. Van der Eb détermine à nouveau la résistance spécifique du cordon frontal isolé, mais en considérant des épaisseurs de gorge variables. Ces derniers essais confirment à la fois la diminution de la tension de rupture lorsque la dimension du cordon augmente et la valeur élevée du rapport

$$\frac{\text{tension de rupture au cisaillement simple}}{\text{tension de rupture à la traction simple}}$$

La loi de variation de la tension de rupture en fonction de l'épaisseur de la dimension du cordon est pratiquement linéaire dans la gamme des dimensions étudiées.

Cette étude est extrêmement intéressante; elle vient à son heure, car elle est relative à une question encore controversée et qui embarrasse les ingénieurs.

Il n'est peut-être pas inutile de rappeler que des essais quasi identiques ont été faits par le Professeur Jenssen (Etats-Unis). Ces essais étaient moins nombreux que ceux de M. Van der Eb et la sollicitation par compression n'était pas envisagée.

Dans un projet de la norme hollandaise relative aux ponts soudés, établi en 1940, le Professeur Kist explique ces résultats en faisant appel au critère de rupture de von Mises-Huber-Hencky.

Dans son ouvrage *Le calcul des constructions soudées*, le Professeur belge Van de Perre admet que pour les cordons soumis à une sollicitation transversale quelconque, le champ des tensions admissibles est limité par un hexagone. Cette hypothèse a été discutée il y a quelques mois par la Commission de Soudure de l'Institut belge de Normalisation qui a fait procéder à quelques

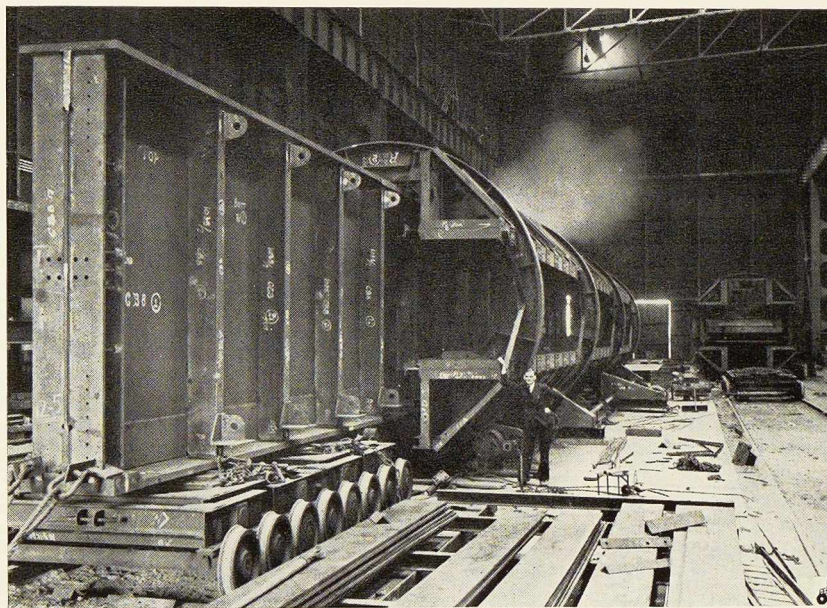


Fig. 4. Soudure sur gabarit rotatif d'une importante poutre soudée en I, servant de chemin de roulement dans une aciérie britannique (voir fig. 5 aussi).

Documents extraits du rapport de M. E. Ibbotson.

essais complémentaires. Ces essais semblent avoir confirmé l'hypothèse de M. Van de Perre pour les cordons de faibles dimensions, tandis que pour les cordons épais le champ des tensions admissibles paraît devoir être limité par un carré. Ce dernier cas s'explique le mieux par le critère de la plus grande tension positive (Rankine).

C'est également ce que proposait l'Instruction de 1934 du Ministère des Travaux publics de France, mais en 1946 une nouvelle Instruction abandonne cette hypothèse et signale que la « jurisprudence » s'est établie de vérifier les cordons sollicités par traction (ou compression) et cisaillement en envisageant simultanément les hypothèses de rupture de Rankine et de Guest.

L'appel simultané à ces deux critères de rupture est assez inexplicable. Mais, il convient de signaler que moyennant une très légère simplification faite pour le tracé de la courbe délimitant l'aire à l'intérieur de laquelle se trouvent les points représentant les systèmes de contrainte admissible, les résultats obtenus par application de la circulaire ministérielle française de 1946 sont les mêmes que ceux obtenus en recourant à la méthode indiquée par MM. Chalos et Beteille (*Annales des Ponts et Chaussées*, mai 1938).

Contrairement à l'hypothèse de Mohr, MM. Chalos et Beteille considèrent que la tension principale intermédiaire exerce une influence sur les conditions de la rupture et ils déterminent l'équation de la courbe intrinsèque correspon-

dant à une valeur *donnée* de la tension principale intermédiaire. Cette courbe, appelée courbe caractéristique, est tangente aux circonférences de rupture à la compression simple, à la traction simple et au cisaillement simple, lorsque la tension principale intermédiaire est nulle, ce qui est souvent le cas dans la plupart des questions étudiées par la résistance des matériaux.

Si R est la limite de sécurité admise pour le métal de base à la traction et à la compression, αR , βR , γR , représentent les contraintes admissibles pour la soudure à la compression, à la traction et au cisaillement, les coefficients α , β , γ étant déterminés par des essais pour chaque type de soudure dans certaines conditions d'exécution (soudure d'angle ou bout à bout, soudure d'atelier ou de chantier). Il suffit de vérifier que l'extrémité du vecteur des composantes n et t de la tension moyenne sollicitant la soudure est située à l'intérieur de la courbe caractéristique d'équation :

$$t^2 - \frac{\gamma^2}{2\beta} (\alpha R - n) (\beta R + n) = 0.$$

Cette méthode de calcul nous paraît la plus rationnelle, mais il semble bien, étant donné les difficultés rencontrées par le calculateur qu'il soit nécessaire de faire le point sur cette question et de lever l'indécision qui pèse encore sur le calcul des assemblages soudés.

Revenant sur le mémoire de M. Van der Eb,



il importe de souligner le grand intérêt des résultats montrant que la tension unitaire de rupture des cordons de faibles dimensions est plus grande que celle des cordons épais. Il s'agit d'une conclusion importante, d'ailleurs confirmée pleinement par les études du Professeur Van de Perre, qui en donne une explication basée sur des considérations d'ordre métallurgique.

Peu de règlements tiennent compte de ce résultat; or, il est significatif que les cordons de fortes dimensions sont non seulement défavorables par suite de leurs effets de retrait très importants, mais qu'en outre ils sont spécifiquement moins résistants que les cordons minces. C'est là un fait qui, s'il est pris en considération par les auteurs de projets, ne peut qu'être favorable au comportement des ouvrages soudés.

2. Le mémoire de M. E. Ibbotson est relatif à la réalisation et au montage d'importantes poutres soudées en I servant de chemins de roulement dans une aciérie.

L'auteur passe successivement en revue les opérations que nécessite l'exécution de ces poutres de 33,50 m de longueur, de 3,80 m de hauteur, composées de semelles de 915×64 mm, d'une âme constituée dans sa partie médiane par une tôle de $2\ 700 \times 25$ soudée haut et bas à des plats verticaux de 480×64 .

Avec beaucoup de pertinence, il insiste sur ce que l'on convient d'appeler en construction métallique des détails d'exécution mais qui, en construction soudée, revêtent une importance considérable, car du soin mis à les mettre au point et à les réaliser dépend le comportement même de l'ouvrage.

a) Dressage, planage et manipulation des éléments à souder

Opérations importantes, non seulement parce que la poutre sert de chemin de roulement, mais en raison des efforts considérables transmis par les semelles à l'âme. Le dressage suffisant de plats aussi épais n'est pas chose aisée; dans un cas plus difficile encore (semelle de 100 mm), la planéité des faces a seulement pu être obtenue par rabotage d'un plat de 112 mm.

b) Le marquage

Il est tenu compte des retraits des soudures aussi bien suivant la longueur que suivant la hauteur des poutres.

c) Forme de chanfrein

Chanfrein en double U symétrique avec méplat

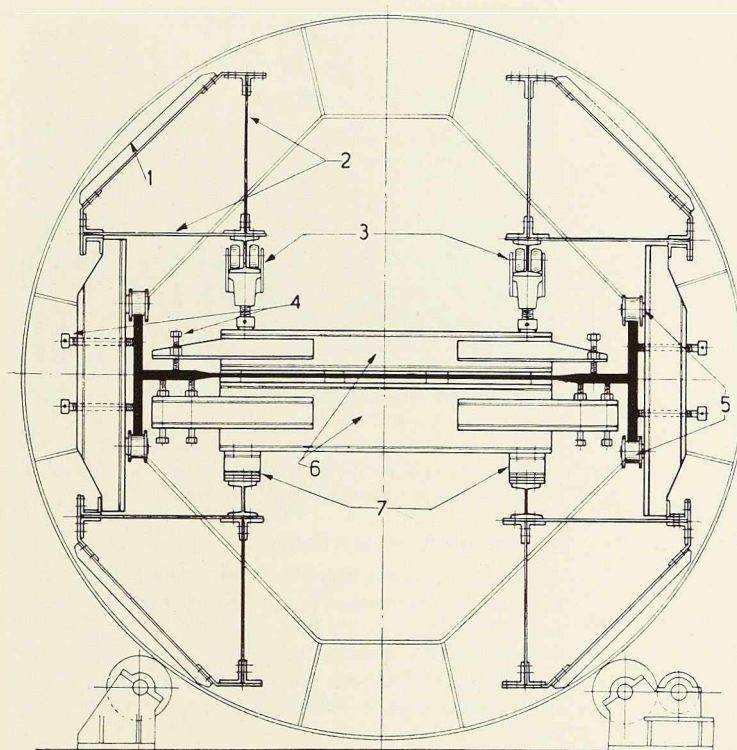


Fig. 5. Coupe transversale d'un gabarit de la figure 4.

de 3,2 mm dans les semelles et les plats de 480×64 de l'âme.

Chanfrein en X symétrique avec méplat de 6,4 mm pour toutes les soudures faites dans l'âme.

Soudure d'angle entre âme et semelles et entre âme et raidisseurs.

d) Programme de soudure

Ce programme dont l'importance est fondamentale est très judicieusement étudié. Soulignons notamment le fait que les raidisseurs sont soudés sur chaque face de la tôle centrale d'âme préalablement à l'exécution des deux soudures longitudinales de l'âme et des soudures entre âme et semelles.

e) Conception et exécution des positionneurs

L'étude a été très fouillée aussi pour ces auxiliaires indispensables dans l'exécution des poutres en double T de quelque importance; au même titre que des machines à forer ou à découper, des positionneurs de même type devraient faire

partie du matériel permanent des ateliers de construction.

f) Exécution des soudures

Les soudures ont été faites suivant le programme et en respectant le principe, toujours fécond en bons résultats, de la symétrie d'exécution.

Des électrodes à forte pénétration de 6 mm de diamètre ont été mises en œuvre pour l'exécution de la *première passe* seulement des soudures bout à bout des éléments constituant l'âme et les semelles, à l'exclusion des cordons d'angle.

Les cordons d'angle reliant les semelles à l'âme ont 16 mm d'épaisseur. Ils sont réalisés en deux passes, la première avec une électrode de diamètre courant, la seconde avec une électrode de 10 mm de diamètre. Les raidisseurs sont fixés à l'âme par des cordons d'angle *continus*.

g) Transport et montage

Ces deux opérations ont été faites avec un soin aussi grand que pour les opérations précédentes.

Le mode d'exécution prévu pour cet important travail peut être pris comme modèle; nous pensons devoir attirer l'attention sur les points suivants :

- 1° La fourniture de produits laminés bien dressés, bien planés est indispensable pour la construction soudée;
- 2° La connaissance préalable des effets du retrait est nécessaire;
- 3° Un programme de soudure bien étudié est toujours garant de la réussite. En particulier, rappelons l'intérêt de la soudure préalable des raidisseurs sur l'âme avant fixation des semelles;
- 4° Les soudures reliant l'âme aux semelles sont des cordons d'angle malgré l'importante sollicitation par fatigue des poutres. Nous partageons entièrement cette manière de voir, mais de nombreux techniciens de la soudure écartent le plus souvent cette solution surtout lorsque la fatigue est en cause, préférant l'interposition entre âme et semelles de joints en K.

Le calcul de ces soudures se fait parfois en considérant seulement l'intervention de la tension de cisaillement; il n'est peut-être pas inutile d'attirer l'attention sur le fait que cette soudure est à la fois sollicitée par flexion et par cisaillement et que le calcul de la tension principale conduit dans certains cas au renforcement des cordons dimensionnés seulement pour l'effort tranchant;

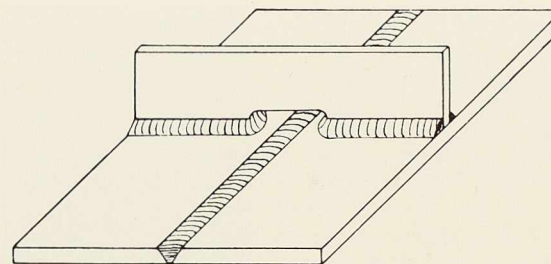
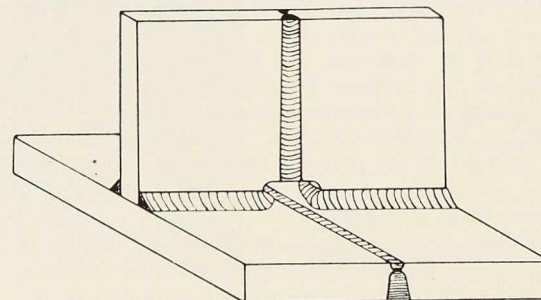


Fig. 6. Croisement d'un joint en V et d'un cordon d'angle, sans concentration de tensions.



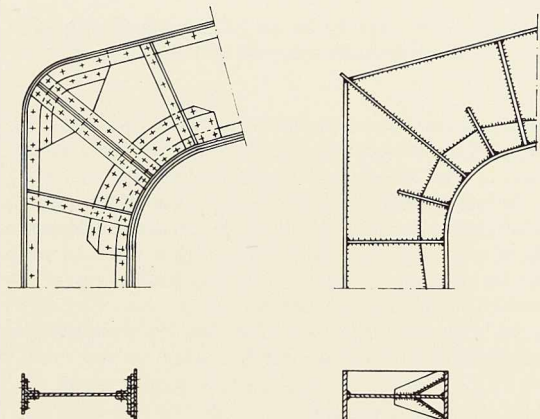
Documents extraits du rapport de M. W. Gerritsen.

Fig. 7. Croisement de deux points soudés (en V et en X) sans concentration de tensions.

- 5° Les joints en double U et X contiennent un méplat à mi-épaisseur. Un méplat est souvent considéré comme une cause de fissuration des premiers cordons. Il est vrai que dans la présente réalisation, le danger n'est peut-être pas aussi grand par suite de l'exécution de la première passe au moyen d'électrodes à haute pénétration, qui assurent la fusion complète ou quasi complète du méplat;
- 6° Les raidisseurs sont fixés par soudure à la semelle comprimée et à la semelle tendue. Nous croyons qu'il est défavorable de fixer les raidisseurs à la semelle tendue, particulièrement en cas de sollicitation par fatigue;
- 7° M. Ibbotson souligne l'intérêt, dans le cas d'ouvrages importants, de la réalisation préalable d'un modèle soumis à une auscultation tensométrique.

Cette idée est excellente. Nous l'avons appliquée il y a peu de temps lors de la réalisation par soudure d'un élément de conduite forcée tronconique de 2 m de diamètre moyen dans lequel se greffe à 45° une conduite cylindrique de 1,50 m de diamètre. L'auscultation d'un modèle à l'échelle de 1/5, soudé, a permis de réduire à six les raidisseurs transversaux, prévus initialement au nombre de





Document extrait du rapport de M. W. Gerritsen.

Fig. 8. Nœuds de portiques rivés et soudés.

seize et à supprimer le renfort longitudinal que l'on se proposait de souder dans l'angle aigu des deux tuyaux (fig. 1).

La construction est ainsi tout à fait rationnelle du point de vue de cheminement des tensions et autre conclusion non négligeable, il en est résulté une importante réduction du nombre des cordons de soudure et l'élimination de joints soudés d'exécution difficile.

3. Le mémoire de M. l'Ingénieur W. Gerritsen concerne les assemblages soudés.

Il constitue un ensemble d'indications, d'exemples et de conseils très judicieux. Il attire d'abord l'attention sur le fait que les ruptures survenues dans les ponts, les bateaux et les réservoirs sont toujours dues à une conception et à une exécution d'ensemble défectueuses plutôt qu'à la qualité d'exécution des soudures. La plus grande difficulté pour l'ingénieur soudeur c'est de s'empêcher de faire un décalque de la construction rivée au lieu de penser « construction soudée ».

M. Gerritsen constate que dans tous les pays il ne manque ni de soudeurs, ni d'écoles pour les former, alors qu'il est plus indispensable encore d'éduquer les ingénieurs et les dessinateurs-soudeurs. Il signale toutes les lacunes rencontrées dans les connaissances des techniciens, qu'ils soient chargés de la conception de l'exécution ou de la surveillance et du contrôle des ouvrages. Il donne ainsi tout un programme d'études dont feraient bien de s'inspirer les écoles existantes ou futures chargées de la formation de ces techniciens.

Le réquisitoire est sévère, mais juste. Il met l'accent sur une des principales raisons pour lesquelles la construction soudée ne progresse pas davantage.

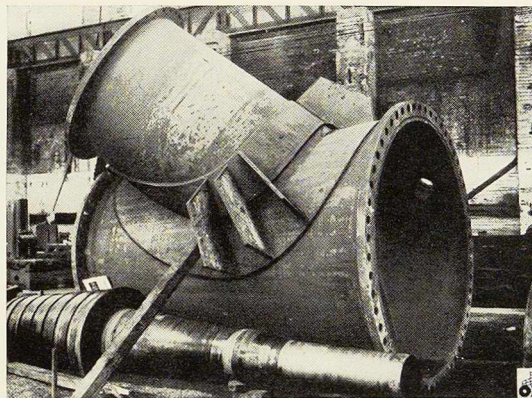


Fig. 9. Réalisation par soudure d'un embranchement de tuyauteries, conforme aux résultats d'une étude tensométrique d'un modèle à l'échelle de 1/5, soudé.

Le mémoire se poursuit par l'étude de profils et d'éléments constitutifs les plus adéquats à la soudure; c'est-à-dire le plat et le tube pris dans le sens le plus général. Il donne des exemples d'assemblages bien choisis, passant en revue les moyens d'éviter concentrations de tensions et intersections de soudure et les moyens d'assembler judicieusement en bout des plats et des profilés.

M. Gerritsen attire l'attention sur l'intérêt d'une construction mixte soudée-rivée dans le sens où les éléments réalisés par soudure sont assemblés par rivure et non pas dans le sens d'une construction où simultanément la soudure et la rivure doivent transmettre un même effort.

La collaboration entre le bureau d'étude et l'atelier est considérée comme absolument indispensable, alors qu'elle fait le plus souvent défaut.

Il termine en attirant l'attention sur l'importante économie que l'on pourrait réaliser si les soudeurs prenaient l'habitude d'assurer une fusion plus complète des électrodes au lieu de faire des déchets dont la longueur atteint 6 à 8 cm de longueur.

La contribution de M. Gerritsen est substantielle et importante. On peut tirer profit de toutes les idées qu'elle contient; chacune d'elles pourrait d'ailleurs, à elle seule, faire l'objet d'une communication.

Une conclusion du présent Congrès pourrait peut-être s'inspirer de l'idée émise par M. Gerritsen, à savoir que les ingénieurs doivent apprendre à mettre en œuvre les profilés les meilleurs, notamment les plats et les profils tubulaires, de manière à réaliser des construc-

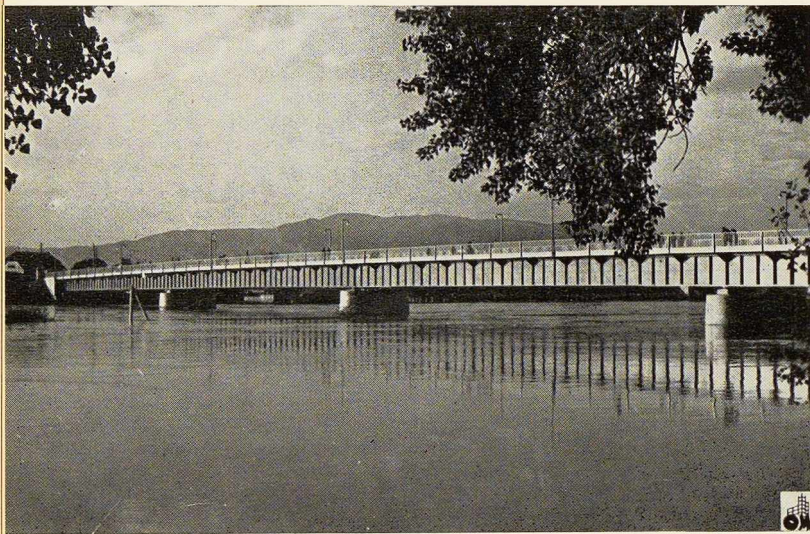


Fig. 10. Pont sur la Save à Zagreb (Yougoslavie) d'une longueur totale de 220 mètres.

Documents extraits du rapport de M. J. Erega.

lions suffisamment légères et rigides et d'écartier d'eux le sentiment et l'idée que la construction soudée lourde et massive présente le plus de sécurité.

4. La contribution de M. J. Erega traite de l'utilisation du traitement de préchauffage lors de la soudure de poutres à âme pleine destinées à la construction de ponts.

Le but de ce traitement thermique localisé est d'augmenter la sécurité des ouvrages soudés par la présence de liaisons moins raides qui s'obtiennent en répartissant sur un plus grand volume de matière, les tensions résiduelles dont les pointes se trouvent ainsi atténuées.

La température de préchauffage étant forcément limitée, afin de ne pas entraver le travail de soudure, ce traitement est à prévoir simultanément avec un programme de soudure bien établi et une exécution des joints telle que les effets du retrait soient aussi réduits que possible.

Il s'impose de conduire prudemment le préchauffage réalisé à la flamme ou au four surtout si les épaisseurs des éléments à souder sont très différentes.

L'auteur a mis au point ce qu'il appelle, le préchauffage par zone, qui consiste dans le choix de la température à atteindre par certaines régions limitées de l'assemblage, de manière que les tensions thermiques introduites restent pendant la soudure inférieures à la limite élastique.

Par un refroidissement des pièces aussi uniforme que possible les tensions de bridage sont

réduites au minimum et il ne reste que les tensions directes telles qu'elles résultent de l'exécution d'une soudure de pièces libres.

La température et la zone préchauffée sont à déterminer lors de l'établissement du programme de soudure; le danger de fissuration dans la zone de transition n'est pas plus à craindre que dans un joint normalement exécuté.

M. Erega envisage l'application du procédé aux éléments d'une poutre en I :

a) Joints de semelle

Le choix de la température, fixé par des essais préalables, est conditionné par la limitation à la limite élastique, des tensions thermiques résultant d'un chauffage inégal (chauffage sur une face); en cas de plats épais on est conduit à un chauffage égal sur toute l'épaisseur.

Les semelles se traitent sur une longueur suffisante pour éviter un refroidissement trop rapide lors des interruptions de soudure, celles-ci étant à réduire au strict minimum pour les premiers cordons.

b) Soudure des semelles à l'âme

Le préchauffage n'a lieu qu'après épinglage solide de l'âme aux semelles; le choix des températures, différentes pour l'âme et les semelles est délicat par suite des différences d'épaisseur. La température de chauffage varie en cours de réalisation de la soudure; la vitesse d'exécution, le diamètre des électrodes, la longueur à préchauffer et la température constituent autant de variables du traitement thermique.

c) Joints soudés entre tronçons de poutres

Le préchauffage offre dans ce cas de grands avantages en permettant une répartition plus favorable des tensions de retrait; son utilisation judicieuse permet de créer dans l'âme et les semelles des tensions de sens contraire à celles engendrées par le retrait des soudures.

L'attention est attirée sur les précautions à prendre afin que ces tensions initiales n'occasionnent pas de fissures dans les premiers cordons.

Une difficulté se présente lorsqu'il s'agit du préchauffage de semelles superposées assemblées par cordons d'angle, par suite de la transmission défectueuse de la chaleur à travers les plats séparés par une couche d'air. L'auteur a appliqué, à



Fig. 11. Pont sur la Mreschnitza (Yougoslavie) d'une longueur totale de 93 mètres.

fort peu de frais, sa méthode de préchauffage lors de la construction de deux importants ponts soudés en Yougoslavie.

Il est exact que la technique du préchauffage, complétée éventuellement par un chauffage pendant et après la soudure, constitue un outil précieux, à condition d'être manié par des mains expertes; en cas de pièces fortement bridées ou dissymétriques, il peut en effet faire plus de mal que de bien en augmentant l'hétérogénéité du régime thermique, aggravant ainsi les conséquences du retrait.

L'effet favorable de ces traitements locaux, judicieusement appliqués, résulte de ce que le chauffage relève la limite inférieure de la zone de température dans laquelle la contraction thermique produit des tensions et réduit ainsi la grandeur des dilatations inégales qui peuvent se produire. Le résultat est d'autant meilleur que la température de préchauffage est élevée et la zone traitée plus étendue.

Les tensions résiduelles apparaissant lors du refroidissement, l'efficacité d'un traitement thermique local sera la plus grande si le préchauffage est maintenu pendant l'exécution de la soudure afin d'assurer une vitesse de refroidissement aussi uniforme que possible.

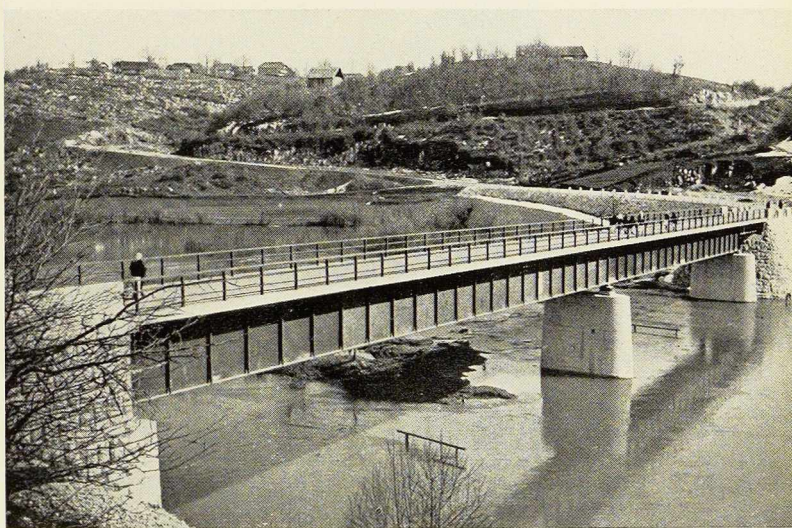
Conclusions

En conclusion de l'examen des très intéressantes communications présentées sur le thème relatif à la soudure et aux assemblages soudés, nous nous permettons de faire les considérations suivantes :

1° La diversité des méthodes présentées dans les réglementations nationales, atteste des incertitudes qui pèsent encore sur le calcul des assemblages soudés, particulièrement en ce qui concerne les cordons soumis à une sollicitation transversale quelconque;

2° Sans sous-estimer le rôle important joué par le matériau, le bon comportement des ouvrages soudés résulte pour la plus grande part du soin apporté à leur conception et à leur exécution; le mot « exécution » étant pris dans son sens le plus large, car il ne s'agit pas seulement de l'exécution des soudures;

3° Quelles que soient les réalisations, les techniciens de la soudure s'accordent à attacher la plus grande importance aux effets du retrait et tentent, par des moyens souvent limités, d'en faire une prévision chiffrée afin que les cons-



tructions terminées soient conformes aux plans initiaux.

C'est évidemment un des buts à atteindre, mais ainsi que nous l'avons signalé dans le Rapport final du Congrès de 1948, la prévision chiffrée du retrait doit conduire, par une exploitation systématique de très nombreux résultats des mesures faites sur des constructions réelles, « à la possibilité de faire jouer aux manifestations du retrait le rôle de précontrainte favorable introduite intentionnellement dans les constructions, de manière à permettre un réglage des efforts dans le sens de la sécurité et de l'économie ».

C'est vers ce but que tend la méthode de préchauffage préconisée dans une des communications analysées dans ce rapport. On peut d'ailleurs concevoir l'application des traitements thermiques à l'entière de certaines pièces de l'ouvrage en vue de réaliser des réglages d'efforts, le chauffage par induction rendant possible un tel traitement;

4° La construction soudée est capable d'un réel essor si des profilés nouveaux appropriés aux moyens d'assemblages sont recherchés et moyennant l'utilisation judicieuse du plat et du profil tubulaire (laminé ou réalisé par soudure); jusqu'ici la résistance à la torsion du profilé tubulaire n'a pas été suffisamment exploitée alors qu'il s'agit d'un avantage marqué de la soudure sur tous les autres procédés de construction;

5° La construction soudée ne doit pas nécessairement être homogène quant au moyen d'assemblage; pour de nombreux ouvrages (ponts, charpentes, ouvrages hydrauliques) l'utilisation

simultanée de la soudure et de la rivure suivant le sens exprimé dans ce rapport est riche de possibilités économiques et sûres ;

6° Etant donné la facilité des rapports entre techniciens de tous les pays, chacun tirerait le plus grand profit si certaines questions faisaient l'objet non seulement d'échanges de vues mais d'études expérimentales réalisées en équipe, afin d'éliminer les controverses stériles qui grèvent lourdement l'avenir de la construction soudée. Nous pensons notamment à l'effet des tensions résiduelles sur le comportement des ouvrages, à la résistance à la fatigue, à l'étude des conditions de rupture, à la prévision chiffrée des effets du retrait, au choix éventuel à faire entre les soudures bout à bout et les cordons d'angle en tenant compte de la résistance à la fatigue et de l'état de tension, etc.;

7° L'économie de la construction soudée se trouve pour une part liée à la mécanisation de l'exécution, mécanisation conditionnée elle-même par une rationalisation des profilés.

Qu'il soit permis de regretter que ce rapport préliminaire du Congrès ne contienne aucune communication relative à l'utilisation généralisée d'électrodes à forte pénétration et à l'exécu-

tion automatique des soudures; à notre connaissance, d'importants ouvrages ont cependant été réalisés dans plusieurs pays en faisant appel à des procédés de soudure semi-automatique ou automatique;

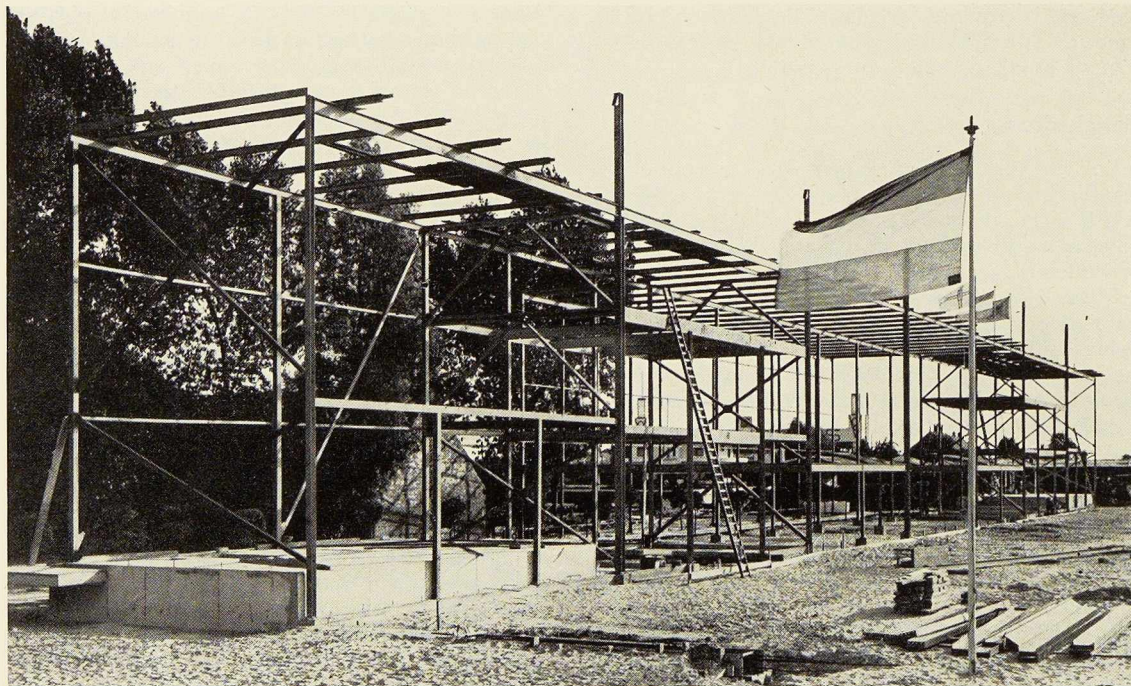
8° Pour des ouvrages importants l'exécution d'un modèle soudé, étudié du point de vue de l'exécution des joints et ausculté tensométriquement, est le plus souvent susceptible de conduire à une réduction sensible des joints et cordons et partant à une conception et à une exécution meilleures;

9° La construction soudée exige plus de connaissances et plus de soins que la construction rivée;

10° Une attention insuffisante a jusqu'ici été apportée à la formation des cadres chargés de la conception, de l'exécution et du contrôle des ouvrages soudés. La documentation, trop éparsée, se limite le plus souvent à une narration purement descriptive des réalisations sans relever les difficultés rencontrées et les moyens de les éviter.

La nécessité se fait sentir d'ouvrages classiques indiquant et codifiant les principes, étayés d'exemples raisonnés; les possibilités de mettre ces ouvrages sur pied sont cependant surabondantes.

H. L.



Charpente métallique du nouveau hall de la Foire d'Utrecht (Pays-Bas), en cours de construction.

Photo Anphoto.





Photo Legrand Mallet.

Fig. 1. Vue d'ensemble du Palais des Expositions de la Ville de Lille.

Reconstruction du Palais de la Foire de Lille

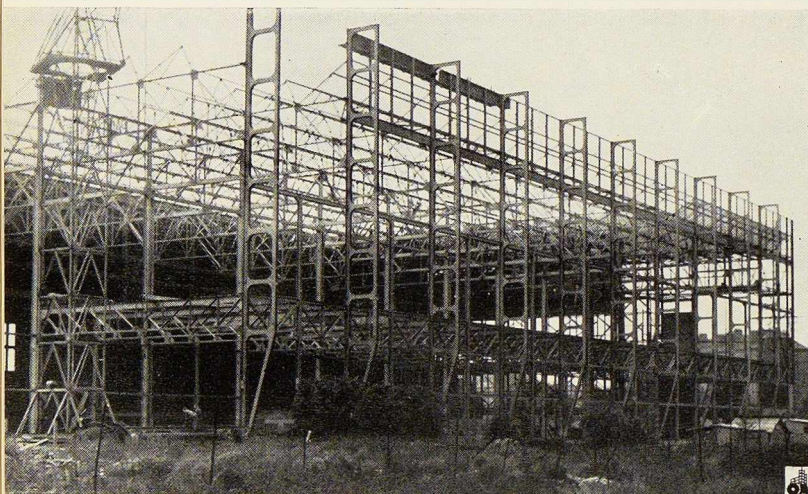
Le Palais des Expositions de la Ville de Lille avait été réalisé en 1934 par l'ingénieur D. Douniaux. Comportant une vaste salle de 110×114 m sans aucun pilier intérieur, cette construction à plafond suspendu à 20 m au-dessus du niveau du sol, constituait à l'époque le record de la surface couverte sans appuis intermédiaires.

Gravement endommagé pendant la guerre par les bombardements aériens, le Palais était inutilisable à la Libération. En 1946, une reconstruction provisoire fut effectuée. La reconstruction totale fut entreprise à l'occasion de l'Exposition Textile Internationale de 1951. Les architectes chargés de ce travail ont apporté une innovation très heureuse dans les plans en disposant au

Nord la nouvelle façade principale, avec les entrées, orientées ainsi vers la cité.

Le nouveau Palais, œuvre des architectes P. Herté et M. L. Gauthier, constitue un bâtiment à l'allure moderne, aux lignes bien équilibrées. Cet ensemble a été réalisé avec la collaboration de MM. M. Douniaux, ingénieur-conseil, Bonte et Baselis, architectes et de M. Plankuert, directeur des Travaux de l'Exposition de Lille.

L'exécution et le montage de l'ossature du bâtiment ont été confiés aux Etablissements Paindavoine Frères, tandis que les Ateliers Jean Prouvé ont été chargés de l'utilisation des métaux légers dans le bâtiment.



Photos « Art-Photo ».

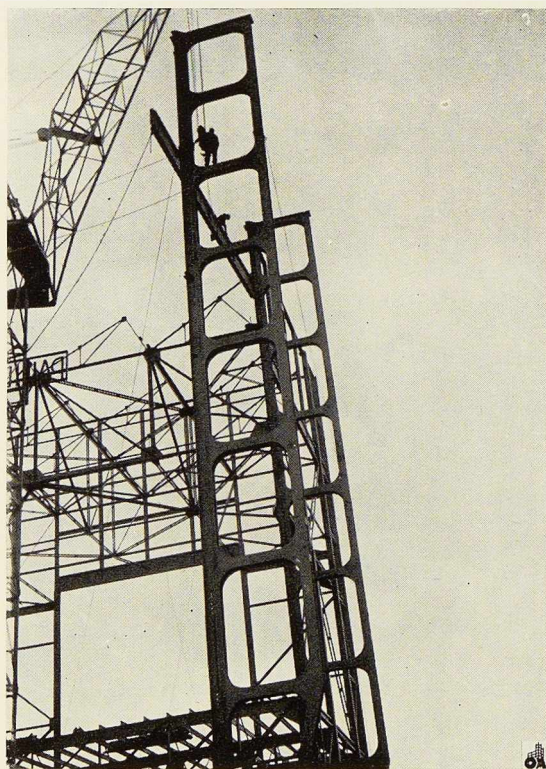


Fig. 3. Montage des montants verticaux, conçus sous la forme de poutres Vierendeel.

Fig. 2. Ossature métallique du Palais de la Foire de Lille.

Ossature en acier

Le portique en acier, pièce maîtresse du Palais des Expositions, d'une portée atteignant 110 m, était resté debout après les bombardements. La partie du hall, situé au Nord, était par contre anéantie. La nouvelle construction est caractérisée par une charpente métallique, laissée apparente, constituant un avant-corps de 317 m de longueur de façade avec des pignons de 20 m et des retours de 5 m à l'Ouest et de 2 m à l'Est, permettant ainsi de se rattacher à la partie ancienne du Palais d'une largeur de 130 m.

Le principe adopté pour la charpente consiste à utiliser un shed en treillis formant poutre de toiture qui transmet ses charges à onze montants verticaux principaux, espacés de 11 m, disposés sur la façade; il existe en outre des montants intermédiaires, constitués par des fers I et une légère poutraison horizontale.

Les montants verticaux ont été conçus sous la forme de poutres Vierendeel extérieures, avec deux semelles réunies par des montants encastrés terminés en béquilles à la partie inférieure. La saillie de ces Vierendeel, sur le nu de la charpente est d'environ 2,50 m.

Le poids de la charpente métallique mis en œuvre s'est élevé à 1 200 t. La fabrication et le montage ont duré cinq mois.

Revêtement de la façade (1)

La façade du Palais présente une surface de 5 700 m². Sa hauteur de 31 m, est divisée au moyen de 9 bandeaux horizontaux en acier qui, d'un côté, se fixaient sur les Vierendeel au niveau de chaque montant de ceux-ci, de l'autre étaient boulonnés sur les fers verticaux en I intermédiaires du gros œuvre. Ces bandeaux étaient constitués par des feuillards de 30/10 mm en acier, profilés en U, lesquels étaient superposés et réunis par soudage électrique.

La longueur des bandeaux étant de 5,50 m entre appuis, on pouvait craindre qu'ils ne fléchissent en raison de leur épaisseur relativement faible de 80 mm. On a donc décidé de constituer des appuis intermédiaires, réduisant la portée à 2,75 m, au moyen des balcons que l'on devait

(1) Les détails concernant le revêtement de la façade sont extraits de la Revue de l'Aluminium.



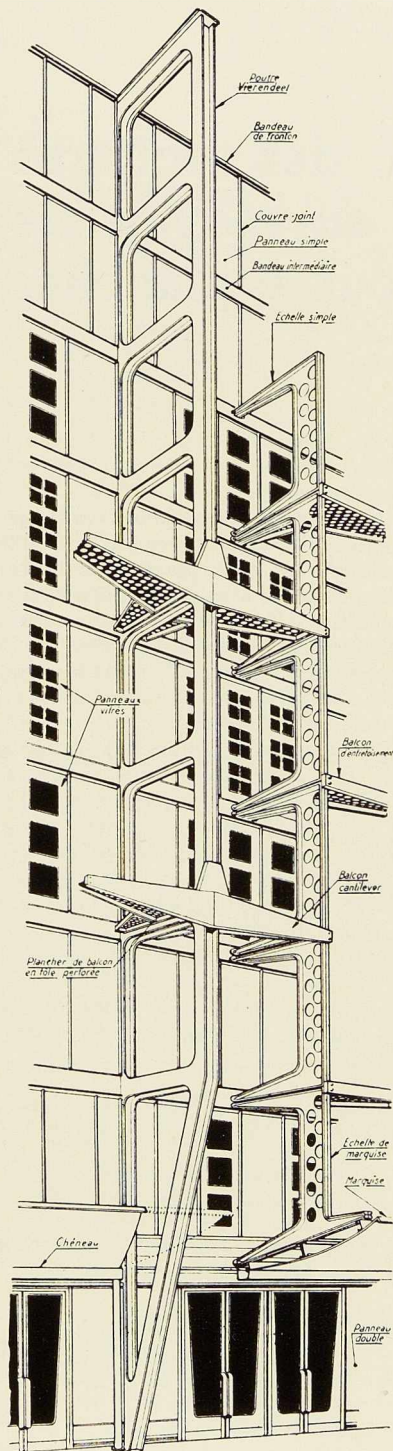


Fig. 4. Détails de la grande façade du Palais de la Foire de Lille.

établir pour le service du décor extérieur. On combina le tout dans un ensemble architectural très réussi.

Dans ce but, tous les deux étages, on encastra sur les Viereendeel un balcon en acier en double cantilever dont le longeron avant et le plancher perforé sont en forme de solides d'égale résistance.

Sur les joints fixes ainsi obtenus à chaque extrémité des balcons, on monte des semi-cadres à deux becs, chacun de la hauteur d'un étage. Ces semi-cadres, sont constitués par une âme garnie à sa périphérie de deux U accolés et soudés, le tout étant en acier.

Pour entretoiser cette construction d'autres balcons, également en tôle d'acier perforée, sont disposés tous les deux étages, alternant leurs niveaux avec ceux des balcons des Viereendeel.

Le revêtement de la façade est constitué par 1354 panneaux. Chaque panneau se compose d'un cadre en profilés filés en A-SG, soudés à l'autogène dans les angles. Ce type de profilé qui est utilisé uniformément, présente une section cruciforme de 30 mm de hauteur avec l'aile extérieure arrondie pour galber la tôle de revêtement. Cette tôle, en aluminium 99,5 de 10/10 mm, est striée dans le sens vertical, ce qui contribue à accroître sa raideur. Sur son pourtour, elle est moulurée au profil du cadre sur lequel elle est fixée par sertissage de son bord extérieur.

En raison de la destination du bâtiment, les architectes ont cherché à rendre la façade aussi attrayante que possible. La polychromie de la façade réalisée d'après les maquettes de couleur de M. Del Marle, est assurée par des bandeaux horizontaux gris, sauf ceux du rez-de-chaussée, du second et du sixième étages qui sont noirs. Toutes les portes sont en bleu d'outremer. Les Viereendeel, qui constituent des lignes de force essentielles sont rouges. Les balcons et les échelles sont blancs. Les panneaux et leurs couvre-joints ont été maintenus dans la couleur naturelle de l'aluminium. Les parclozes ont été peintes en jaune.

Tous les éléments en acier ont reçu, en atelier, une couche de peinture d'apprêt au chromate de zinc, puis deux couches de laque bitumastic. L'ensemble des panneaux en aluminium a été oxydé anodiquement.

Le nouveau Palais des Expositons de Lille est une belle réussite, qui fait honneur à ses architectes, MM. Herté et Gauthier.

MM. Cretin,
Ingénieur en Chef,
Chef de la Subdivision
des Voitures et Wagons
de la Région du Sud-Est
de la S. N. C. F.

et

Bernard,
Ingénieur principal
à la Division Commerciale
de la Région du Sud-Est
de la S. N. C. F.

Le transport des voitures automobiles au moyen de wagons à double plancher ⁽¹⁾

I. Le Problème tarifaire

Le transport des voitures automobiles a pour le chemin de fer une grande importance : le trafic des véhicules routiers vides a atteint 423 114 t pour les trois premiers trimestres de 1951.

Jusqu'à la réforme tarifaire de 1947, les tarifs ferroviaire étaient conçus de façon à favoriser au maximum ce genre de trafic; ils comprenaient essentiellement :

— Des conditions de tonnage basses (800 kg et 1 600 kg) correspondant au poids moyen des véhicules de tourisme de l'époque, assorties de conditions de tonnage plus élevées (2 t et 3,5 t) pour les véhicules d'un poids unitaire plus important (camionnettes et camions);

— Des barèmes donnant des prix très réduits, notamment aux courtes distances;

— La concession des acheminements du régime accéléré, la vitesse étant un élément essentiel du maintien du trafic au fer.

La réforme tarifaire de 1947 a obligé à « repenser » tout le problème du transport des automobiles. L'obligation de couvrir, pour chaque transport, le prix de revient, a entraîné un relè-

vement très important des barèmes correspondant aux basses conditions de tonnage, la condition de tonnage de 800 kg, inacceptable pour le transport par wagon complet, a été supprimée et il n'a été prévu pour les voitures de tourisme qu'une condition de tonnage de 1 500 kg, avec application d'un barème minimum qui a entraîné un relèvement considérable des prix de transport.

Ce relèvement a été d'autant plus sensible que, de son côté, l'industrie automobile française tendait vers un abaissement très important des « poids morts » et que la voiture de 500 à 600 kg devenait de plus en plus courante.

Cette situation, déjà regrettable en soi, s'est trouvée aggravée par la pénurie de wagons plats de grande longueur, susceptibles d'être incorporés dans les trains du régime accéléré.

Le tableau I ci-dessous indique, pour certains types de voitures, le nombre d'unités nécessaires pour atteindre la condition de tonnage minimum de 1 500 kg et la longueur du chargement correspondant.

(1) Extrait de la *Revue Générale des Chemins de Fer* (avril 1952), dont la Rédaction nous a aimablement prêté les clichés.

Types des voitures	Nombre de véhicules nécessaires	Poids total du chargement	Longueur totale du chargement
Renault 4 CV	3	580 × 3 = 1 740 kg	3,60 × 3 = 10,80 m
Citroën 11 CV	2	1 035 × 2 = 2 070 kg	4,45 × 2 = 8,90 m
Peugeot 203	2	900 × 2 = 1 800 kg	4,35 × 2 = 8,70 m
Simca 9 CV	2	870 × 2 = 1 740 kg	4,07 × 2 = 8,14 m

TABLEAU I.



Fig. 1. Wagon à double plancher, goulottes abaissées.

Ce tableau montre que la longueur du chargement varie entre 8,20 m et 11 m, en tenant compte du vide indispensable entre les véhicules. Or, les wagons plats de grande longueur pouvant circuler à 100 km/h sont en nombre assez restreint :

1 500 wagons de 12,340 m,
500 wagons de 11,948 m,
700 wagons de 10,600 m,
150 wagons de 10,110 m,
800 wagons de 9,910 m,

soit au total 3 650 wagons, nombre très insuffisant, d'autant plus que ces wagons sont utilisés également pour les transports de groupages de cadres et pour les transports de certaines expéditions de détail (machines agricoles, notamment).

En définitive, la tarification de véhicules automobiles présentait le grave inconvénient d'être très chère, sans pourtant être d'une rentabilité suffisante et elle entraînait, en outre, des difficultés graves dans la répartition du matériel adapté à ces transports.

II. Une solution : Le wagon à deux étages

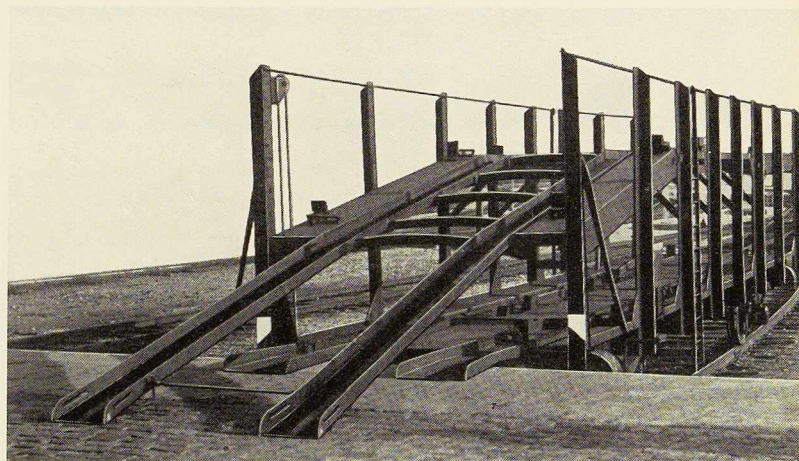
Une importante évolution dans la construction des voitures de tourisme s'est produite après la guerre; la hauteur des voitures produites en grande série s'est sensiblement abaissée pour assurer une plus grande stabilité aux grandes vitesses. C'est ainsi que la hauteur des voitures de tourisme les plus courantes varie actuellement de 1,48 m (4 CV Renault) à 1,60 m (2 CV Citroën).

Il apparut alors possible d'augmenter le poids des chargements en superposant les voitures sur deux étages sans engager le gabarit.

Les idées qui ont été à la base de l'étude entreprise par la Région du Sud-Est, intéressée spécialement à ce trafic, pour trouver une solution à ce problème, ont été essentiellement :

1° De dégager par un abaissement du plancher inférieur l'espace suffisant pour loger dans le gabarit S. N. C. F. la hauteur de deux voitures superposées;

2° De profiter de ce que les voitures peuvent se mouvoir par leurs propres moyens pour effectuer les chargements sur un quai en bout. Un plancher mobile à chaque extrémité du wagon permet alors aux voitures de monter au premier étage, le guidage des voitures, tant au premier étage qu'au



plancher inférieur, étant assuré par des « goulottes » du type utilisé dans les garages pour le graissage des véhicules;

3° De prévoir un système de calage, faisant partie de l'équipement permanent du wagon, suffisamment puissant pour résister au choc, évitant ainsi l'obligation de brêler les véhicules.

III. Réalisation du wagon à deux étages

Exposé du problème technique

Les données essentielles du problème particulier à résoudre étaient les suivantes :

1° Assurer le passage des wagons à deux étages et de leur chargement, en alignement et en courbe, dans le gabarit passe-partout, qui est valable sur la plupart des lignes de la S. N. C. F. et dont la hauteur totale est de 4,280 m seulement.

2° Respecter les prescriptions de l'Unité technique des chemins de fer en ce qui concerne la disposition et les caractéristiques des organes d'attelage et de tamponnement, en particulier la hauteur du tamponnement qui doit être comprise entre 1,065 m tous organes neufs et 0,940 m, avec organes usés (bandages, fusées, coussinets, etc...).

La condition posée au 2° ci-dessus impose, en fait, la hauteur minimum du plancher inférieur, au droit des traverses d'attelage, au-dessus du niveau supérieur des rails.

En tablant sur une hauteur de tamponnement, tous organes neufs, de 1,020 m, minimum compatible avec une hauteur de 0,940 m avec organes usés, et sur une traverse d'attelage normale de 250 mm de hauteur, la hauteur des extrémités

du plancher inférieur au-dessus des rails ressort au minimum à :

$$1,020 + 0,125 = 1,145 \text{ m}$$


ce qui laisse donc, théoriquement, une hauteur disponible de :

$$4,280 - 1,145 = 3,135 \text{ m}$$

Cette hauteur est inférieure à la hauteur de deux voitures de tourisme superposées, de l'ordre de 3,200 m, et ceci sans tenir compte de la présence du plancher supérieur et du jeu minimum indispensable entre ce plancher et les voitures du plancher inférieur.

Le problème des wagons à deux étages a pu néanmoins être résolu en prévoyant les dispositions essentielles ci-après :

— Surbaissement du plancher inférieur entre les traverses d'attelage et notamment entre les essieux, la partie centrale horizontale étant raccordée en pente douce aux extrémités;

— Adoption d'un plancher d'épaisseur aussi réduite que possible, constitué par deux tôles embouties en forme de , d'écartement constant, formant chemin de roulement pour les roues des automobiles et dont la section assure une résistance suffisante aux efforts dus à la charge. La forme de ces « goulottes » permet par ailleurs, comme il sera indiqué plus loin, d'assurer facilement le calage des voitures transportées;

— Montage des goulottes de l'étage supérieur sur des courbes cintrées de profil voisin de celui du toit des automobiles, de façon à imbriquer légèrement les voitures transportées à l'étage inférieur entre les goulottes de l'étage supérieur;

— Adoption de dispositions spéciales pour le montage des éléments mobiles du plancher supérieur, ainsi qu'on le verra ci-après.

Les autres données qui ont servi de base à l'étude du wagon spécial à deux étages sont les suivantes :

a) Possibilité de transporter indifféremment le plus grand nombre possible des principaux types de voitures automobiles actuellement construites en France : Renault, Citroën, Peugeot, Simca, Panhard;

b) Adoption d'un wagon à deux essieux, de préférence à un wagon à bogies, ce choix étant déterminé notamment par l'inaptitude des wagons à bogies au triage à la gravité et à l'emploi des freins de voie;

c) Chargement et déchargement rapides et faciles des voitures de tourisme à l'étage inférieur et à l'étage supérieur;

d) Calage des voitures sur le wagon.

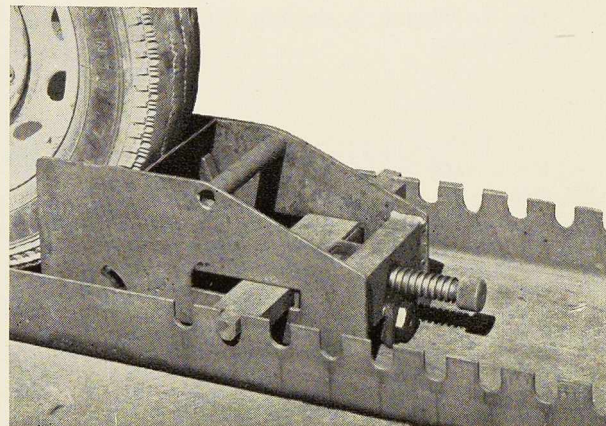


Fig. 2. Calage d'une roue de voiture.

Caractéristiques générales de construction

Nous indiquerons ci-après les caractéristiques générales de construction qui, après mise au point de deux prototypes exécutés en 1949 et 1950 par les Ateliers de wagons de Villeneuve, ont été retenues pour la confection d'une série de 12 wagons au début de 1951, par les mêmes ateliers.

Distance d'axe en axe des essieux (maximum admis couramment en Europe)	9 m
Longueur du châssis (tampons non compris)	14,300 m
Longueur du plancher de l'étage inférieur	14,300 m
Longueur du plancher de l'étage supérieur	14,850 m
Largeur du wagon entre montants	2,500 m

Châssis et ossature de caisse en éléments soudés.

Attelage et tamponnement du type « Chevalier-Rey », ces organes ayant été récupérés sur des châssis de voitures démolies.

Essieux et boîtes type 32 d'origine P.-L.-M., prélevés sur les mêmes châssis.

Ressorts de suspension à lames, d'une flexibilité de 9 mm par t environ.

Frein à air système Westinghouse pour trains de voyageurs, dont les organes ont été récupérés également sur des châssis de véhicules amortis.

Tare : 14 t environ.



Caractéristiques particulières de construction

Ossature

La disposition générale est analogue à celle des wagons de construction soudée mis en service depuis plusieurs années (fig. 1).

La charpente de l'étage supérieur, composée de longrines et courbes métalliques, est fixée sur des montants métalliques reliés aux brancards du châssis par l'intermédiaire de consoles.

La rigidité de la charpente de caisse est obtenue, comme à l'ordinaire, par des longrines, traverses et goussets métalliques.

Les dimensions des goulottes et leur écartement d'axe en axe ont été déterminés pour permettre la mise en place des diverses voitures de tourisme de types courants dont la voie est variable, ainsi que les dimensions des roues et des pneus.

Les goulottes de l'étage inférieur sont soudées sur la charpente du châssis, celles de l'étage supérieur sur l'ossature de la plate-forme qui constitue cet étage.

Plate-forme supérieure

En vue de permettre le chargement et le déchargement faciles des voitures de l'étage supérieur, la plate-forme supérieure a été divisée en trois parties de longueur sensiblement égale :

- Une partie centrale fixe horizontale;
- Une partie articulée à chaque extrémité, avec articulation côté partie fixe.

Chaque partie articulée est manœuvrable par deux treuils à main de 1 000 kg placés de chaque côté du wagon.

Calage des automobiles

Pour tenir compte de la diversité des types de voitures transportées, dont les caractéristiques suivantes sont variables :

- Ecartement d'axe en axe des essieux,
- Ecartement transversal des roues,
- Dimensions des pneus,

le calage devait pouvoir être placé dans une position quelconque par rapport aux goulottes.

Le problème a pu être résolu en utilisant les ailes verticales de ces goulottes qui comportent des encoches régulièrement espacées sur toute leur longueur.

Ainsi que le montre la figure 2, chaque roue d'une voiture est calée, vers l'extérieur, au moyen d'un système de calage approprié dont la barre transversale s'engage, par ses têtes d'extrémité, et avec un faible jeu, dans deux encoches situées en regard l'une de l'autre.

La cale proprement dite comporte des joues latérales entre lesquelles vient se placer la roue; sa position est réglable en largeur, par coulissement sur la barre transversale, et en longueur, au moyen d'une vis dont la course utile est un peu supérieure au pas des encoches des goulottes.

Pour amortir les chocs anormaux en cours de route, dans les triages notamment, un dispositif élastique est inclus dans le système de calage.

Les cales qui, placées dans leurs encoches, présentent une grande stabilité, aussi bien à vide qu'en charge, constituent des accessoires amovibles des wagons.

Chargement et déchargement des automobiles

Le chargement des voitures de l'étage supérieur est effectué en premier lieu. Pour cette opération, la partie articulée située côté quai est abaissée, à l'aide des treuils, sur des taquets d'arrêt fixés aux montants d'angle. Elle est raccordée au quai par des goulottes amovibles en tôle emboutie de quatre mètres de longueur environ qui font partie de l'outillage des gares ou constituent, dans le cas de wagons isolés, des accessoires amovibles transportés avec ceux-ci (fig. 1).

L'ensemble de la partie mobile et des goulottes amovibles présente au moment du chargement une inclinaison de 20 % par rapport à l'horizontale. Les voitures sont chargées facilement, mues par leur propre moteur.

Pour le chargement des voitures de l'étage inférieur, qui est effectué au moyen de petites goulottes amovibles de 1,50 m de longueur environ, raccordant au quai les goulottes du plancher inférieur, la plate-forme articulée peut être relevée provisoirement au-dessus de l'horizontale, afin

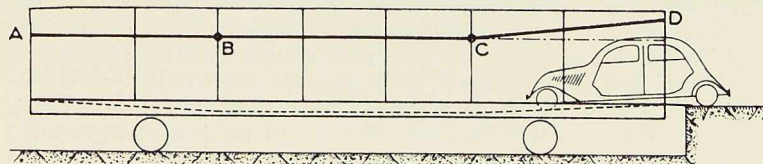


Fig. 3. Chargement d'une voiture sur le plancher inférieur.

A B - Position normale.
B et C - Articulations du plancher supérieur.
C D - Position relevée du plancher supérieur.
--- Goulotte de roulement du plancher inférieur.



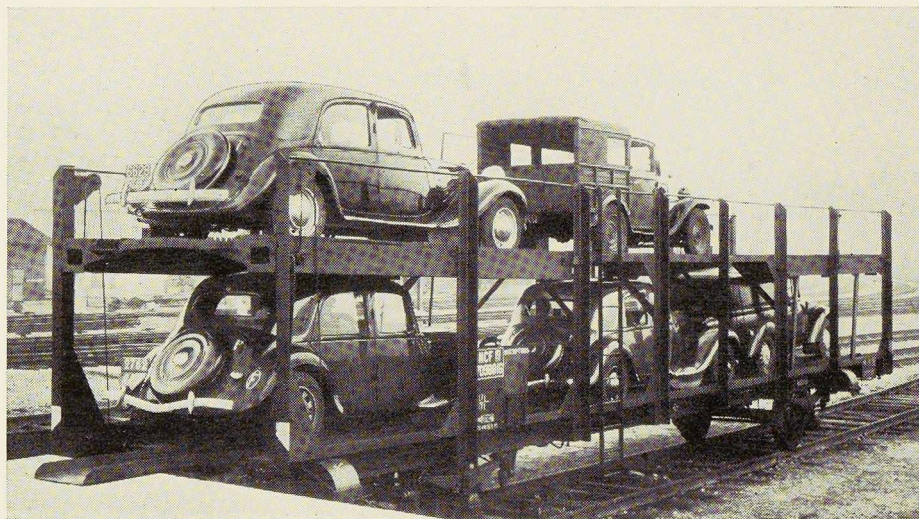


Fig. 4. Voitures en place sur le wagon.

d'assurer un jeu important entre les voitures et la plate-forme supérieure (fig. 3).

Lorsque plusieurs wagons doivent être chargés, les deux extrémités du plancher supérieur des wagons intermédiaires sont relevées. Les voitures peuvent alors passer d'un wagon à l'autre.

A la fin du chargement (fig 4), la plate-forme supérieure est verrouillée en position horizontale par un système spécial fixé aux montants d'angle et qui assure l'entretoisement transversal de ces montants en cours de route.

Le déchargement est effectué en sens inverse du chargement : on procède d'abord au déchargement des voitures de l'étage inférieur, puis de celles de l'étage supérieur.

IV. Exploitation du matériel

Après des essais de transport qui ont montré la parfaite tenue du chargement, l'exploitation commerciale a commencé le 17 novembre 1950 avec deux prototypes.

Un parc de quatorze wagons assure actuellement des relations régulières entre Paris, d'une part, et certaines villes de province, d'autre part.

Les résultats obtenus sont particulièrement intéressants. Si l'on compare, en effet, les chargements réalisés dans les wagons à double étage avec les chargements réalisables dans les wagons du parc commercial, on comprend tout l'intérêt que présente pour la S. N. C. F. ce nouveau matériel. Par ailleurs, grâce à des acheminements bien étudiés, la rotation du matériel est excellente, puisque chaque wagon effectuée en moyenne un aller et retour en quatre jours, bien qu'une partie importante des transports s'effectue à grande distance.

V. Avantages tarifaires consentis

Afin d'inciter la clientèle à utiliser le nouveau matériel, il importait que la S. N. C. F. révisât sa tarification pour tenir compte de l'augmentation considérable du poids transporté par tonne de tare et du rendement de tels transports en l'adaptant aux nouveaux chargements. Une condition de 5 t a été prévue qui a permis d'abaisser très sensiblement le prix de transport à l'unité voiture, tout en augmentant nettement pour la S. N. C. F. la rentabilité de ces transports.

L'avantage de la clientèle rejoint ainsi l'avantage retiré par la S. N. C. F.

VI. Programme de construction

Devant les résultats obtenus pendant les premiers mois d'exploitation, une seconde tranche de quarante wagons est mise en service progressivement au fur et à mesure de la sortie des ateliers de construction.

D'autre part, plusieurs sociétés de constructions automobiles se sont intéressées à ce matériel pour le transport de leur production. Une importante firme a passé commande pour son propre usage d'un parc de septante unités.

Ces wagons présenteront, par rapport au prototype et aux wagons directement dérivés quelques améliorations : allègement de la tare, abaissement du plancher inférieur permettant, par un abaissement du plancher supérieur, de disposer d'une marge un peu plus grande entre ce plancher et le gabarit. Cette dernière modification a été réalisée en adoptant un tamponnement plus court, type Marchandises, et en diminuant légèrement le diamètre des roues.



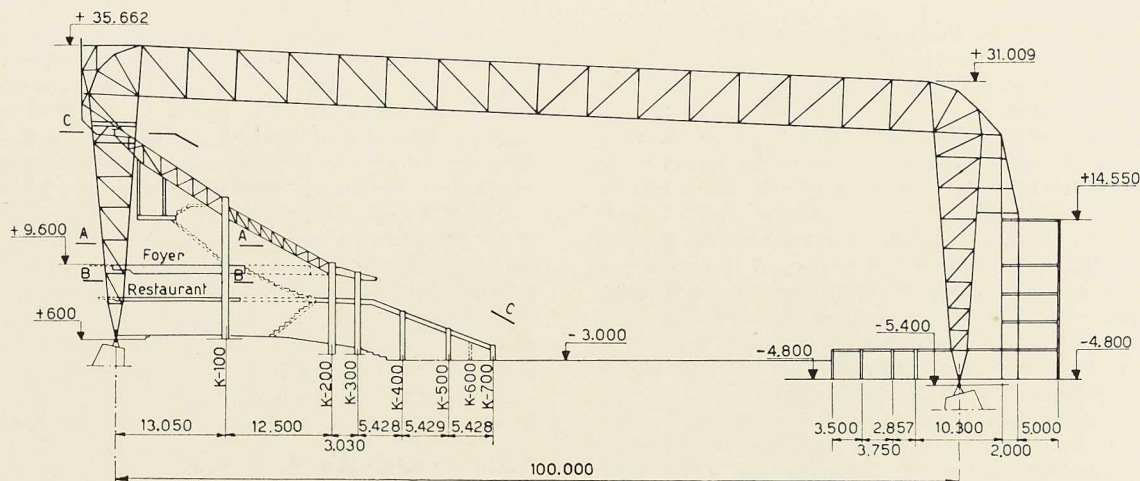


Fig. 1. Ossature métallique de l'Auditorium de Mexico.

Guillermo
Salazar Polanco

Ingénieur civil
Chef du Département
Construction de la S. A.
Macomber de Mexico

Ossature métallique soudée pour l'Auditorium de la ville de Mexico

Architecte F. Beltran Puga

On achève en ce moment à Mexico la construction, sur le terrain du Champ de Mars, précédemment destiné au jeu de polo, d'une ossature métallique pour un auditorium qui couvrira une surface approximative de 10 000 m² et pourra contenir 18 500 spectateurs.

La Macomber de Mexico, S. A., qui s'est spécialisée dans les constructions soudées, s'est vu confier le projet, la fabrication et le montage de cette ossature. Nous en donnerons ci-après une description générale, y compris quelques données techniques intéressantes.

Il convient de signaler dès maintenant certains facteurs qui ont influencé le projet et lui confèrent ses caractéristiques.

a) Le montage a été fait en se conformant rigoureusement au plan et en respectant absolument les hauteurs de poutres, portées, etc...

b) Des comparaisons au point de vue technique ont été faites grosso modo entre divers projets, étant donné la brièveté du temps alloué : environ 18 mois, partant de l'avant-projet, pour préparer et monter à peu près 5 000 t.

c) Seul l'acier de fabrication nationale « Monterrey » a été employé; le projet en fut quelque peu bridé, étant donné le petit nombre de profils disponibles : I standard, U et cornières. Les profils à larges ailes parallèles, si souvent utiles, ne se fabriquent pas au Mexique.

Description générale

L'Auditorium Municipal de Mexico affecte la forme d'un secteur circulaire ayant sur la circonférence, une façade d'un développement de 165 m, un angle au centre de 107° et un rayon de 90 m environ. Les axes des gradins, ainsi qu'on le voit sur le schéma de la figure 2, concourent au centre de la circonférence de façade. La toiture est supportée par huit grands cadres radiaux et les deux murs latéraux de l'Auditorium : le centre de concours de ces cadres est à 42 m en arrière du centre des gradins à compter de la façade. Les colonnes des cadres rigides qui supportent la toiture se trouvent, en plan, sur une droite située à mi-

distance de ces deux centres, au-delà de l'espace destiné à la scène.

Les autres colonnes se trouvent à quelque 3 m de la façade.

Dans la partie arrière de l'Auditorium, derrière la scène, se trouve un bâtiment en forme de U renversé, dont les ailes pénètrent dans l'Auditorium proprement dit, de part et d'autre de la scène. Ces ailes abritent des services des cabines de radio et de télévision et sont couronnées par une série de statues de 10 m de hauteur. L'autre partie du bâtiment se compose de cinq étages et de deux galeries longitudinales. Elle est destinée à des locaux divers, des réserves et à l'installation de l'équipement d'air conditionné.

Les gradins, disposés radialement, sont appuyés sur les cadres principaux et sur une série de colonnes notées K-100, 200, 300, 400, 500 et 600. Les axes des cadres de gradins et ceux des cadres principaux ne coïncident pas, puisqu'ils ont des points de concours distincts. Entre les cadres principaux et l'axe K-100, se trouvent le niveau du restaurant (voir figure 1, coupe longitudinale de l'Auditorium), le niveau du foyer et un corridor suspendu donnant accès aux issues des gradins moyens et supérieurs. Entre les axes K-100 et 200, on trouve d'abord les escaliers qui mettent en communication le vestibule et les issues des gradins inférieurs, par l'intermédiaire d'un corridor, d'où partent les escaliers qui mènent aux niveaux du foyer et du couloir suspendu. Il est intéressant de noter qu'aussi bien le restaurant que le foyer sont en communication avec les issues des gradins à leur niveau respectif, par des passerelles aboutissant dans les corridors; entre les axes K-200 et K-300 se trouve un couloir de distribution courant tout le long des gradins inférieurs et, dans le haut de ceux-ci, la cabine de projection et les installations sanitaires. En dessous des gradins inférieurs et entre les colonnes se trouve un espace utilisé comme cave et magasin. Au bas des gra-

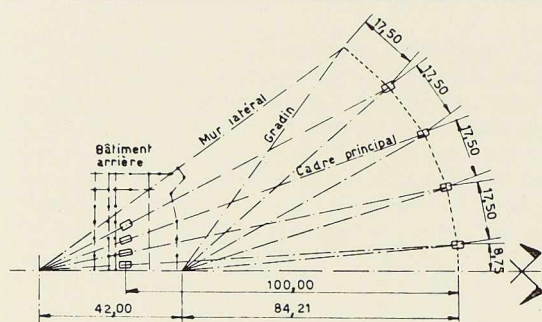


Fig. 2. Plan général des axes de l'ossature.

dins, la zone comprise entre ceux-ci et la scène est destinée à certains spectacles, tels que équitation, hockey, basket-ball, etc... Cet espace pourrait éventuellement être couvert de gradins mobiles, quand l'Auditorium sert de lieu de réunion ou de salle de concerts, de manière à augmenter la capacité en spectateurs.

L'ossature métallique de l'Auditorium est constituée des éléments suivants qui, bien que formant un ensemble, peuvent être décrits séparément au point de vue fabrication et montage.

- a) Cadres principaux de toiture;
- b) Murs latéraux;
- c) Ossature des gradins;
- d) Ossature du bâtiment de scène.

Cadres principaux de toiture

Nous avons déjà mentionné que l'ossature supportant la toiture est constituée de huit cadres radiaux placés systématiquement par rapport à l'axe longitudinal de l'Auditorium. Leur portée varie de 100 m pour les deux cadres centraux à

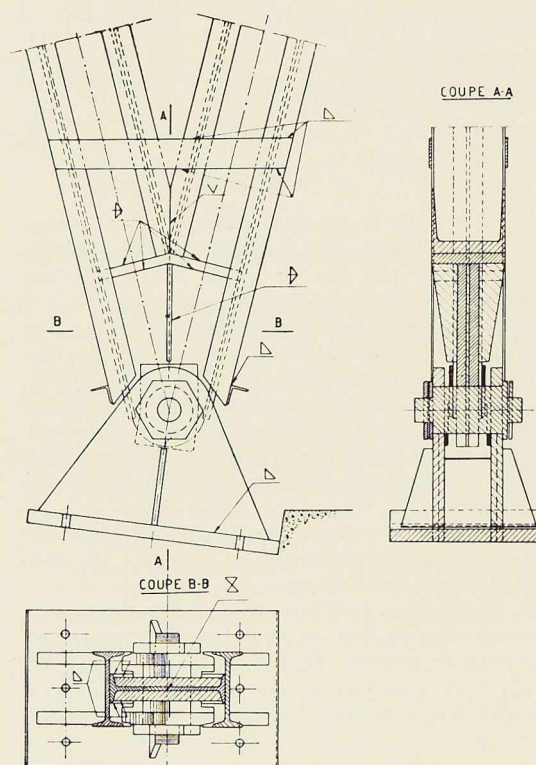


Fig. 3. Articulation et base d'un cadre rigide.



à 89,40 m pour les deux cadres d'extrémité. Ils sont doublement articulés à leurs pieds : les rotules sont au niveau + 0,60 pour les colonnes antérieures et + 5,40 m pour les colonnes postérieures. Les hauteurs des deux colonnes d'un même cadre étant identiques (32,22 m), cette différence de cote donne à la poutre de toiture une inclinaison d'environ 1/20, ce qui assure un excellent écoulement des eaux.

Les alternatives suivantes ont été examinées et comparées :

1° 8 poutres rigides en L, articulées à la base des colonnes et à l'autre extrémité du L sur un arc métallique franchissant la scène. Cet avant-projet s'est montré le plus lourd et, de plus, peu résistant à l'effet d'un tremblement de terre agissant dans la direction de l'axe de symétrie de l'Auditorium.

2° 4 cadres rigides bi-articulés qui furent jugés lourds, d'autant plus que les entretoises de liaison devenaient très importantes.

3° 8 cadres rigides doublement articulés. C'est ce projet qui s'avéra comme étant le moins lourd et offrant le plus de facilité de montage.

Triangulation des cadres principaux

Nous avons dit que les cadres rigides étaient jumelés et bi-articulés : ils sont formés par deux colonnes triangulées de section variable du pied au sommet et d'une poutre de tête qui, pour les plus grands, a une portée de 100 m. La triangulation est du type Pratt avec panneaux de 6 m ; vers les rotules, on adjoignit des diagonales de compression, analogues aux raidisseurs que l'on met dans l'angle des cadres à âme pleine. Dans le restant de la triangulation, les diagonales travaillent en traction et les montants en compression. Ces derniers sont soudés bout à bout, alors que les diagonales embrassent la membrure. La hauteur de ces poutres triangulées est de 6 m et la distance entre les axes de deux cadres jumelés est de 2,60 m, distance rendue obligatoire par le peu de place entre colonnes à la partie postérieure (côté de la scène), qui n'est que de 3,50 m environ de centre à centre (fig. 4).

Les membrures, tant inférieure que supérieure, sont constituées d'un profil composé ; l'âme est une poutrelle de 15" et les ailes sont, ou des poutrelles ou des U de hauteur variable, pour s'ajuster à l'effort que subit l'aile. Les montants sont doubles, constitués de 2 U formant caisson.

Fig. 4. Ossature des gradins.

Fig. 5. Ossature du niveau « foyer ».

Fig. 6. Ossature du niveau « restaurant ».

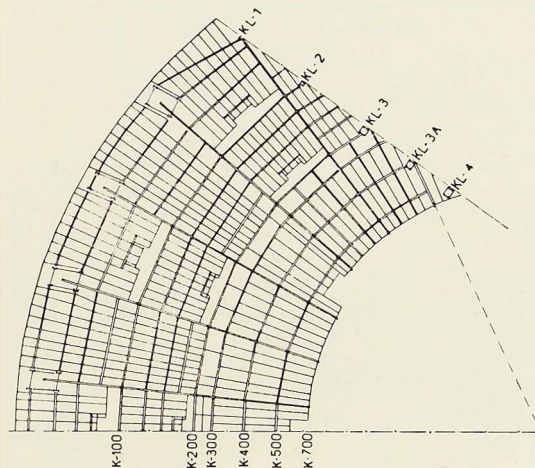


Fig. 4.

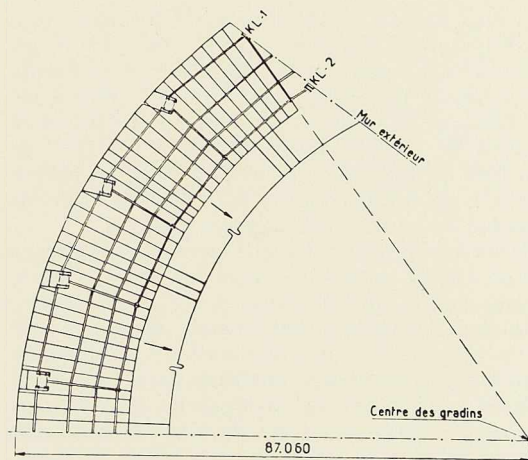


Fig. 5.

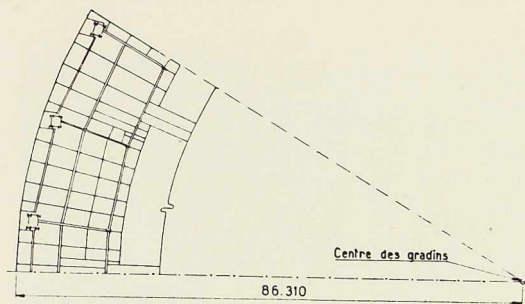


Fig. 6.

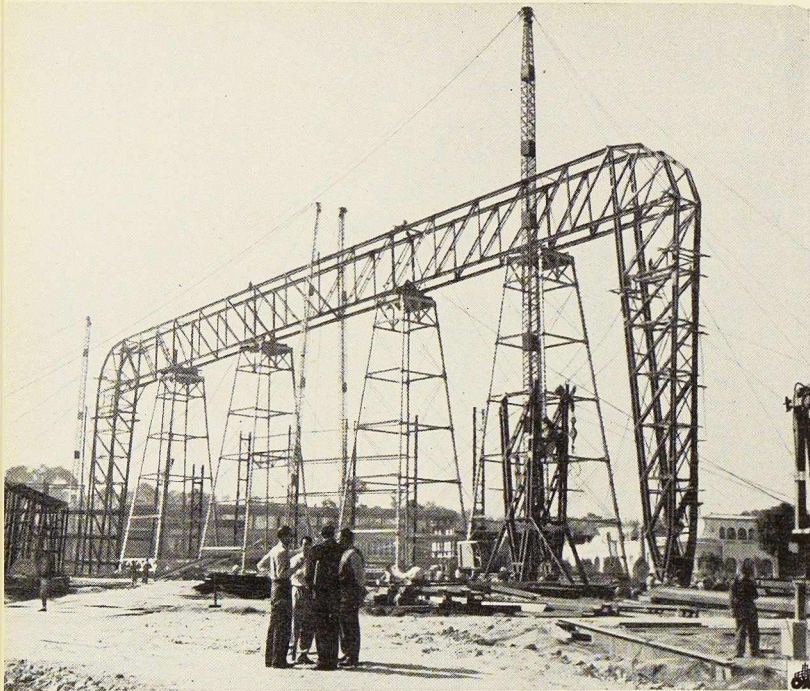


Fig. 7. Montage du 1^{er} cadre sur échafaudages.

Les diagonales sont identiquement formées, mais les 2 U sont soudés à des plaques séparatrices qui maintiennent entre elles une distance suffisante pour laisser passer la membrure. Le cadre a été préfabriqué en tronçons de longueur variant entre 4 et 24 m, dont les poids varient de 6 à 15 t, de manière qu'il puisse être mis en place au moyen d'une grue et que, d'autre part, il y ait le moins possible de joints à exécuter sur chantier.

Deux arcs jumelés, distants comme nous l'avons dit de 2,60 m, sont reliés entre eux par une triangulation du type Warren, l'une à l'intrados, l'autre à l'extrados. Aux nœuds principaux de l'ossature, on posa des montants de compression tous les 6 m, montants constitués par 2 U formant caisson : ces pièces transmettent les efforts dus à un séisme normal à l'axe de l'Auditorium, par l'intermédiaire de l'ossature aux cadres qui supportent les pannes et la couverture. Dans le plan vertical, et transversal au cadre, ces pièces sont reliées par une croix de cornières formant un

contreventement de torsion qui augmente la rigidité à la torsion de la poutre horizontale du cadre. Les montants sont formés chacun de 2 U soudés en caisson et leurs assemblages sont faits bout à bout, ces pièces travaillant en compression. Les diagonales sont formées de 2 U passant à l'extérieur du profil composé qui constitue la membrure (fig. 5).

Assemblage des cadres

Dans les grands cadres on trouve trois types d'assemblages qui ont été exécutés comme suit :

Assemblage entre diagonales, montants et membrures

Comme il a déjà été dit (fig. 5) les assemblages A et A' caractérisent le cadre. Les diagonales passent de part et d'autre des membrures en entamant leurs ailes : l'assemblage est complété par une plaque soudée. Par contre, dans la poutre, les ailes ne sont pas entamées et les montants sont soudés bout à bout avec pénétration complète.

Assemblage du coude

Cet assemblage est le plus compliqué du cadre, du fait que six pièces de profils composés concourent au nœud. De plus, l'intensité des efforts en ce point exige que ces pièces soient importantes. Au centre de l'assemblage, il y a des raidisseurs pour empêcher le flambage et les fortes déformations locales.

Joints de chantier dans la poutre et les colonnes

Comme nous l'avons déjà dit, les poutres sont doubles et chacune des moitiés longitudinales a été construite en dix tronçons variant de 4 à 24 m, et pesant de 6 à 15 t, de manière à ce que chacun puisse être soulevé avec l'équipement dont on disposait et qui se composait de deux grues de 20 t, une de 15 et une de 10. La soudure de pénétration complète est théoriquement suffisante pour assurer l'assemblage : cependant, étant donné la difficulté d'effectuer les soudures et de les inspecter fréquemment, les assemblages furent renforcés par des plaques logées dans le creux formé par l'âme et l'une des ailes (fig. 4).

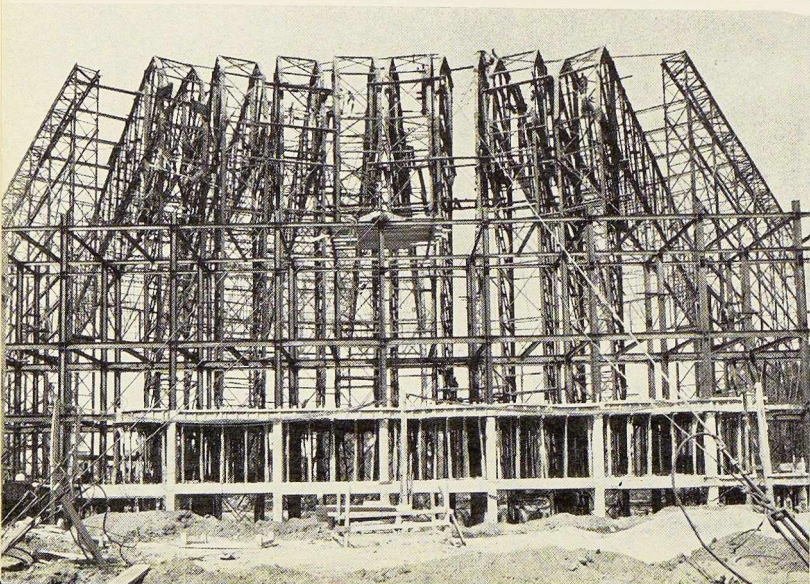


Fig. 8. Colonnes des cadres du côté arrière du bâtiment. On remarque l'ossature du bâtiment postérieur.

Fig. 9. Montage du 2^e cadre au moyen de mâts de montage.

Articulation des cadres

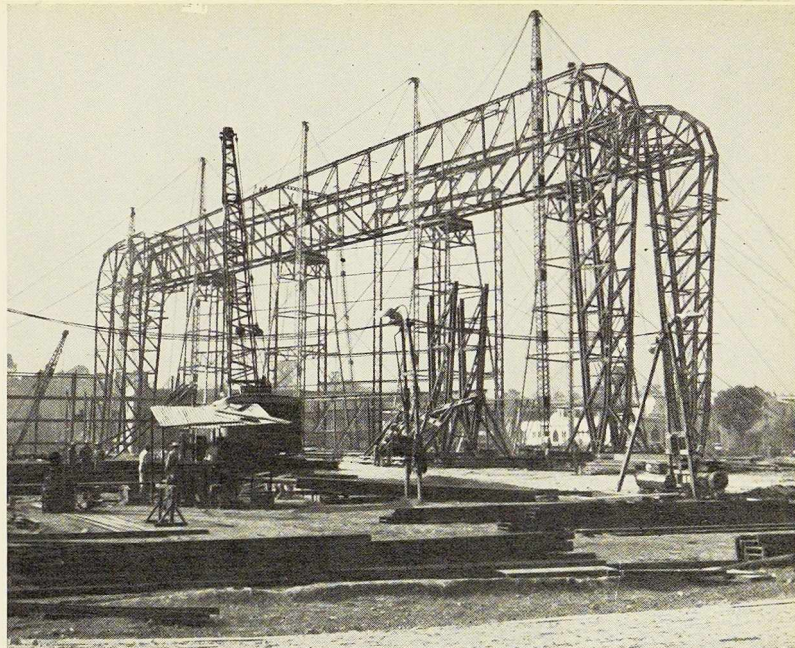
Ces articulations du type « à broche » sont réalisées en acier A-7, mais pour les broches elles-mêmes, on prit comme contrainte admissible à la pénétration $1\,400\text{ kg/cm}^2$ (fig. 3). Comme le montre la figure, le « V » de l'articulation est formé de deux profils composés, constitués chacun de trois poutrelles standard de 15". Cette zone a été raidie avec deux équerres placées de part et d'autre : la concentration des efforts a été étudiée sur un modèle photo-élastique. Les bases des articulations sont visibles sur la même figure. Les plaques verticales ont été étudiées en tenant compte des charges critiques de flambage, avec un coefficient de sécurité de 2. Quelques difficultés furent éprouvées pour la soudure des bases, en ce qui concerne les contractions et déformations : les plaques d'assise de 2" 3/4 d'épaisseur se courbaient lorsque l'on y soudait les plaques verticales destinées à recevoir la poussée de l'écrou.

Pour éviter ces déformations, il fallut souder deux bases simultanément, en fixant dos à dos les plaques d'assise. La base est ancrée à la semelle de fondation par six boulons noyés dans le béton sur la tige desquels fut enfilée une douille permettant un certain jeu pour faciliter le montage des cadres : une fois le travail fini, l'espace entre le boulon d'ancrage et la douille est rempli de béton.

Hypothèse de calcul et charges

On a pris comme base 250 kg/m^2 de surcharge en plus du poids propre estimé aux environs de 1 t par mètre courant. La charge sur les gradins a été prise égale à 800 kg/m^2 y compris le poids propre de l'ossature. Comme charge horizontale, on considéra le vent soufflant sur le mur latéral de la façade avec une intensité de 70 kg/m^2 . En ce qui concerne le tremblement de terre, on considéra une accélération égale à 1/20 de l'accélération de la gravité et agissant soit en direction normale à l'axe de l'Auditorium, soit suivant cet axe. Les cadres des gradins furent considérés comme liés à ceux supportant la couverture, la

Fig. 10. L'ossature vue de la terrasse du Casino militaire.



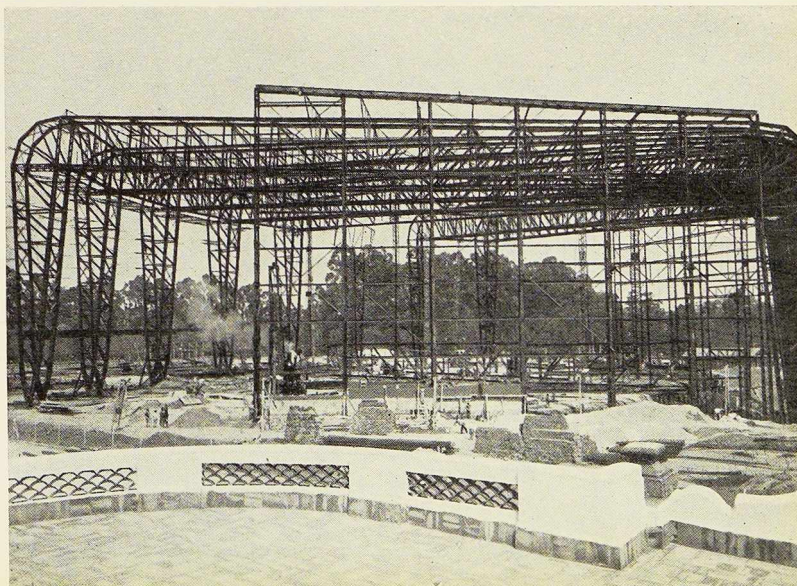
liaison se faisant par l'intermédiaire d'articulations au niveau des gradins supérieurs et du foyer. De cette façon, les efforts dans les cadres de la toiture sont diminués alors que ceux dans les cadres des gradins sont augmentés.

En ce qui concerne les effets sismiques normaux à l'axe de l'Auditorium, les grands cadres sont considérés comme liés entre eux par les triangulations Warren dont il a été question ci-dessus.

Montage

Le poids approximatif de chaque cadre atteint 200 t, y compris contreventements, appareils d'appui, etc.

La première méthode de montage proposée était d'assembler les vingt parties qui forment le cadre total, maintenues provisoirement en place par des échafaudages. Cette méthode exigeait non seulement des échafaudages mais encore obligeait à exécuter les soudures en position difficile.



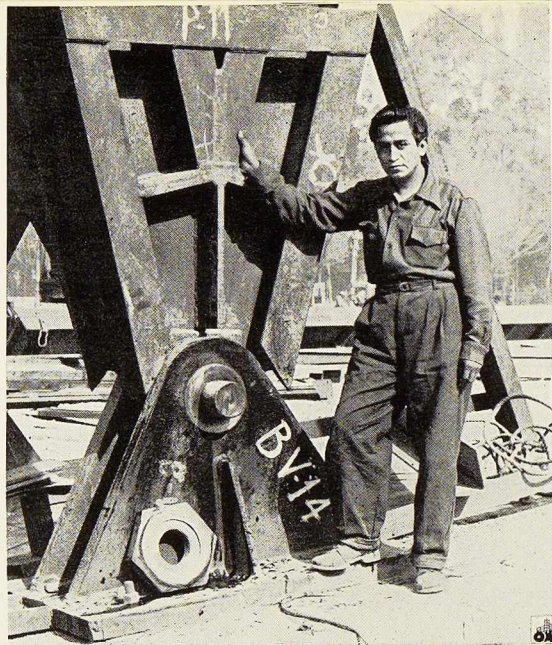


Fig. 11. Articulation de pied d'un cadre.

Pour réaliser les assemblages, il était nécessaire d'élever les tronçons sur les échafaudages et de les y asseoir par l'intermédiaire de vérins de 10 t permettant de les soulever jusqu'en position correcte. Il fallait ensuite les fixer provisoirement, au moyen de clips, avant de commencer les travaux de soudage. Ce procédé fut suivi pour le premier cadre, mais sa lenteur et les difficultés de soudure furent telles que pour les cadres suivants, les poutres furent exécutées au sol et hissées tout entières au moyen de deux mâts de montage. Elles furent ensuite soudées, les soudures étant placées aux points d'inflexion. Ce procédé se montra le plus économique et le plus rapide, bien qu'un peu dangereux.

Gradins

Description générale

On peut diviser les gradins en quatre parties :

1. Les gradins supérieurs qui sont entièrement

compris entre les colonnes des cadres principaux et la première série circonférencielle de colonnes (K-100, fig. 4).

2. Les gradins moyens compris entre la première et la seconde série circonférencielle des colonnes.

3. Les gradins au niveau du foyer, situés entre la seconde et la troisième série de colonnes et comprenant, en outre une zone en porte-à-faux encastrée dans cette troisième série et en communication directe avec le foyer (fig. 5).

4. Les gradins inférieurs qui sont localisés entre la troisième et la sixième série de colonnes et, qui sont par conséquent, soutenus par les colonnes intermédiaires.

Chacune de ces parties de gradins constitue un tronç de cône dont les générations ont les inclinaisons suivantes: 30°4, 29°30, 25°25, 20°43/40". Il convient d'insérer dans cette description le foyer et le restaurant qui, tous deux, sont de forme annulaire et se trouvent entre les colonnes de cadres principaux et la première série circonférencielle de colonnes. Le restaurant (fig. 6) est limité par les cadres principaux (II-I et II-D) et le foyer par les murs latéraux. Entre le foyer et les gradins supérieurs se trouve le corridor suspendu faisant communiquer directement la partie inférieure des gradins supérieurs avec le foyer.

Ossature

L'ossature principale des gradins consiste en une série de huit cadres radiaux reliés aux cadres principaux de l'Auditorium et deux cadres latéraux liés aux colonnes extrêmes. De plus, dans le sens radial également, on trouve à la partie des gradins inférieurs, deux cadres circonférenciels entre chacun des cadres principaux. Ces derniers cadres sont reliés suivant la circonférence par une série de poutres principales aux divers niveaux.

L'ossature principale des gradins supérieurs forme une série de passages de forme trapézoïdale. Dans le but de faciliter les fondations, les colonnes des gradins sont articulées à leur pied et pour leur donner la rigidité nécessaire pour résister aux charges horizontales elles ont été reliées rigidement aux poutres circonférencielles. D'autre part, disposant d'une hauteur limitée par le point de vue architectural, ces éléments ne pouvaient pas être surchargés et on fut amené à adopter une ossature secondaire circonférencielle transmettant les effets des charges aux éléments radiaux principaux qui, eux, possèdent des hauteurs relative-

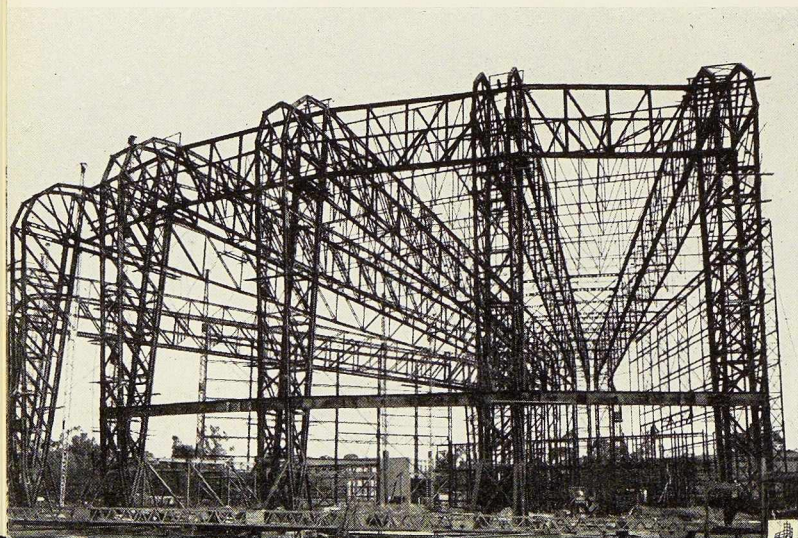


Fig. 12. Charpente vue du côté de la façade principale.

vement grandes. Cette ossature secondaire supporte d'une part une série de suspentes du couloir suspendu et, d'autre part, la série de poutres principales reliant entre elles les colonnes (K-100).

Une ossature secondaire des gradins moyens a été également prévue et est semblable à celle des gradins supérieurs, avec la différence qu'elle comporte trois fermes secondaires radiales. L'ossature secondaire au niveau du foyer consiste en deux poutres circonférencielles qui soutiennent sept séries des poutres radiales entre cadres principaux. L'ossature du niveau restaurant est analogue.

Hypothèse de calcul

Les charges envisagées pour le projet de l'ossature sont les suivantes :

Gradins	750 kg/m ²
Couloirs et escaliers	800 kg/m ²
Foyer et restaurant	650 kg/m ²
Installations sanitaires	600 kg/m ²

La méthode de calcul employée pour les cadres radiaux a été décrite. On les a considérés comme travaillant conjointement avec les cadres principaux de l'Auditorium.

Les cadres principaux circonférenciels formés d'éléments rigidement unis, furent calculés par la méthode de Cross. En ce qui concerne les effets sismiques, les calculs ont été faits en tenant compte des degrés de liberté que possède chacun des cadres, les cadres des gradins inférieurs ont un degré de liberté et tous les autres en ont deux. La distribution des moments a été faite en négligeant la rigidité à la torsion des pièces, considérant que tous les éléments des cadres sont coplanaires. Les éléments d'ossature du restaurant et du foyer ont été calculés comme librement appuyés. Les poutres secondaires radiales qui supportent le foyer et le restaurant sont continues et se prolongent en porte-à-faux vers l'extérieur pour recevoir la façade vitrée.

Bâtiment arrière

Il a été fait mention de ce que, à la partie postérieure de l'Auditorium et immédiatement derrière les colonnes des cadres, on a élevé un bâtiment de service de cinq étages, constitué par deux baies de 5 et 2 m de large. Sa longueur est de 60 m et son ossature comporte des colonnes à larges ailes, dont l'âme est orientée dans la direction de la plus grande longueur du bâtiment, et des poutrelles I standard. Elle fut établie en cadres rigides de 7 m de largeur et 17 m de

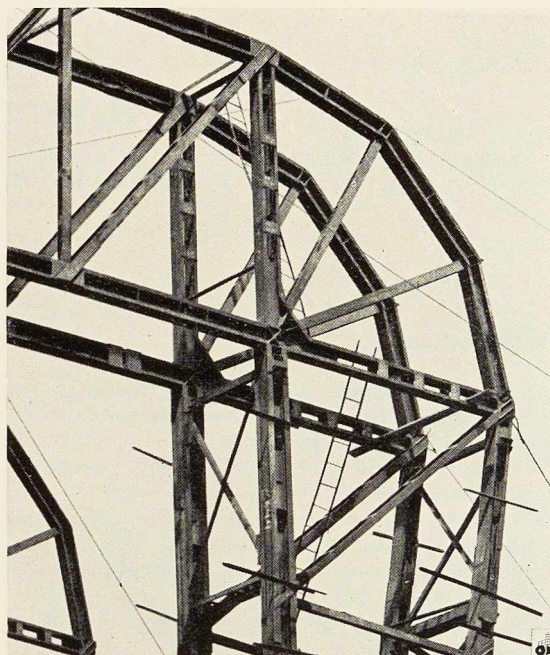


Fig. 13. Quelques assemblages typiques des cadres.

hauteur. Chaque cadre comporte treize colonnes du type ci-dessus indiqué. Le cadre est soudé au sol et élevé au moyen de deux petits mâts de levage, puis placé sur ses semelles de fondation et immédiatement fixé aux poutres longitudinales.

Le bâtiment a été conçu comme étant une ossature d'acier continue dans les deux directions. Les charges considérées dans le calcul sont de 450 kg/m² pour l'entresol, 400 pour la terrasse et 800 dans la zone des locaux de réserve. On a considéré également l'action sismique dans deux directions : dans la direction longitudinale des 60 m de façade les colonnes reprennent les effets sismiques par leur rigidité et dans la direction normale cette action est reprise par des pièces s'assemblant aux colonnes des cadres principaux.

L'Auditorium Municipal est la propriété du Département du District Fédéral, il fut construit par la Direction des Travaux Publics. L'entrepreneur général est la « S. A. Constructora Internacional » et la Macomber de Mexico fut chargée de la construction et du montage de l'ossature métallique. L'auteur du projet est l'Architecte Fernando Beltran Puga.

G. S. P.

A. Soete,
Ingénieur à la S. N. C. B.

Note sur les profils T enrobés de béton

Introduction

On a souvent reproché au béton armé de ne pas permettre l'exploitation rationnelle de la résistance élevée qu'on peut atteindre actuellement sans trop de difficultés. En effet une tension de compression élevée dans le béton suppose une hauteur de construction réduite, or en diminuant la hauteur on augmente la quantité d'acier nécessaire pour les armatures. Si cette quantité devient trop grande, il est pratiquement impossible de disposer rationnellement l'armature et de réaliser un bon enrobage.

D'autre part les tensions dues aux efforts tranchants croissent rapidement quand la hauteur diminue de sorte que l'armature d'effort tranchant devient également très importante et rend le bétonnage difficile.

Il est pourtant possible pour les poutres sur deux appuis, de remédier dans une large mesure à ces inconvénients et de profiter de la haute résistance du béton sans être obligé d'augmenter les tensions dans l'acier.

On peut en effet utiliser des profils T réalisés par le découpage longitudinal de profils I. Ces profils doivent toutefois être adaptés pour obtenir une solidarité suffisante avec le béton, par exemple en passant des barres de faible diamètre dans des trous forés dans l'âme des poutrelles (1).

L'âme de ces T reprend les efforts tranchants de sorte qu'aucune armature spéciale n'est nécessaire.

Pendant le bétonnage il faut étançonner ce profil en T en un ou plusieurs endroits car sa rigidité est insuffisante pour porter le poids du béton.

On peut de cette façon construire soit des hourdis ou des tabliers, soit des nervures qui peuvent porter le coffrage pour la dalle à couler entre celles-ci (2).

(1) V. FORESTIER, *Les constructions mixtes acier-béton*, éd. Centre Belgo-Luxembourgeois d'Information de l'Acier, 1949.

(2) Voir notamment : H. NEUFFER dans : *Der Eisenbahnbau*, mars 1951.

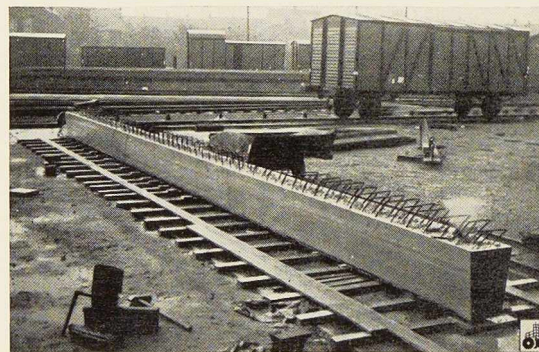


Fig. 1. Poutre DIN 60, découpée longitudinalement au chantier de bétonnage de la S. N. C. B. à Roulers.

L'utilisation de ces profils comme armature est rationnelle dans les cas où la hauteur de construction disponible est limitée.

Ce système peut également trouver son application dans le platelage de ponts métalliques, les poutres T formant les traverses étant solidarifiées avec les poutres principales. Un exemple d'une telle construction a été présenté par M. Jenissens au concours de la *James Lincoln Arc Welding Foundation* (3).

Poutrelles en T enrobées

Comme nous l'avons dit le système décrit ci-dessus présente l'inconvénient d'exiger un étançonnement de la poutrelle pendant le bétonnage.

Il est toutefois possible d'éviter cet étançonnement et de profiter de l'avantage que présentent les tabliers en poutrelles enrobées.

On sait que les constructions en poutrelles en I symétriques enrobées ne sont pas économiques et de nombreuses recherches ont déjà eu lieu dans le but de réduire la consommation d'acier.

(3) *Welded deck highway bridges* (p. 72), Ed. The James F. Lincoln Arc Welding Foundation.



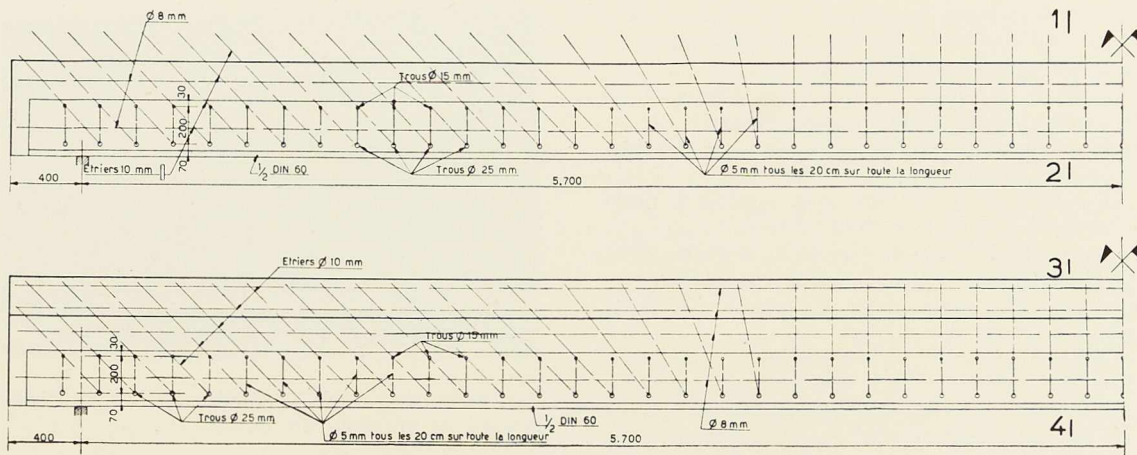


Fig. 2. Poutres d'essais.

En haut : Nervure sans table de compression.

En bas : Nervure avec table de compression.

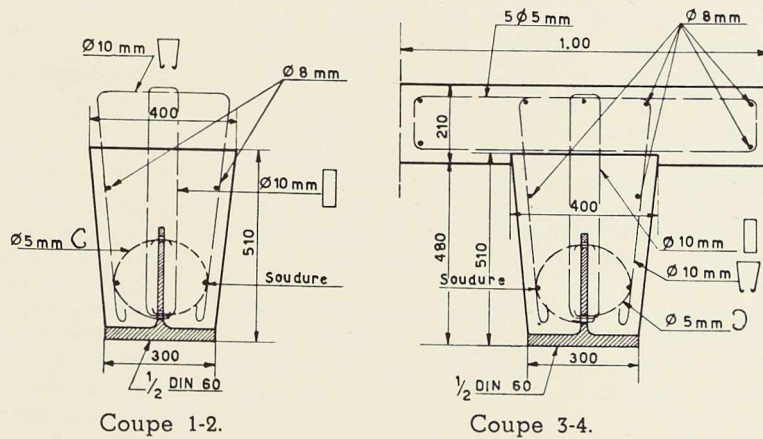


Fig. 3. Coupes transversales des poutres d'essai.

Coupe 1-2.

Coupe 3-4.

Rappelons ici quelques résultats de recherches américaines (1). Le tableau ci-dessous donne le poids approximatif d'acier laminé comparé à la poutre laminée sans action composite.

	Poids approximatif d'acier laminé
1. Poutre en I symétrique enrobée sans action composite	100
2. Poutre en I symétrique enrobée avec action composite	92
3. Comme 2, mais avec échançonnage provisoire, pendant le bétonnage	77
4. Profils asymétriques avec action composite	82 à 69

5. Comme 4, mais avec échançonnage provisoire pendant le bétonnage 64 à 40

Nous ne considérons pas ici les procédés créant une précontrainte dans les profils.

Les méthodes qui réalisent la plus grande économie d'acier ne sont donc très souvent pas applicables car elles obligent d'échançonner les poutres pendant le bétonnage.

D'autre part la constitution de profils asymétriques est coûteuse, de sorte que ces méthodes

(1) Voir « Contribution au calcul des ponts à poutres multiples », par Ch. MASSONNET (*Annales des Travaux Publics de Belgique*, 1950) et FRÖLICH dans *Der Bauingenieur*, mars 1950.



n'entrent en ligne de compte que quand un profil laminé ordinaire ne peut suffire, soit donc pour des portées déjà importantes.

Le profil en simple T par contre obtenu par le découpage longitudinal d'une poutrelle I ne coûte environ que 10 % plus cher au kilo que les profils laminés.

La construction de tabliers ou hourdis à l'aide de simples T se fait en deux phases :

On construit d'abord d'après la méthode donnée à l'introduction une nervure capable de porter outre son poids mort, le poids de la dalle reliant les poutres.

Ceci peut se faire au chantier même, à proximité de l'emplacement définitif des poutres (fig. 2 et 3).

Le simple T seul ne peut en général porter tout le poids du béton, car l'âme qui n'est pas raidie à sa fibre supérieure voilera sous une charge relativement faible.

En l'enrobant de béton, on préfabrique une nervure qui, mise en place, peut recevoir le coffrage et le béton de la dalle reliant les nervures.

Dès que le béton de la dalle est durci, l'ensemble travaille comme une poutre nervurée pour reprendre les tensions dues aux surcharges fixes et mobiles.

Ceci suppose une adhérence parfaite non seulement entre la poutrelle et le béton, mais également entre la nervure et la dalle. Nous avons vu comment la première condition peut être satisfaite.

Quant à la deuxième elle donne lieu à des difficultés dans les constructions mixtes et nécessite l'utilisation d'ancrages spéciaux très rapprochés.

Dans le cas actuel cette difficulté est largement simplifiée.

En effet des étriers sont posés en attente passant à travers le joint de reprise et assurant ainsi une adhérence suffisante entre les deux blocs de béton. Ces étriers reprennent en même temps l'effort tranchant dû aux surcharges.

Signalons encore que la nervure préfabriquée pénètre de 3 cm dans la dalle afin d'éviter le joint de reprise à un mauvais endroit. Ceci permet d'ailleurs de poser directement l'armature inférieure de la dalle sur la nervure préfabriquée.

Il serait possible de créer sans difficulté une compression préalable dans la semelle du T pendant la fabrication de la nervure, diminuant ainsi la tension finale dans cet élément en laissant les extrémités du profil en porte-à-faux pendant le bétonnage. On créerait simultanément une contre-flèche dans la nervure.

Ceci a toutefois pour effet d'augmenter la tension de compression du béton, ainsi que le risque

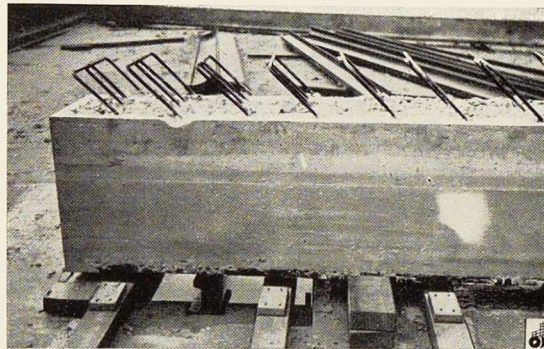


Fig. 4. Poutre DIN 60 découpée longitudinalement et enrobée de béton.

de fissuration à la fibre inférieure. C'est pourquoi nous avons abandonné cette idée pour l'essai exécuté.

Poutre expérimentale

La S. N. C. B. disposant d'un stock assez important de profils DIN 60 provenant de la démolition des ponts provisoires les réutilisa dans la construction de passages supérieurs pour réaliser des tabliers à poutrelles enrobées.

Dans de tels projets pour un tablier de 11,40 m de portée, la tension de l'acier était, sans tenir compte du béton, de 1 265 kg/cm².

En reprenant exactement les dimensions pour l'enrobage du béton, prévues dans le projet mais en remplaçant le I par la moitié de la section, la tension calculée était de 1 289 kg/cm² soit une majoration de moins de 2 % par rapport à la poutrelle enrobée complètement. Les diagrammes des tensions, calculées en supposant $m = 10$ et en appliquant simplement la loi de Hooke sont donnés à la figure 6.

Il fut par conséquent décidé de construire une poutre expérimentale ayant les caractéristiques des figures 2 et 3.

Une DIN 60 fut découpée longitudinalement et envoyée à Roulers au chantier de bétonnage de la S. N. C. B. où on construisit d'abord la nervure (fig. 1 et 4).

Après vingt-six jours elle fut posée sur ses deux appuis constitués par des rails.

La tension dans l'acier sous poids mort atteignait, d'après le calcul, 234 kg/cm². Des lectures sur deux *straingages* ont donné 200 et 164 kg/mm². Ce décalage est normal puisque pour tous les calculs on a supposé que le béton tendu était fissuré.



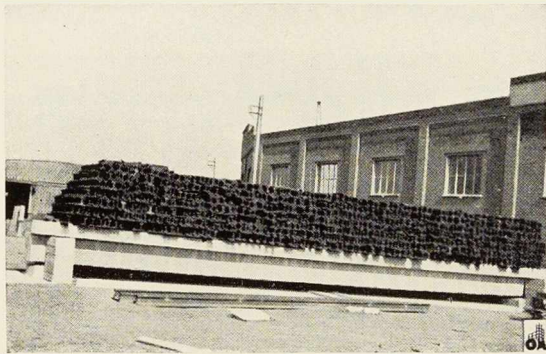


Fig. 5. Essai de charge d'une poutre enrobée.

Des difficultés pour la suspension du coffrage à la poutre unique nous ont obligé d'étaçonner partiellement le coffrage sur le sol. Pour créer toutefois les mêmes contraintes dans la poutre que celles qui se présenteraient sur un chantier ou tout le coffrage porterait sur les poutres on a suspendu sur les côtés des charges composées de rails pendant le bétonnage de la dalle. Ces poids furent enlevés en même temps que le coffrage.

Les essais de la poutre complète ont été retardés par suite de la période d'hiver peu favorable et n'ont eu lieu que le 95^e jour après le bétonnage de la dalle.

Le chargement a été effectué à l'aide de bouts de rails qui ont été posés perpendiculairement à l'axe de la poutre (fig. 5). Afin de connaître exactement la charge en chaque endroit de la poutre, toute la surcharge fut pesée au fur et à mesure de sa mise en place sur la poutre. Celle-ci était divisée en douze tronçons qu'on chargea approximativement de la même quantité sauf pour les tronçons d'about.

Sous la charge de service de 3,458 t/m, soit 0,778 t/m de surcharge fixe (pavage) et 2,680 t/m de surcharge mobile on a relevé une flèche de 7,5 mm, soit 1/1520 de la portée.

Les tensions calculées sous cette surcharge étaient de :

Pour l'acier : 1 289 kg/cm²;
 Pour le béton : 109 kg/cm² dans la face de raccord entre la dalle et la nervure;
 72 kg/cm² à la nervure supérieure.

Fig. 6. Diagramme des tensions calculées en supposant $m = 10$ et en appliquant la loi de Hooke.

La tension mesurée dans l'acier a été de 830 et 1 220 kg/cm².

A ce moment aucune fissure n'était apparue dans la poutre.

L'essai a été poursuivi et toute la quantité de mitraille mise à notre disposition a été chargée sur la poutre (70 t réalisant une surcharge de 6,563 t/m soit 2,16 fois la surcharge prévue (fig. 5).

Vers la fin de l'essai, soit pour une surcharge de 6,224 t/m des fissures capillaires dans le béton tendu sont apparues d'abord dans la section centrale, puis dans les sections plus près des appuis. En aucun endroit les fissures n'ont dépassé le stade capillaire.

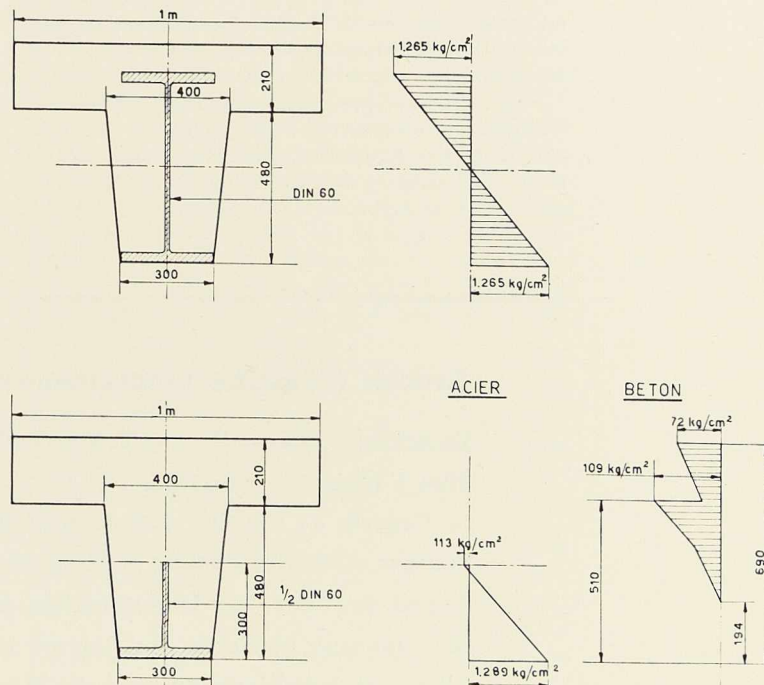
Entre la dalle et la nervure aucun glissement n'a été observé.

La flèche s'est accrue linéairement jusqu'à la charge de 5 t/m. A la fin des essais elle atteignit 2,25 cm.

La poutre est restée plusieurs semaines sous cette surcharge réalisant un coefficient de sécurité supérieur à 2. Après quinze jours la flèche avait augmenté de 5 mm et quelques fissures supplémentaires étaient apparues.

En aucun moment on n'a décelé une fissure entre la dalle et la nervure.

Les armatures secondaires ont donc réalisé une adhérence suffisante entre poutrelle et béton et



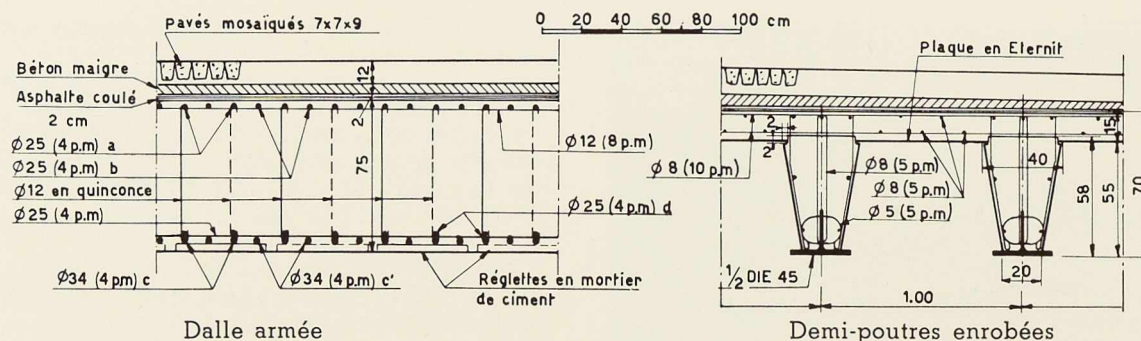


Fig. 7. Comparaison de deux solutions constructives.

entre nervure et dalle, et ont donc bien assumé le rôle qui leur était dévolu.

Applications possibles

Les tabliers en poutrelles laminées symétriques enrobées, bien que absorbant une grande quantité d'acier sont encore fort appréciés dans certains cas, notamment quand il s'agit de construire un pont au-dessus d'une ligne de chemin de fer et que le gabarit ne permet pas l'établissement d'un échafaudage.

Dans ces cas une construction en demi-poutrelles enrobées conformément à la poutre essayée ne consomme que 56 % de l'acier nécessaire dans la solution classique tandis que la quantité de béton n'a pas augmenté.

Nous croyons que cette économie d'acier dédommagera largement le supplément de prix, résultant de l'augmentation du poids de la poutre à lancer et de la meilleure qualité nécessaire pour le béton.

Nous comparons d'autre part (à la figure 7), un pont-dalle en béton armé ordinaire et une solution en demi-poutrelles enrobées de 12,40 m d'ouverture. La première solution exige une plus grande quantité d'acier et la nécessité d'installer un échafaudage au-dessus de la voie pour porter le poids complet du béton. Dans l'autre hypothèse le coffrage de la dalle est réalisé à l'aide de plaques en éternit posant sur le béton d'enrobage.

*
**

Nous tenons à remercier ici M. Bouciqué, Directeur de la Voie de la S. N. C. B., M. Hainaut, Ingénieur en Chef, adjoint au Directeur, et M. Degreef, Ingénieur en Chef du Service des ouvrages d'art pour les encouragements qu'ils nous ont prodigués et notamment pour avoir autorisé le chantier de Roulers de réaliser les essais décrits.

A. S.

Articles à paraître prochainement :

Le nouveau « Lever House » à New-York.

Silos à grains de Marseille.

Le Congrès de l'Institut International de la Soudure à Stockholm.

Maisons coloniales « Baume et Marpent ».

Emploi de l'acier dans la construction des garages.

Les nouveaux bâtiments des Acières et Hauts Fourneaux d'Ijmuiden (Pays-Bas).

Charpente métallique du Hall de Westphalie (Allemagne).



P. Ducuroir,
Chef du Bureau d'Etudes
des Ateliers
de La Louvière-Bouvy

L'ossature métallique dans les centrales électriques

On remarque, depuis plusieurs années, une évolution importante dans la construction des grands bâtiments industriels.

Des conceptions nouvelles qui nous viennent d'Amérique ont véritablement bouleversé l'art de bâtir.

S'inspirant résolument de ces hardies conceptions, nos ingénieurs, nos architectes et nos constructeurs ont fait la part très large à l'ossature métallique, car ils ont compris l'énorme avantage qu'ils pouvaient en tirer tout en conférant aux bâtiments industriels une allure gracieuse quasi inconnue auparavant et tout en donnant à nos entreprises sidérurgiques et métallurgiques un essor nouveau.

C'est qu'en effet, l'acier, à volume égal ou à poids égal, est le matériau le plus résistant employé dans les constructions; celui avec lequel on peut réaliser en toute garantie de sécurité ce que, auparavant, on n'osait concevoir. L'ossature métallique des bâtiments industriels est ainsi née grâce à la clairvoyance des constructeurs des premiers « skyscrapers » qui avaient dû résoudre le difficile problème de donner au terrain bâti une survaleur nécessaire pour compenser les prix exorbitants des terrains à bâtir.

Depuis, l'emploi de l'acier s'est justifié chaque jour, car sa résistance très élevée permet une adaptation aisée aux problèmes les plus divers et, par une étude approfondie de chaque cas particulier, de calculer très exactement les diverses sections des éléments en réalisant une sérieuse économie.

Ces nouvelles méthodes de construction ont été rapidement adoptées pour l'érection des grandes et hautes centrales électriques de notre pays. Il était en effet pratiquement difficile de bâtir des édifices aussi hauts et supportant des charges aussi importantes avec d'autres matériaux.

Au gros avantage dû à la réduction sensible des sections des éléments portants viennent s'ajouter encore la diminution de la main-d'œuvre sur le chantier et le gain nettement appréciable résultant de la rapidité d'exécution.

Une économie nettement appréciable a encore été réalisée par l'adoption de plus en plus étendue de la soudure, qui a permis de réduire

encore le poids de l'acier utilisé au mètre cube de construction. La technique des assemblages a été sensiblement modifiée, l'organisation générale des chantiers s'en est également trouvée changée avec avantage et, à l'économie de poids résultant de l'emploi de la soudure, il faut ajouter l'avantage intéressant de la résistance à la rouille des gros assemblages soudés n'offrant plus de prise aux infiltrations d'eau.

Toutes les usines belges d'entreprises métalliques ont évidemment adopté d'emblée la construction des bâtiments à ossature en acier; elles se sont efforcées de suivre attentivement cette nouvelle orientation offerte à leur activité laborieuse. Entrant résolument dans la voie qui s'ouvrait devant eux, leurs dirigeants n'ont jamais rien négligé depuis de nombreuses années pour s'entourer du personnel technique nécessaire à l'étude approfondie de tous les problèmes quelconques de construction, à la réalisation impeccable des charpentes à l'usine et au montage rapide sur place des installations les plus vastes et les plus compliquées parce que dépendant des exigences toujours croissantes de l'équipement nouveau des bâtiments industriels.

Chacune des grandes usines belges a apporté une large contribution, dans la période de l'entre-deux guerres, à moderniser la plupart des installations de nos grosses industries, tant dans le rayon des charbonnages, des entreprises sidérurgiques, des vastes complexes des industries chimiques, des filatures et des usines d'alimentation, que dans celui plus particulier des puissantes centrales électriques.

Après la libération de nos territoires, certaines édifications de centrales électriques furent rapidement citées en exemple et attirèrent en Belgique de nombreux techniciens étrangers vivement intéressés par l'essor donné chez nous à l'ossature métallique des hauts bâtiments industriels.

Parmi les plus remarquables réalisations de la grosse construction métallique exécutées en Belgique au cours des dernières années, il y a lieu de noter tout particulièrement l'érection des divers bâtiments de chaufferie construits par les Ateliers de La Louvière-Bouvy et que représentent



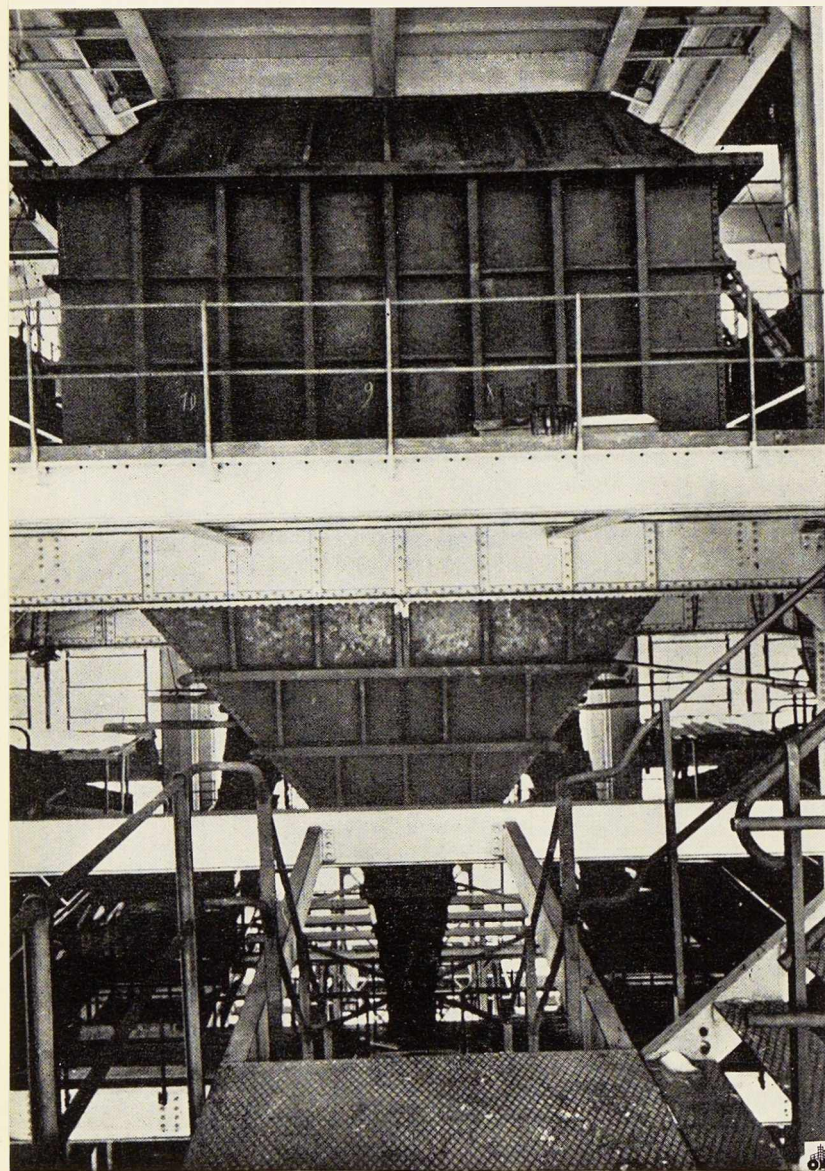


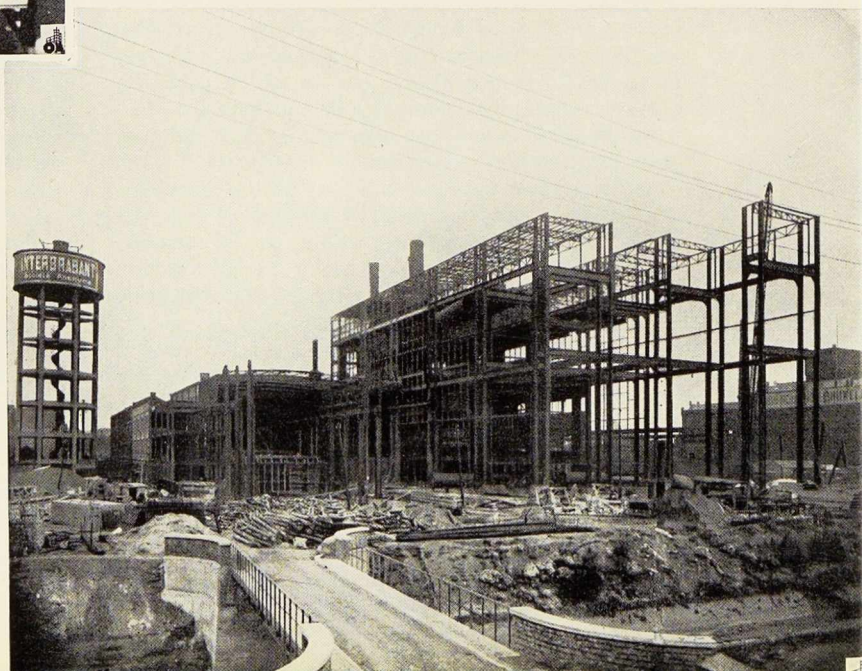
Fig. 1. Silos à charbon pour chaufferie.

Fig. 2. Ossature de la Centrale de Schaerbeek de la Société Interbrabant.

les figures 1 à 5. L'une de ces chaufferies notamment, celle du bassin de la Sambre, a une hauteur totale de 60 m environ; à cette hauteur rarement atteinte jusqu'à présent pour une construction métallique industrielle se trouve installé, sur quatre des colonnes principales, un château d'eau constitué par un réservoir métallique de 16,430 m de long et 6,350 m de large, avec une profondeur de 2,350 m, pouvant admettre une hauteur d'eau de 2,210 m représentant un volume de 230 m³. C'est dire à suffisance que l'on a tiré tout le profit possible des caractéristiques élevées et uniformes de résistance, d'élasticité et de ténacité de l'acier. Toutes les hypothèses du calcul ont été satisfaites en tenant compte des sollicitations normales et accidentelles avec des coefficients de sécurité amplement suffisants.

L'étude a été très poussée également au point de vue du montage et on s'est efforcé, dans la plus large mesure possible, de réduire au strict minimum le travail sur le chantier en réalisant à l'usine le maximum des assemblages.

Nous situerons rapidement cette installation au point de vue technique en disant que cette nouvelle chaufferie est un bâtiment occupant en principal une surface de 54 m de long sur 18 m de large, divisée en trois travées carrées de 18 m de côté déterminées par les colonnes maîtresses entre lesquelles viennent s'implanter d'autres colonnes soutenant les silos à charbon et les chaudières. A l'arrière se trouvent deux travées de 18 m de long sur 7,500 m de large; elles sont occupées l'une par des tableaux de distribution de l'énergie électrique, l'autre par des appareils de manutention, les monte-charges, les ascenseurs et les escaliers. Deux des grosses colonnes principales et les deux colonnes de cette travée de manutention et d'accès soutiennent le réservoir à eau dont le niveau supérieur se situe à 60,620 m au-dessus du sol.



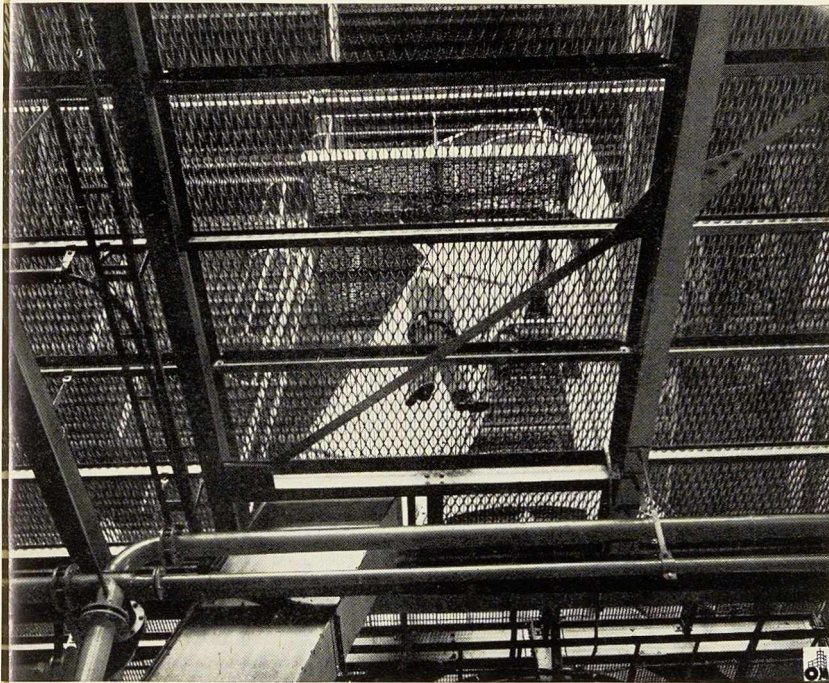


Fig. 3. Caillebotis utilisés dans les chaufferies de centrales électriques.

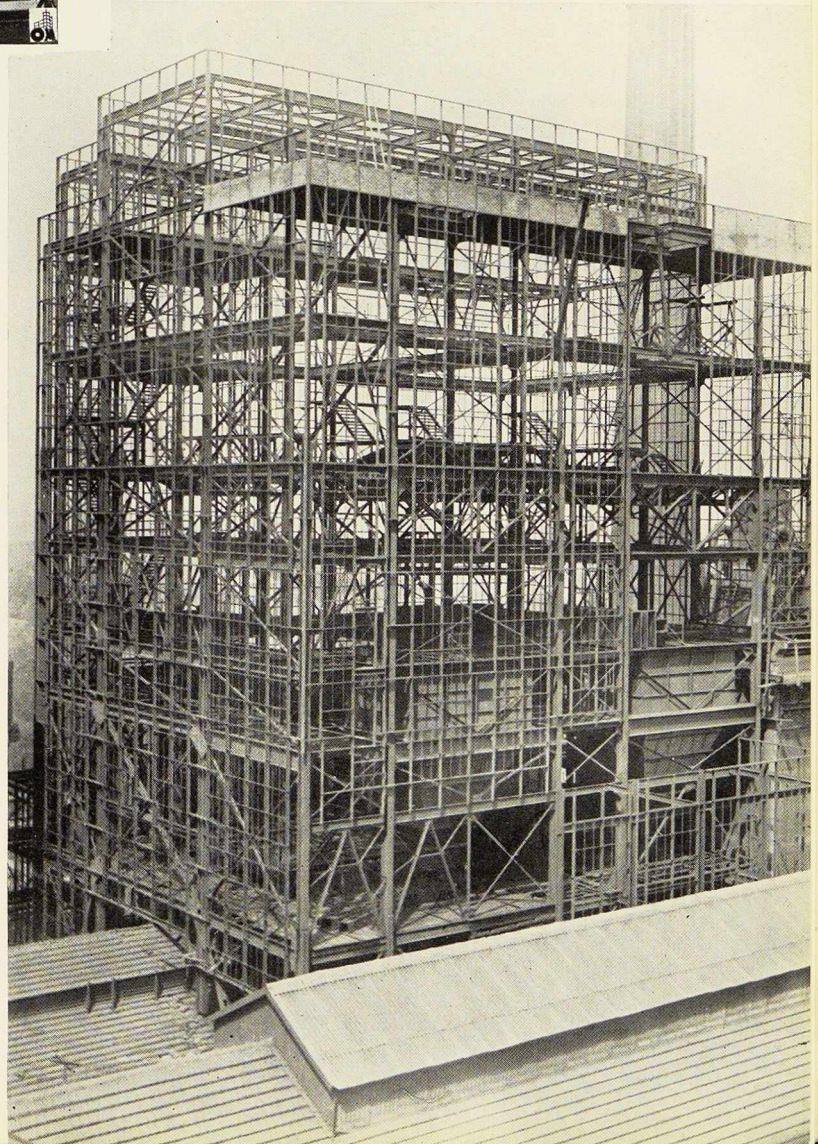
Pour le montage, un mât métallique a été construit spécialement; il est composé de six tronçons égaux de section carrée de 1 m de côté en cornières de $120 \times 120 \times 12$ mm reliées par un treillis sur les quatre faces, la partie tournante d'attache des câbles de haubannage étant à 65 m au-dessus de la crapaudine d'assise. Ce mât, d'un poids de 18 t, était équipé d'un treuil électrique permettant l'enroulement d'un câble continu de plus de 1 000 m de longueur.

Fig. 4. Ossature métallique de la chaufferie des Charbonnages de Beeringen.

Quatre planchers principaux occupent cette haute construction; ils se trouvent : le plancher de chauffe à 10,200 m au-dessus du sol, le plancher de distribution du charbon au moyen de convoyeurs, à 22,700 m, le plancher des dépoussiéreurs et de dessus des silos à charbon à 33,700 m et celui des ventilateurs à 47,700 m.

La toiture est du type en terrasse et constituée par un dallage en éléments préfabriqués recouverts d'un pavement; elle est supportée par des fermes en treillis de 1,750 m de hauteur; le niveau du pavement se situe à 54,400 m au-dessus du sol de la cour.

Les Ateliers de La Louvière-Bouvy ont coopéré pour la plus large part à la réalisation de ces nouveaux bâtiments en construisant notamment l'ossature entière de la chaufferie, certains appareils d'équipement intérieur, des bâches d'eau et des citernes de purge en tôles soudées et rivées, les escaliers d'accès aux différents planchers et diverses passerelles en caillebotis. Ce sont ses monteurs spécialisés qui ont assuré, dans un minimum de temps, sans aléas et sans accidents, le montage de toutes les charpentes dont le poids est de plus de 3 000 t. Cette besogne a été ainsi menée à bien au moyen d'un matériel moderne, bien approprié et mis au service d'une équipe entraînée à ces travaux difficiles et de grande envergure.



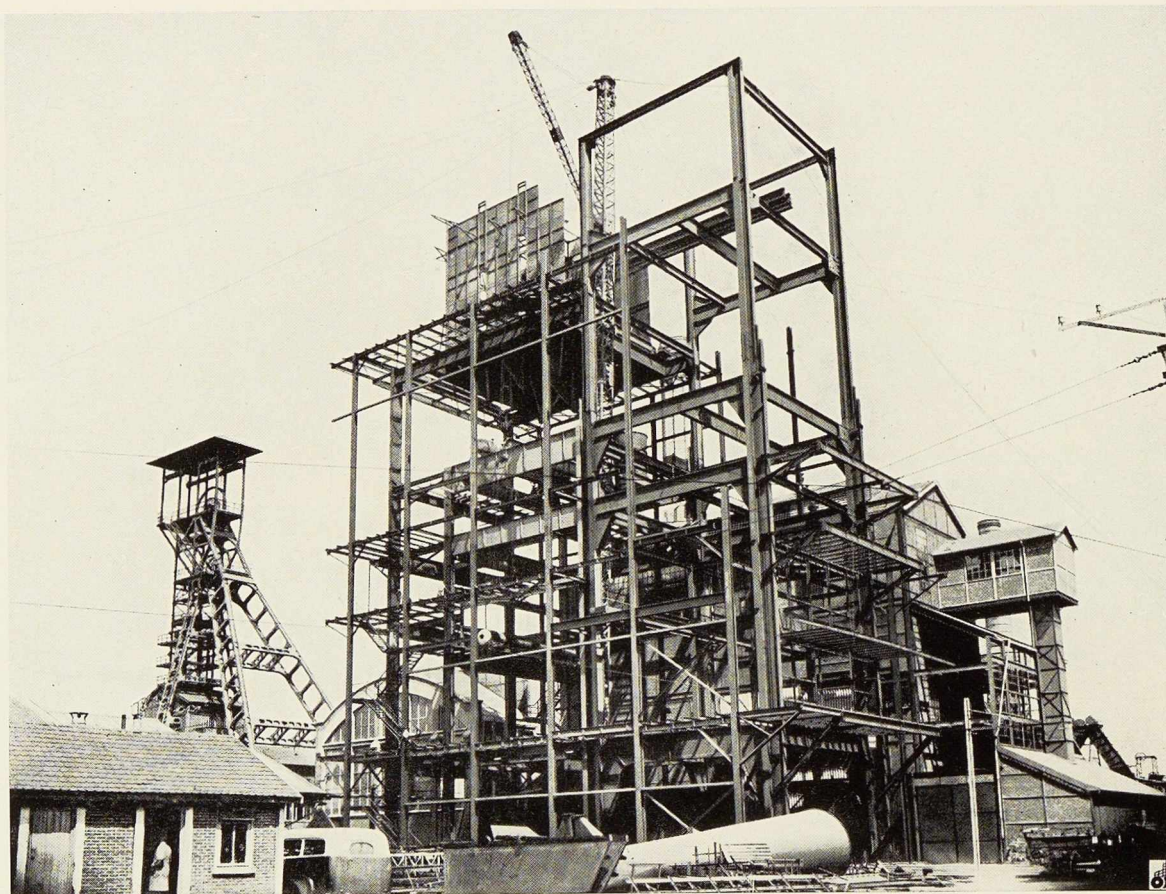


Fig. 5. Charpente métallique de la chaufferie des Charbonnages d'Hérisies-Pommerœul.

Des divers clichés pris au cours des travaux de montage se dégage, compte tenu de la robustesse de l'ensemble, une véritable impression de légèreté générale et de réelle élégance donnée par l'élanement des colonnes, dont les principales pèsent environ 52 t. Ces colonnes, construites en deux ou trois tronçons, sont composées de poutrelles Grey assemblées par rivures.

Il faut signaler également l'application du caillebotis métallique qui a déjà été utilisé avec succès dans diverses chaufferies.

Ces planchers alvéolés, à mailles carrées ou losangées, qui offrent toute garantie au point de vue de la solidité ont le grand avantage de la légèreté, car leur poids au mètre carré de surface couverte peut atteindre jusqu'à 50 % du poids

des planchers pleins; si on ajoute à cela leur remarquable luminosité, on conçoit aisément la faveur dont ils jouissent et la généralisation de plus en plus grande de leur emploi, qui rend les bâtiments industriels beaucoup plus agréables en les éclaircissant.

Combien sont suggestives également les autres photos reproduites afin de montrer la judicieuse utilisation de toute la série des fers profilés, depuis les poutrelles Grey de 100 DIN jusqu'aux petits fers d'habillage des façades, en passant par la gamme entière des profils de sections diverses ainsi que des tôles et larges-plats employés pour les grosses poutres composées.

P. D.



A. Defay,
Ingénieur A. I. Br.

La défense des ossatures d'acier contre le feu

Traditionnellement, on protège l'ossature métallique par un enrobage en béton : plusieurs règlements locaux l'exigent d'ailleurs encore expressément. Cet enrobage est fort lourd et fait perdre en partie l'avantage que peut offrir la légèreté de l'ossature d'acier : on a calculé que dans un immeuble d'habitation de douze étages, 15 % au moins de l'acier de la charpente ne sert qu'à supporter l'enrobage protecteur en béton ou en maçonnerie.

On a cherché divers moyens d'alléger cet enrobage ⁽¹⁾ : en y ménageant des lames d'air, en employant des briques creuses ou du béton de ponce. Malheureusement la protection contre le feu offerte par ces matériaux laisse à désirer ; quant aux lames d'air, elles présentent le défaut de créer, à l'intérieur du bouclier protecteur, des cheminées verticales dans lesquelles les gaz chauds peuvent s'engouffrer.

La *Gypsum Association* préconise d'enrober l'ossature métallique de plaques légères à base de plâtre qui, à épaisseur égale, retardent l'échauffement de l'acier bien plus efficacement que le béton.

L'acier ne perd sa résistance que vers 500° ou 600° et on conçoit que mieux il sera isolé thermiquement de la source de chaleur, plus longtemps il résistera sans fléchir. Quant à la bonne tenue au feu du plâtre, elle a été notée depuis des années par divers expérimentateurs : des essais faits en France au four expérimental ont montré que du béton recouvert de plâtre est bien moins désagrégé par la chaleur qu'un béton nu.

La protection légère préconisée est constituée d'une couche de plâtre, fourni en longues bandes perforées, sur laquelle on applique une couche d'un enduit spécial qui ne pèse que 1,5 ou 1,6 kg par m² et par cm d'épaisseur. Une paroi ainsi composée et dont l'épaisseur totale atteint 5 cm est considérée, selon les prescriptions des règlements américains, comme résistant 1 1/2 h à l'incendie. Un accroissement de 12 mm de la couche appliquée accroît le temps de résistance

de 1/2 h. D'autre part, cet enrobage revient à 40 % moins cher que le béton traditionnel. Par exemple, l'habillage protecteur des colonnes se fait comme l'indiquent les croquis (fig. 1) qui donnent l'augmentation du temps de résistance au feu suivant l'épaisseur du revêtement.

Les colonnes sont enveloppées d'une ou deux couches de la « bande de plâtre », maintenue en place par des ligatures en fil de fer et on donne à l'enduit appliqué ensuite une épaisseur en rapport avec le temps de résistance requis ; si néces-

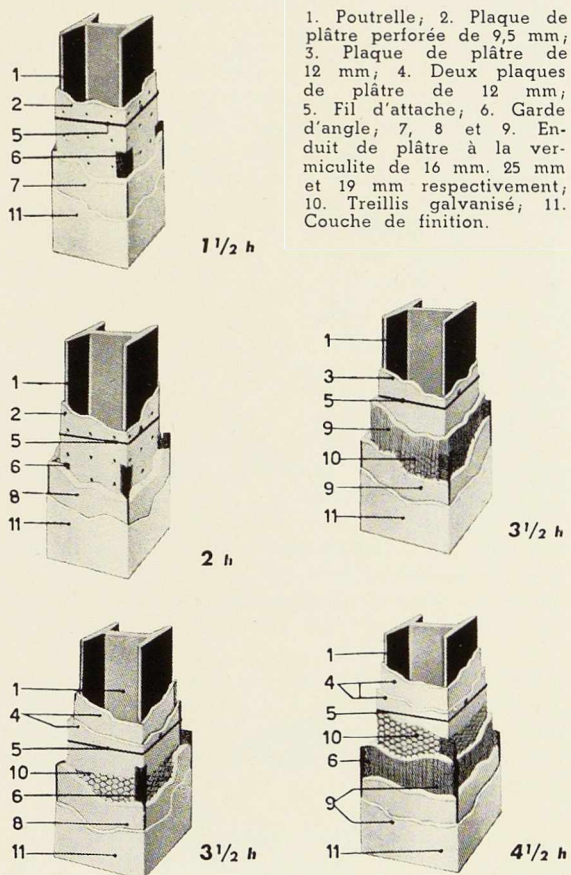
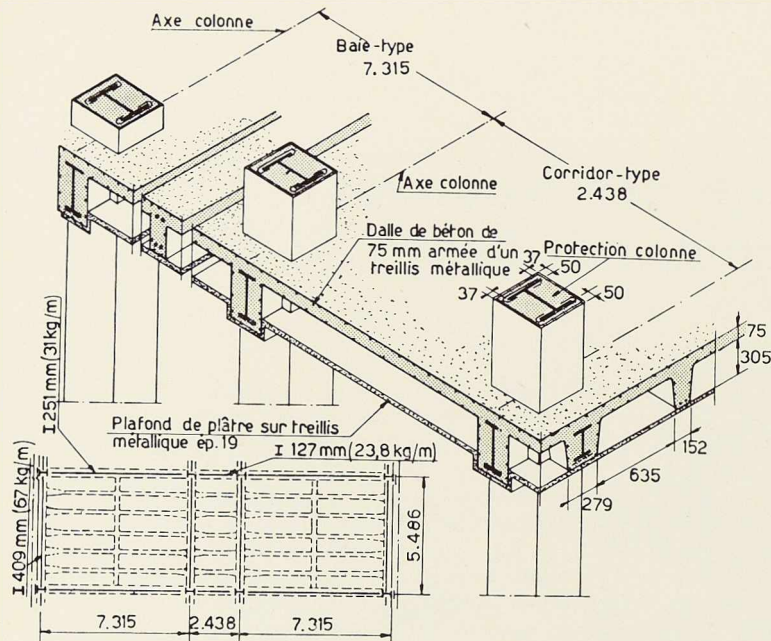


Fig. 1. Habillage protecteur des colonnes.

⁽¹⁾ Bonson, *Acier, Fer, Fonte dans le Bâtiment*, pages 61 et 100.

L'Ossature Métallique, n° 1-1950, p. 20.

L'Ossature Métallique, n° 4-1948, p. 194.



saire, cette couche est renforcée par des gardes d'angle ou une même gaine complète en treillis métallique.

La couche d'enduit se compose de plâtre mêlé de vermiculite, ou de perlite, au lieu de sable. La vermiculite est un mica et la perlite une roche volcanique qui, sous l'effet de la chaleur, s'exfolie et gonfle leur volume de près de dix fois par suite de la vaporisation de leur eau de constitution. Traitées au four, elles donnent un produit pulvérulent qui, grâce à l'expansion qu'il a subie, est d'une densité très faible : il pèse en moyenne 121 kg/m³, alors que le sable en pèse environ 1 560.

Ce gonflement qu'on leur fait subir, leur confère non seulement ce poids spécifique très faible, mais aussi un coefficient de conductibilité calorifique très bas (env. 0,045) : une couche de 3 cm de plâtre gâché avec la vermiculite a maintenu pendant longtemps une différence de 700° entre ses deux faces.

Le diagramme, figure 4, permet de se faire une idée de la différence de vitesse de transmission de la chaleur à travers une couche de plâtre gâché au sable et une couche de plâtre à la vermiculite.

Des essais de résistance au feu ont été fait en Amérique par le Bureau of Standards et le Laboratoire des Entrepreneurs (Underwriters' Laboratory), les résultats obtenus sont résumés dans le tableau.

La carapace de béton ordinaire assurant à une poutrelle de 380 mm une résistance au feu de 4 h pèse 283 kg/m. La même protection peut être réalisée par 2,5 cm de plâtre à la vermiculite

Fig. 2. Solution : béton armé.

TABLEAU I. — Essais de résistance au feu

Construction	Description	Résistance
	Plancher d'acier recouvert de 5 cm de béton à la vermiculite. Plafond suspendu en plâtre à la vermiculite sur treillis métallique.	4 heures
	Plancher d'acier recouvert de 7 cm de béton ordinaire. Plafond de 2,5 cm de plâtre à la vermiculite sur treillis métallique.	4 heures
	Plancher d'acier type cellulaire avec remplissage (minimum 5 cm) de béton de cendrée. Plafond suspendu de 2 cm de plâtre à la vermiculite sur treillis métallique.	4 heures
	Protection d'une poutrelle : plancher en béton de 8 cm, plafond de 2,5 cm de plâtre à la vermiculite sur treillis métallique.	3 heures
	Cloison double : montants en bois, treillis métallique enduit de 2 cm de plâtre à la vermiculite.	1 heure

étendu sur treillis métallique avec un poids ne dépassant pas 29 kg/m.

Dans l'ensemble d'un bâtiment de 12 étages, supporté par 80 colonnes, la réduction de poids obtenue, en ce qui concerne la protection contre l'incendie, a atteint 260 t.

Le prix de la vermiculite est d'environ 10 % plus élevé que celui du sable, mais l'allègement qu'elle donne procure un bénéfice dépassant largement le supplément de frais qu'elle entraîne : en outre cet allègement permet dans bien des cas, d'envisager une charpente métallique légère, plus économique.

Au même titre que la laine de verre, la vermiculite peut s'employer comme matériau de remplissage isolant ; d'autre part, remplaçant le sable dans le béton, elle donne un béton léger et clouable, moins résistant il est vrai, mais constituant un excellent isolant thermique, acoustique et électrique. Il en fut fait un usage étendu dans plusieurs bâtiments notoires, tels que le *Field Building* à Chicago et le *Mercantile Bank Building* à Dallas (Texas), pour les planchers et les cloisons.

Trois architectes furent chargés par la *Gypsum*



Fig. 3. Solution : ossature métallique enrobée de béton.

Association d'établir une comparaison entre les constructions à ossature en béton armé, à ossature d'acier enrobé de béton et à ossature d'acier protégé par les matériaux légers qu'elle précède : ce travail envisage, pour chaque cas, une portion identique du bâtiment et a été fait en se basant sur une charge utile des planchers de

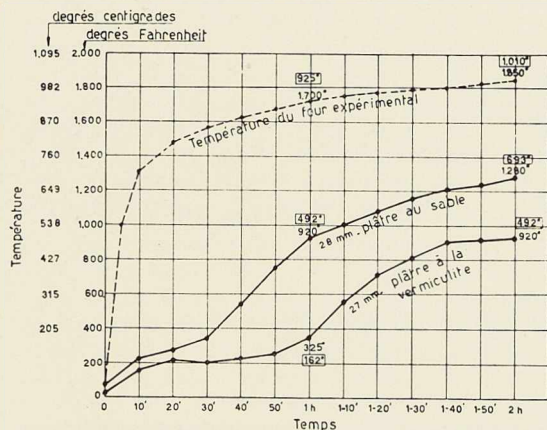


Fig. 4. Diagramme de transmission de la chaleur.

250 kg/m², plus 100 kg/m² pour les cloisons mobiles.

Les résultats obtenus sont illustrés par des croquis (fig. 2, 3 et 5).

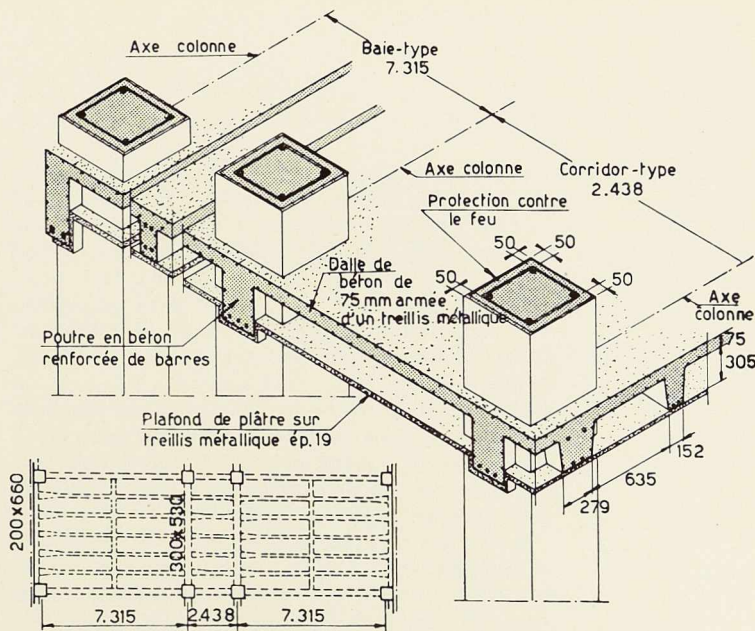
En Amérique, ces trois solutions reviennent respectivement, pour la portion du bâtiment envisagée, à :

Béton armé	§ 41,57
Ossature enrobée de béton	§ 51,02
Ossature légère avec enrobage léger	§ 30,84

L'échelonnement des prix de revient montre à suffisance que c'est le béton d'enrobage qui rend l'ossature métallique chère en la privant de deux de ses principaux avantages : la légèreté et la transformabilité. L'allègement de cet enrobage (qui entraîne un allègement de l'ossature elle-même), permettra de rendre l'ossature d'acier, économiquement parlant, plus intéressante encore.

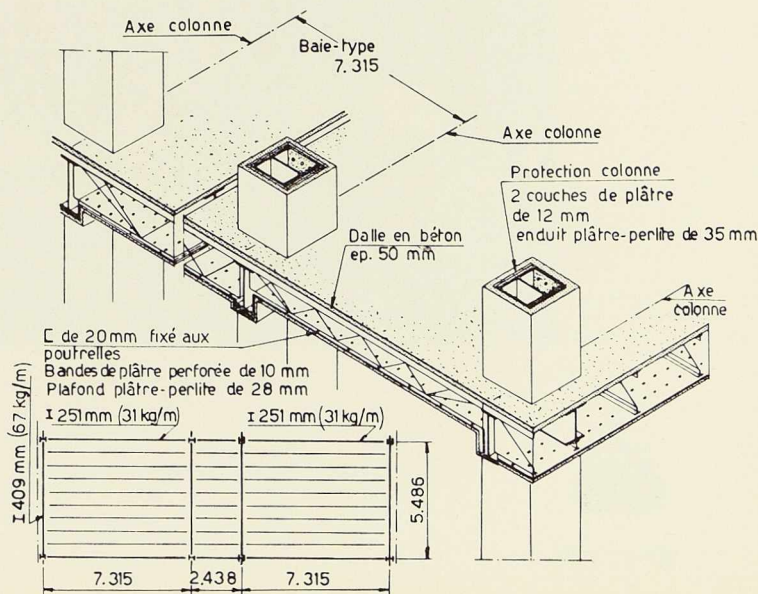
Un autre mode de protection des constructions

Fig. 5. Solution : ossature métallique légère avec enrobage léger.



métalliques contre le feu est la projection de laine minérale ou de fibre d'amiante en même temps qu'un adhésif résistant à la chaleur. On donne au revêtement ainsi projeté l'épaisseur nécessaire pour obtenir le temps de résistance désiré.

Dans le système Limpet par exemple, qui est largement usité en construction navale, la fibre d'amiante est projetée au moyen d'un pistolet à air comprimé comportant deux ajutages, l'un amenant l'amiante préalablement défibrée, l'autre l'adhésif. Les deux jets se rencontrent avant d'arriver au contact du métal à couvrir, ce qui permet au brouillard d'adhésif d'enrober complètement les fibres d'amiante avant qu'elles ne viennent s'entasser sur la surface métallique. La couche feutrée ainsi obtenue est, à cause de sa légèreté (densité : 0,19) un excellent isolant acoustique et thermique; toutefois pour la protection contre l'incendie, on la compacte au moyen d'une palette en bois et on la recouvre d'une nouvelle couche projetée jusqu'à obtention de l'épaisseur voulue.



Une semblable couche protectrice de 1 pouce (25 mm) d'épaisseur, soumise à des essais par la *Fire Testing Station*, a permis de maintenir pendant 4 h une différence de température de 1 000° C entre la face soumise au feu et l'autre.

D'autre part, une colonne de 3 m constituée d'une poutrelle de 8 × 6 pouces, protégée par 5 cm d'amiante projetée, fut soumise au « feu standard » sur toute sa longueur. Au bout de 4 heures, sa température, mesurée par thermocouple noyé dans la couche de protection, atteignait 210° C. Quarante-huit heures après cet essai elle fut remise sous charge, sans qu'elle ne donne aucun signe de faiblesse.

Enfin, il faut noter que malgré la sévérité bien connue des règlements américains sur la protection contre le feu, il a souvent été accordé de se passer de tout enrobage, même léger, quand les circonstances le permettaient : on peut citer le cas de l'immeuble de bureaux de la *Northwestern Mutual Fire Association* à Los Angeles ⁽¹⁾ et un garage à trois étages à Beverly Hills, en Califor-

⁽¹⁾ Voir description dans *L'Ossature Métallique*, n° 7/8-1952, p. 347.

nie. Dans ce dernier cas, il s'agit bien entendu d'un garage de parcage dans lequel on ne touche pas aux voitures entre leur entrée et leur sortie et qui, n'ayant pas de fenêtres, est en somme à l'air libre.

Rappelons à ce sujet que le Comité des Assureurs Belges a décidé d'appliquer les mêmes taux de prime aux ossatures métalliques non enrobées qu'aux ossatures en béton ou aux constructions en pierre.

Quoi qu'il en soit dans les cas où un enrobage est indispensable, soit du fait des exigences réglementaires, soit pour des raisons architecturales, il n'est pas douteux qu'il y ait intérêt à recourir à l'enrobage léger qui, aux avantages du poids et du prix, joint celui d'être un absorbant acoustique et celui d'une mise en œuvre rapide, tout en laissant à l'architecte la possibilité de modifier ou d'étendre la construction dans l'avenir.

A. D.

BIBLIOGRAPHIE
Architectural Forum, février 1952.
Eng. News Record, 6 mars 1952.
Fuel Economy Review, n° 30-1951.

Résistance des charpentes métalliques aux bombardements



Cette photographie illustre mieux qu'un long texte l'énergie de déformation qu'oppose la charpente métallique à l'effet de souffle et même à l'effet d'un coup direct en cas de bombardement.

Ce bâtiment industriel, certes partiellement déshabillé, a résisté parfaitement à l'effet d'un coup direct.



Laboratoire et salle d'essais de la firme Buhler Frères, Uzwil (Suisse) ⁽¹⁾

1. Historique

Depuis sa création (1860) la firme Buhler frères, constructeurs d'appareils de meunerie et de manutention, a toujours attaché une importance considérable à sa section d'essais. En février 1950, la direction envisagea la construction d'une nouvelle section d'essais. Après examen de divers emplacements possibles on se décida pour un terrain à l'Est du *Dorfbach*, malgré le mauvais sous-sol. L'avant-projet remanié de nombreuses fois devait répondre aux desiderata des divers services et notamment il fallait que chaque élément de la bâtisse puisse être agrandi ultérieurement sans difficultés. La soumission eut lieu en juin 1950 et les fondations commencées dès le mois d'août 1950. Malgré un retard dû au mauvais sous-sol, la construction fut sous toit en août 1951 et put être mise en service en février 1952 (à l'exception du laboratoire).

2. Organisation et architecture

La figure 3 donne le plan d'implantation de la construction, on y distingue quatre subdivisions :

1. Laboratoire à trois étages pour la meunerie, fonderie et recherches.
2. Bâtiment d'essais à quatre étages pour l'essai de tous les prototypes de machines.
3. Atelier à simple rez-de-chaussée pour le montage et la mise au point des prototypes, avec, en annexe, la cabine à haute tension d'une puissance de 1 280 kVA.
4. Tour à neuf étages pour l'essai des appareils de transport verticaux (meuneries et silos).

Les formes ont été imposées par les conditions techniques à remplir ce qui a plaidé en faveur de la toiture à deux pans pour les deux premiers bâtiments au lieu de toitures-terrasses, ceci afin d'abriter les installations de ventilation et la machinerie. Cette solution permit, lors de la surélévation des bâtiments, de rehausser la toiture sans devoir la renouveler.

3. Eclairage, ventilation, chauffage

L'éclairage a été réalisé dans tous les locaux

par tubes fluorescents, ce qui donne une lumière douce et uniforme.

La ventilation forcée n'a été prévue que pour la salle du rez-de-chaussée du laboratoire et pour la chambre noire par des canalisations en éternit. L'air ainsi introduit peut être chauffé soit par le chauffage central, soit par chauffage électrique pendant la période de transition. Comme mentionné plus haut, les ventilateurs se trouvent au grenier. Les canalisations pour la chambre de fabrication de l'acide perchlorique sont en grès avec accessoires en acier spécial V 4.

Le chauffage central de tous les locaux est assuré par une circulation forcée d'eau chaude. Il est assuré par un échangeur de chaleur d'une surface de chauffe de 30 m² se trouvant au sous-sol de la tour. La source de chaleur est la vapeur provenant de la chaufferie de l'usine. Le réglage a lieu par thermostat.

4. Fondations et constructions en béton armé

Ce complexe de bâtiment doit être transformable suivant les besoins; aussi a-t-on préféré l'acier pour toute la charpente à l'exception des cages d'ascenseur et de l'escalier. Les fondations sont en partie sur pieux et en partie sur radier en béton armé.

Pour la tour, le radier a une épaisseur de 70 cm sur lequel est érigé le sous-sol en béton armé jusqu'au niveau du sol. Ce sous-sol abrite la chaufferie. L'exécution des fondations a été faite à l'abri d'un rideau de palplanches métalliques battues jusqu'au bon sol. Les étançonnages sur trois niveaux furent enlevés au fur et à mesure de l'avancement des travaux. Les palplanches furent abandonnées dans le sol et l'espace entre elles et les murs rempli de béton maigre dans le bas et de gravier dans la partie supérieure. Pour le calcul du radier on a tenu compte d'un poids mort de 2 800 t. La pression sur le sol est de 1,6 kg/cm² pour une surface bâtie de 174 m². Le poids mort est excentré par rapport au centre de gravité du radier de 1,25 m. Cette excentricité est due à la cage d'escalier construite en matériaux plus lourds. L'effort dû au vent, calculé

⁽¹⁾ Extrait de la revue *Schweizerische Bauzeitung* (S. B. Z.) no 42-1952.





d'après les nouvelles normes, est de 50 t appliqué à 16 m au-dessus du sol (23 m au-dessus du radier). La pression sur le sol est majorée de ce fait et donne finalement 2,6 kg/cm². En ce qui concerne les surcharges utiles il était impossible d'en fixer les valeurs, car elles sont variables et mobiles. On les prévoit toutefois fixées à la construction métallique, ce qui réduira l'excentricité et par conséquent la pression maximum sur le sol. En admettant une surcharge maximum de 500 t, on doit admettre un supplément de 0,3 kg/cm² pour la pression sur le sol.

Pour le bâtiment des essais et le laboratoire, il fallait également tenir compte du mauvais sous-sol; la construction d'une cave ne se justifia guère et on fonda ces bâtiments sur pieux. On utilisa 105 pieux préfabriqués en béton armé, d'une section de 32 × 32 cm. En général quatre pieux supportent chaque semelle de fondation pour les poteaux de la construction; ceux-ci sont réunis par des poutres entretoises afin de réduire le danger de tassement différentiel des semelles. Les pieux d'une longueur de 4 à 5 m portent chacun 60 t, compte tenu d'un rehaussement ultérieur de deux étages pour chacun des deux bâtiments.

Quant à l'atelier à simple rez-de-chaussée, les

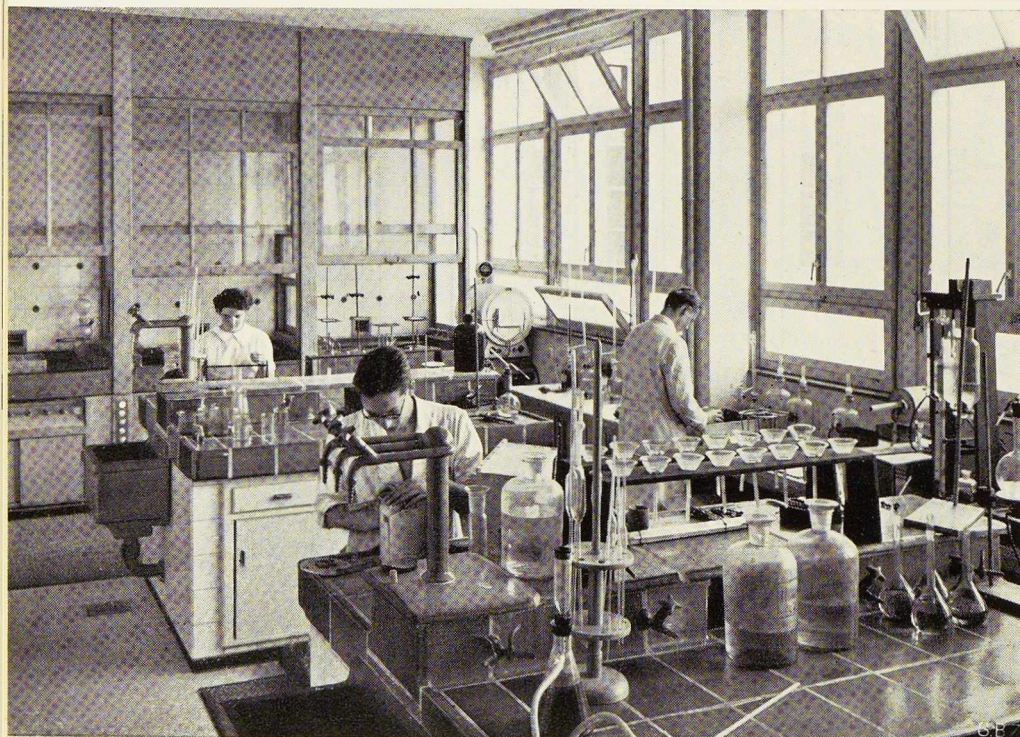


Fig. 1 (en haut). Vue intérieure de l'atelier de mécanique.

Fig. 2 (en bas). Laboratoire de métallurgie.

Clichés S. B. Z.



fondations étaient moins importantes, un tassement d'un des appuis ne présentant aucune gravité. Les colonnes sont distantes de 7,5 m. On a choisi le système de fondations sur semelles individuelles descendues à une profondeur de 4 m sur le gravier (pression de 2,5 kg/cm²).

Quant à l'annexe pour la cabine électrique, elle est établie sur une fondation indépendante.

Pour éviter les vibrations et influences réciproques d'un bâtiment sur l'autre, on a accordé un soin spécial à la séparation des divers bâtiments. Le joint de séparation est rempli par du liège.

Une passerelle à deux travées relie la tour à l'usine existante. Cette passerelle est calculée pour une charge isolée de 5 t (pont roulant) ou une charge uniformément répartie de 500 kg/m².

5. Les constructions métalliques

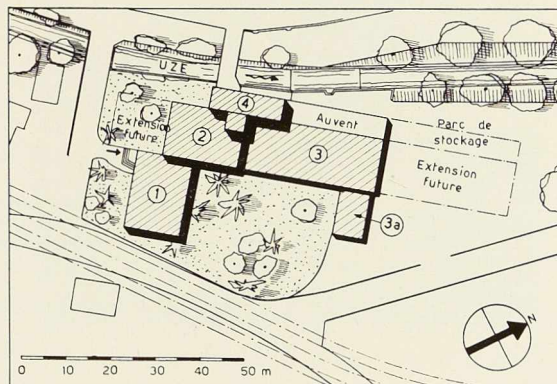
Les quatre bâtiments sont en construction métallique; chacun doit répondre à des conditions différentes, ce qui explique la diversité des ossatures. Le tableau I résume les divers cas et solutions.

Fig. 3 et 4. Plan et vue de l'ensemble des nouvelles constructions.

1. Laboratoire; 2. Essais; 3. Atelier; 3a. Cabine électrique; 4. Tour d'essais.

Le laboratoire (actuellement deux étages et grenier) a une surface bâtie rectangulaire. Il est prévu pour deux étages supplémentaires. Pour prévoir les nombreuses canalisations actuelles et ultérieures on a choisi de préférence à toute autre l'ossature métallique.

Le système portant est conforme au système de répartition des tuyauteries. Celles-ci sont toutes perpendiculaires à la façade jusqu'au centre du bâtiment, longent le corridor et suivent des gaines verticales. La figure 13 montre la disposition constructive de la toiture et de la façade.



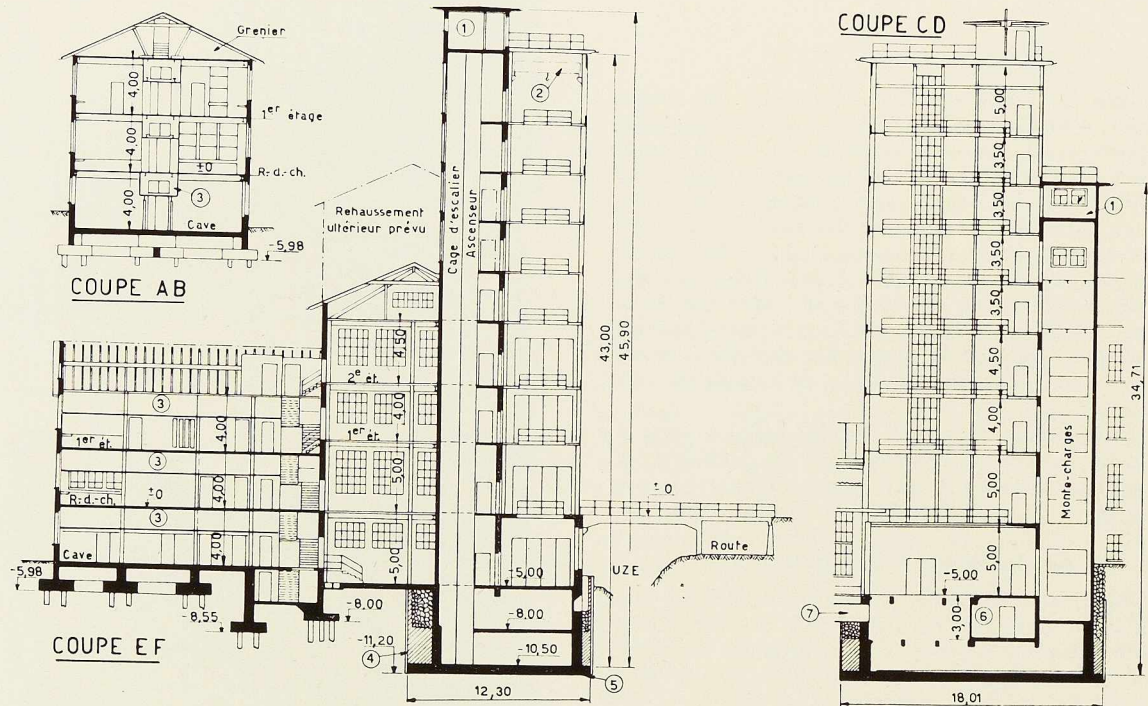


Fig. 5. Coupes diverses (voir fig. 6).

1. Salle des machines; 2. Pont roulant 10 t; 3. Gaine pour conduits; 4. Parois en palplanches; 5. Radier en béton armé; 6. Chauffage; 7. Sortie de secours.

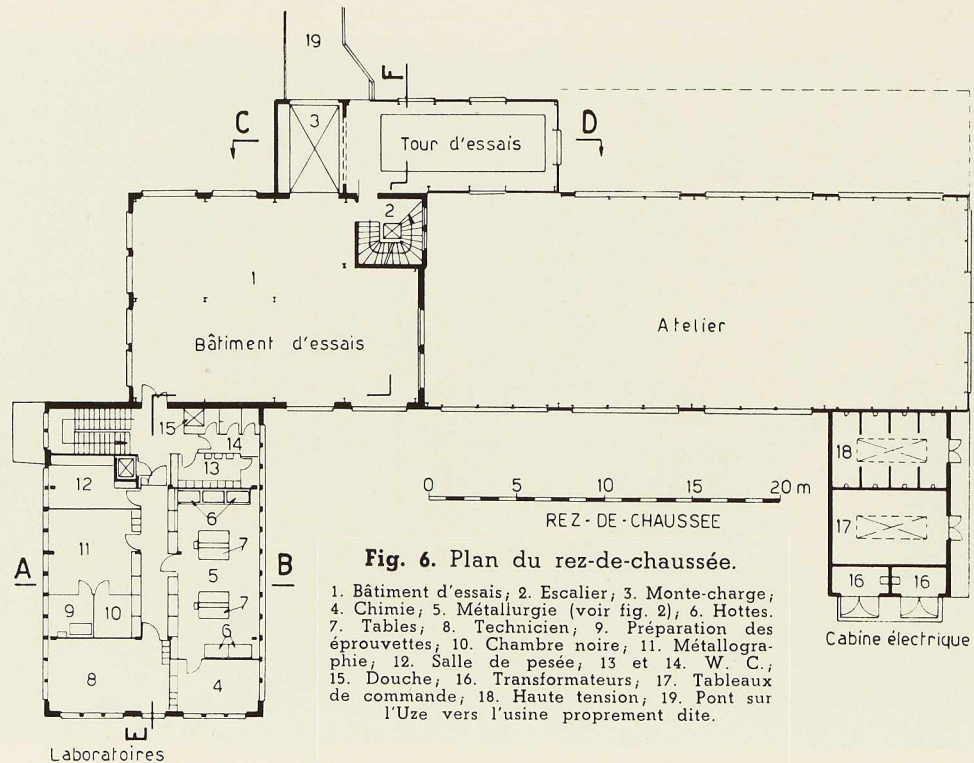


Fig. 6. Plan du rez-de-chaussée.

1. Bâtiment d'essais; 2. Escalier; 3. Monte-charge; 4. Chimie; 5. Métallurgie (voir fig. 2); 6. Hottes; 7. Tables; 8. Technicien; 9. Préparation des éprouvettes; 10. Chambre noire; 11. Métallographie; 12. Salle de pesée; 13 et 14. W. C.; 15. Douche; 16. Transformateurs; 17. Tableaux de commande; 18. Haute tension; 19. Pont sur l'Uze vers l'usine proprement dite.



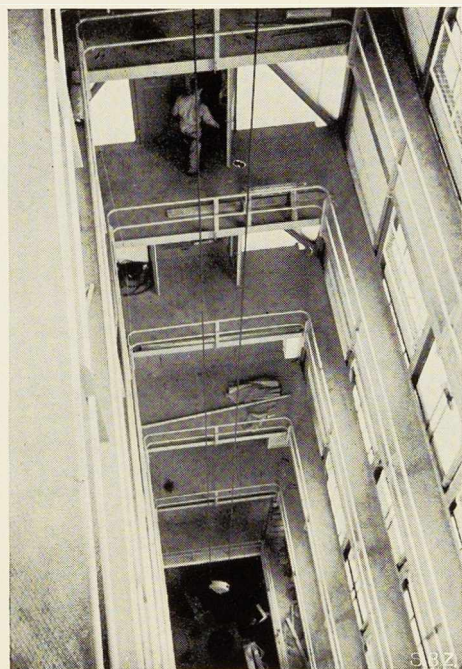


Fig. 7. Vue intérieure de la tour d'essais.

Elle montre notamment la construction mixte des poutres travaillant en collaboration avec le plancher en béton armé de 8 cm d'épaisseur; cette solution réduit fortement la flèche.

Les piliers sont enrobés par quatre cornières (fig. 13) reliées par une armature en spirale, le tout étant cimenté après montage, ce qui constitue un avantage par rapport au béton armé. Toute modification ultérieure sera également rendue plus facile. La partie béton de la cage d'escalier sert en même temps de contreventement.

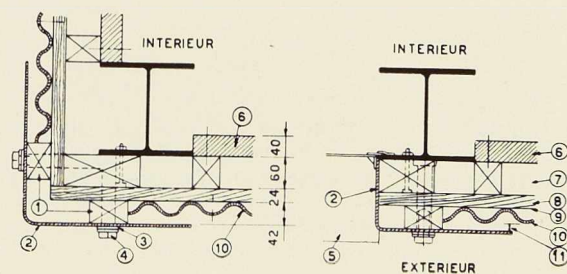


Fig. 9. Détails constructifs de la façade de la tour d'essais.

1. Blocs de bois; 2. Eternit; 3. Joint caoutchouc; 4. Boulon; 5. Seuil; 6. Plaque de plâtre; 7. Vide; 8. Voligeage 24 mm; 9. Carton bitumé; 10. Eternit ondulé; 11. Vide de 12 mm.

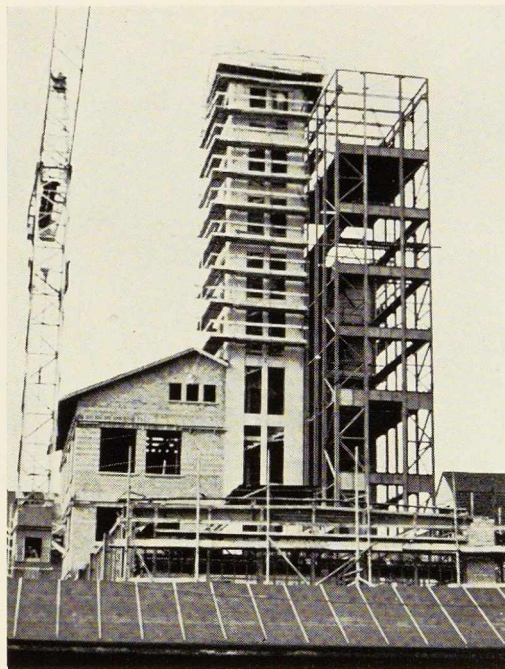


Fig. 8. Ossature métallique de la tour d'essais.

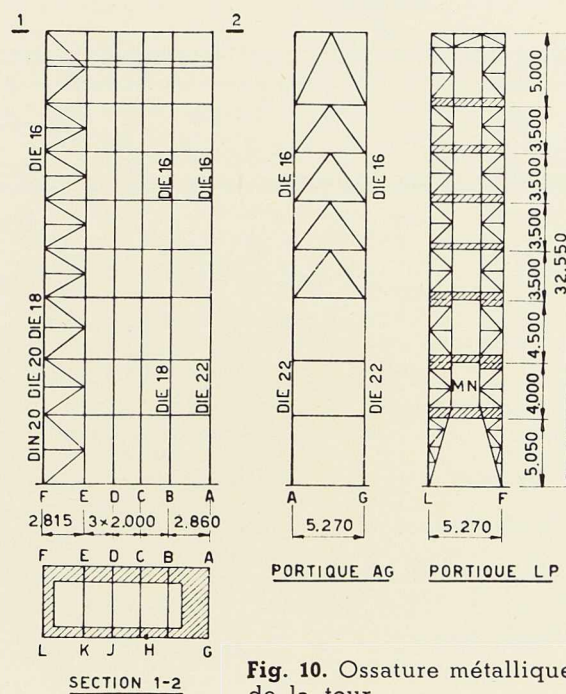


Fig. 10. Ossature métallique de la tour.

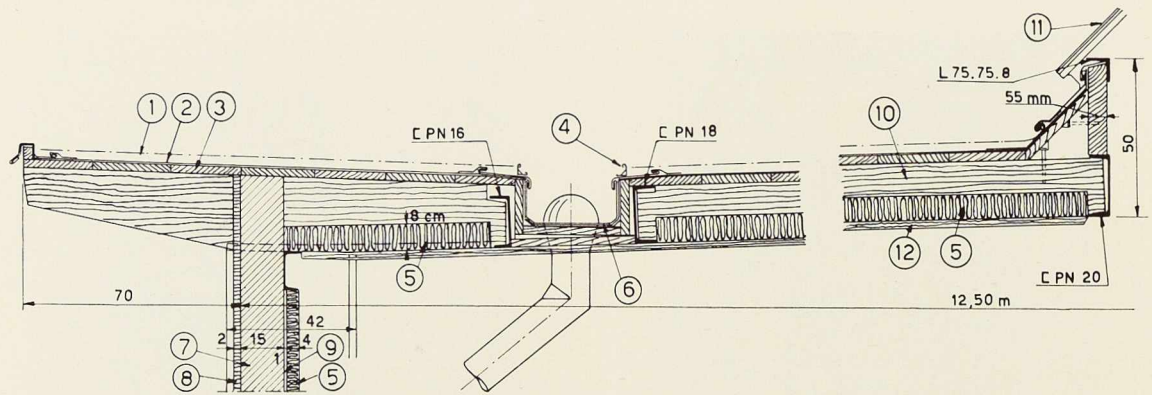


Fig. 11. Détails constructifs de la toiture de l'atelier.

1. Ciment volcanique; 2. Carton bitumé; 3. Voligeage; 4. Lattes; 5. Plaques de Durisol; 6. Carton bitumé; 7. Mur en briques; 8. Revêtement extérieur; 9. Revêtement intérieur; 10. Gîte 10/18; 11. Lanterneau; 12. Revêtement de plafond.

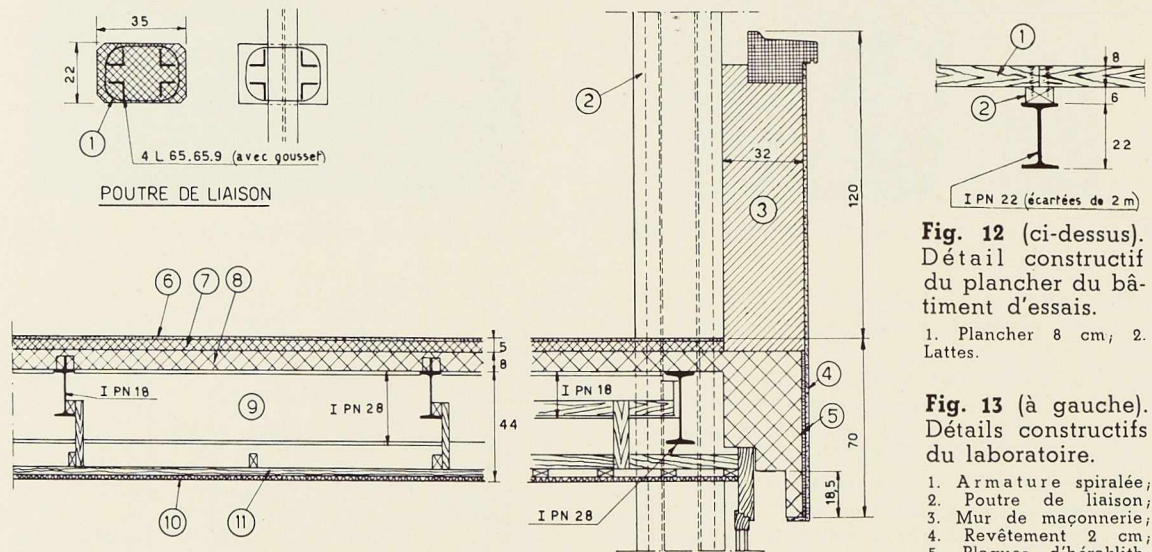


Fig. 12 (ci-dessus).
Détail constructif
du plancher du bâti-
ment d'essais.

1. Plancher 8 cm; 2. Lattes.

Fig. 13 (à gauche).
Détails constructifs
du laboratoire.

1. Armature spiralée;
2. Poutre de liaison;
3. Mur de maçonnerie;
4. Revêtement 2 cm;
5. Plaques d'héraklith;
6. Liège 8 mm; 7. Revêtement de 42 mm; 8. Dalle béton armé de 8 cm; 9. Vide; 10. Plaques acoustiques; 11. Voligeage.

	Laboratoire	Essais	Tour	Atelier
Nombre d'étages	3	4	9	1
Type	Construction mixte, acier-béton	Cadres	Treillis	Cadres encastrés dans les fondations
Planchers	Dalle béton - Plafond suspendu	Gitage en bois	Tôle striée	Toiture en bois
Surcharges	500 kg/m ²	700 à 1 000 kg/m ²	350 kg/m ²	Pont roulant de 7,5 t
Poids acier en kg/m ³	8	10	18,2	9,8
Prix 1950 de la construct. métall. Frs Suisses/m ³	8,6	12	29	11,8
Francs Belges/m ³	100	138	332	136

TABEAU I



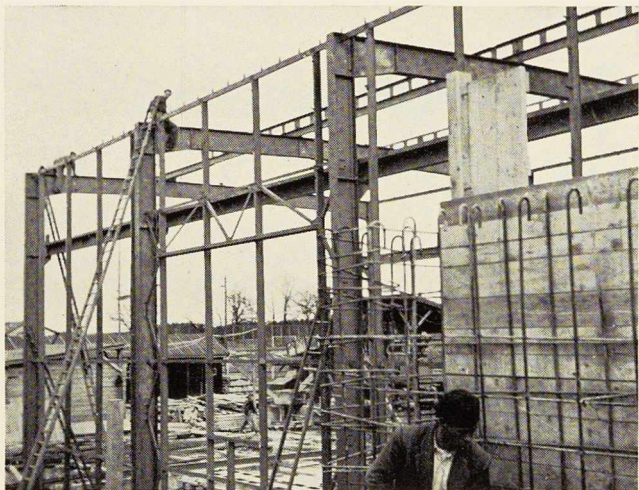


Fig. 14. Atelier en cours de montage.

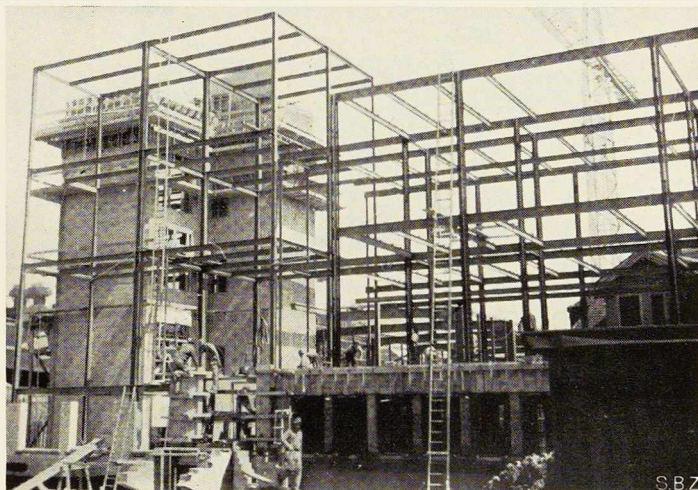


Fig. 15. Laboratoire et bâtiment d'essais en cours de montage.

Clichés S. B. Z.

Le bâtiment d'essais à surface bâtie rectangulaire comporte actuellement quatre étages identiques et deux étages ultérieurs sont prévus. L'ossature métallique permettra à tout moment des modifications suivant les nécessités des essais. Le plancher est constitué par des planches de 8 cm d'épaisseur (fig. 12). Toute la charpente métallique est non enrobée et visible. Pour réduire les flèches on a conçu des poutres continues fixées rigidement aux cadres rigides également. Les nœuds de ces cadres ont été réalisés facilement grâce à la soudure. On a tenu compte d'une surcharge utile de 800 kg/m².

La tour a une superficie de 5,3 × 11,68 m et une hauteur de 32,55 m. L'ossature portante est constituée par des poteaux en poutrelle DIE encastées à leur base.

Des treillis sont fixés entre eux comme contreventement (fig. 10). On a prévu la possibilité de soulèvement de la toiture dans le cas d'essais d'appareils de hauteur exceptionnelle. Un pont roulant de 10 t est fixé sous la toiture; il peut être commandé à partir de chaque étage.

Chaque étage est constitué par une galerie périphérique (fig. 7) en tôle nervurée sur colonnes fixées aux poteaux.

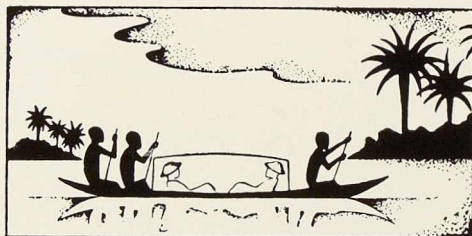
La paroi extérieure de la tour est constituée par un voligeage de 24 mm d'épaisseur avec éternit ondulé (fig. 9). La construction métallique est entièrement apparente de l'intérieur.

L'atelier à simple rez-de-chaussée comporte cinq cadres identiques à âme pleine et entièrement soudés (fig. 6). Ils sont encastés dans les fondations. Les montants supportent des consoles pour le pont roulant (fig. 1). Au milieu de la toiture est fixé un lanterneau sur presque toute la longueur du bâtiment. La toiture est en ciment volcanique sur voligeage et lattes en bois. L'isolation intérieure est en plaques de Durisol (fig. 11). Le mur extérieur est en briques d'une épaisseur d'une demi-brique avec plaques de Durisol de 4 cm d'épaisseur. Les fenêtres de façade ont des châssis métalliques. La charpente métallique elle-même est apparente et est peinte en vert olive. Les grandes surfaces vitrées procurent à l'atelier un aspect agréable. Un auvent est adapté sur la façade nord-ouest pour abriter les accès vers la tour.

*
**

Les plans ont été établis par le bureau d'études de la Société Buhler frères avec la collaboration de MM. K. Hirt, ingénieur et E. Schlatter, technicien. L'étude de la charpente métallique a été confiée à l'Ingénieur W. Stadelmann, et celle du béton armé à l'Ingénieur W. Groebli.

La construction métallique a été réalisée par la firme Geilinger & C^{ie}, Winthertur.



La construction du chemin de fer Kamina-Kabalo

La construction du chemin de fer Kamina-Kabalo vient d'être entreprise. Destiné à relier la ligne Port Francqui-Bukama-Elisabethville à la ligne Kindu (Port Empain)-Kabalo-Albertville, il réalisera une jonction entre le réseau « Katanga-Dilolo-Léopoldville » et celui des « Grands Lacs ».

La construction va être entreprise des deux extrémités. Elle est confiée, au départ de Kamina, au « Chemin de fer K. D. L. » et, au départ de Kindu, au « C. F. L. ». La jonction des deux réseaux s'opérera vraisemblablement à Kabongo. Les « Grands Lacs » ont commencé des deux rives du Luluaba l'aménagement des approches du grand pont de 500 mètres qui sera jeté sur le fleuve. La construction de la jonction durera trois ans. Elle entraînera la mise à l'écartement de 1,06 m de la ligne Kindu-Albertville, ainsi que l'adaptation du matériel roulant des « Grands Lacs » à cet écartement, qui est celui des chemins de fer Matadi-Léopoldville et « K. D. L. » au Congo belge, du « Chemin de fer de Benguela » reliant le port atlantique de Lobito au Katanga, en Angola, et des chemins de fer rhodésiens et sud-africains.

Cette jonction Kamina-Kabalo présente un intérêt considérable. Elle constituera un chaînon d'une voie transafricaine reliant les ports de l'Atlantique à ceux de l'Océan Indien.

A l'O. F. I. C.

Le 26 novembre l'O. F. I. C. a organisé à Bruxelles une journée de « coude-à-coude » au cours de laquelle M. Chardome, Administrateur Directeur du Chantier Naval de Rupelmonde, a fait une causerie sur la construction des navires et notamment des remorqueurs et bateaux fluviaux pour les colonies.

Le Chantier Naval de Rupelmonde a notam-

Chronique du Congo belge

ment livré récemment au Congo belge trois remorqueurs capables de traîner 18 barges avec un total de 7 000 t de marchandises. La même Société a livré pour le Niger un bateau-passagers dont le tirant d'eau n'est que de 0,60 m.



Un des remorqueurs destinés au Congo belge construit par le Chantier Naval de Rupelmonde.

Réception du M/B « Gouverneur Moulaert »

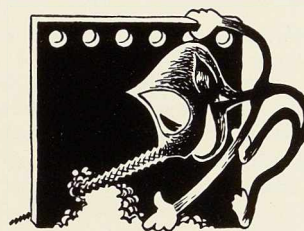
L'Otraco a procédé récemment à la réception en Europe d'une nouvelle unité baptisée *Gouverneur Moulaert*.

M. le Gouverneur général honoraire Jungers, président de l'Otraco, entouré des ingénieurs de cet organisme, assistait à la réception qui eut lieu en présence du général Moulaert, parrain de l'unité, les Ateliers de construction de Willebroek étaient représentés par M. Lièvre, directeur et M. Marck, ingénieur en chef, assisté par divers techniciens.



Protection contre la corrosion

CEBELCOR



Vue d'ensemble sur le comportement électrochimique des métaux ⁽¹⁾

Marcel POURBAIX,
Agrégé de l'Université Libre
de Bruxelles,
Directeur du Cebelcor

Première partie ⁽²⁾

1. Introduction

Je voudrais, en ouvrant cette séance, situer l'exposé que je vais avoir le plaisir de vous faire parmi l'ensemble des activités du Centre Belge d'Etude de la Corrosion (Cebelcor).

Le Cebelcor a pour objet social la lutte contre la corrosion et contre les incrustations, sur les trois plans des recherches, des mises au point techniques et de l'éducation. Cette tâche d'éducation doit être comprise dans le sens le plus large: elle comprend la diffusion de *tout* ce qui concerne la science et la technique de la protection contre la corrosion et contre les incrustations. Ceci se fait actuellement sous forme d'un *cours* universitaire, sous forme de *consultations* que le Cebelcor accorde à ses membres, sous forme de *visites en usine* faites sous les auspices du service « Corrosion » de l'Association des Industriels de Belgique (A. I. B.), sous forme de *publications*, dont les trois premières seront faites incessamment, en collaboration avec la Société Royale Belge des Ingénieurs et des Industriels. D'autre part, le Cebelcor a prêté son concours à l'organisation d'un cycle de *conférences* réalisées depuis deux ans à l'initiative de Fabrimétal au sujet de l'électrodeposition des métaux; ces con-

férences sont suivies de discussions au cours desquelles l'audience est invitée à poser au conférencier toutes questions relatives à l'objet de son exposé.

Ce sont de telles séances de *conférences-discussions* que le Cebelcor a décidé de développer à partir d'aujourd'hui, en les étendant à d'autres sujets pour lesquels des vœux seraient émis par ses membres. Les premières de ces séances seront consacrées à l'exposé rapide d'une doctrine qu'utilise le Cebelcor en ce qui concerne certains aspects scientifiques de l'étude de phénomènes de corrosion en présence d'eau et de solutions aqueuses; cet exposé, qui consistera en un résumé de « *Leçons sur la corrosion électrotechnique* » données à l'Université de Bruxelles, traitera du *comportement électrochimique des métaux*.

Il s'agit là d'une manière de voir l'électrochimie qui est très simple, mais qui n'est pas très usuelle. Je serai donc amené à dire des choses parfois très élémentaires et à passer rapidement sur des points qui pourraient demander plus de développement. Je ne puis entrer ici dans des détails qui rendraient mon exposé trop long, mais je suis évidemment à la disposition de chacun pour toute discussion et pour tout renseignement complémentaires. Je me contenterai aujourd'hui de vous donner une vue panoramique d'un ensemble de phénomènes, en vous proposant de considérer l'étude d'une partie de l'électrochimie comme un jeu d'images d'un genre spécial.

⁽¹⁾ Voir le Sommaire de cette étude à la page 56.

⁽²⁾ Conférence faite à Bruxelles le 13 novembre 1952, sous les auspices du Centre Belge d'Etude de la Corrosion « Cebelcor ».



2. Equilibres chimiques

Loi générale de l'équilibre chimique

Considérons le cas d'un métal en contact avec une solution aqueuse, par exemple du fer plongé dans de l'eau de la ville de Bruxelles, en présence d'air.

On peut alors avoir affaire à trois espèces de corps (fig. 1):

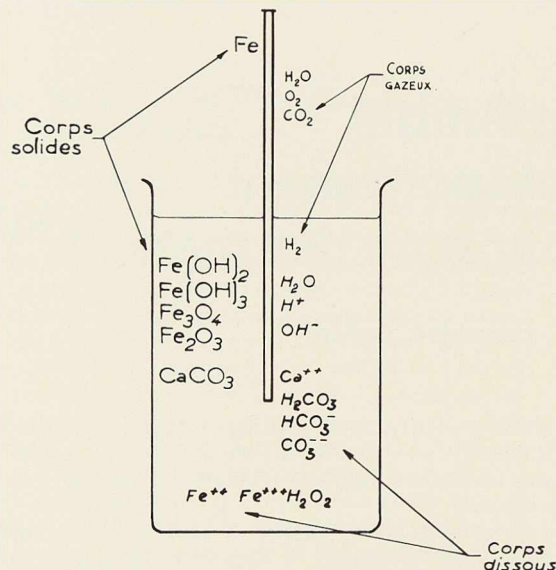


Fig. 1. Fer en présence d'eau.

Des corps solides : du fer métallique Fe; des hydroxydes ferreux $\text{Fe}(\text{OH})_2$ blanc et ferrique $\text{Fe}(\text{OH})_3$ brun-rouille; de l'oxyde de fer magnétique Fe_3O_4 , qui est noir à l'état anhydre et vert à l'état hydraté; de l'oxyde ferrique Fe_2O_3 ; du carbonate de chaux CaCO_3 blanc;

De l'eau et des corps en solution aqueuse : l'eau H_2O , et des ions hydrogène H^+ et hydroxyle OH^- qu'elle peut former par dissociation; des ions calcium Ca^{++} ; des ions carbonate CO_3^{--} , bicarbonate HCO_3^- et de l'acide carbonique libre H_2CO_3 ; des ions ferreux Fe^{++} verts et ferriques Fe^{+++} jaunes et de l'hydroxyde ferrique colloïdal, de l'eau oxygénée formée par réduction de l'oxygène dissous dans l'eau, etc.;

Des corps gazeux : de l'oxygène O_2 , de l'anhydride carbonique CO_2 et de la vapeur d'eau H_2O renfermée dans l'air, ainsi que de l'hydrogène H_2 formé par réduction de l'eau.

Ces corps réagissent entre eux, en donnant lieu à des phénomènes de corrosion dont la complexité

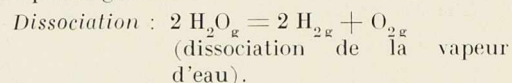
est bien connue. Cette complexité est, en fait, encore plus grande que ne le laisse prévoir le schéma ci-dessus, qui est fortement simplifié : en pratique, le fer renferme des impuretés qui exercent des actions spécifiques : le métal présente des tensions internes et est formé de grains d'orientations différentes, et sa surface est fortement hétérogène.

Mais, tout complexes qu'ils sont, ces phénomènes obéissent à certaines lois, parmi lesquelles sont les lois de l'équilibre chimique.

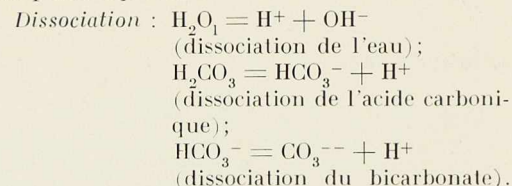
Les réactions chimiques et les transformations physiques qui peuvent se produire dans le cas que nous considérons ici peuvent être groupées comme indiqué ci-dessous (1):

TRANSFORMATIONS HOMOGÈNES

En phase gazeuse :

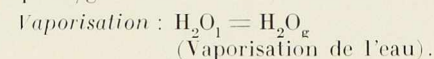


En phase aqueuse :

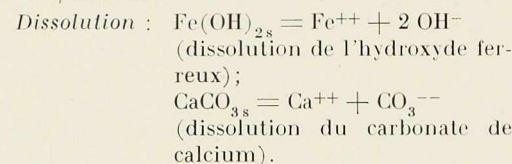


TRANSFORMATIONS HÉTÉROGÈNES

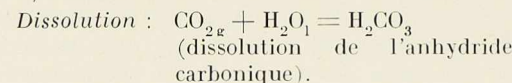
Liquide/gaz :



Solide/solution :



Gaz/solution :



On y distingue donc les cinq groupes de transformations suivantes :

(1) Les corps à l'état gazeux sont indiqués ici avec l'indice « g »; les corps existant à l'état de dissolution dans la phase aqueuse sont indiqués sans indice; les corps existant à l'état solide ou liquide sont indiqués avec les indices « s » ou « l ».



Transformations homogènes :

Dissociation en phase gazeuse;
Dissociation en solution aqueuse.

Transformations hétérogènes :

Vaporisation de corps liquide;
Dissolution de corps solide;
Dissolution de corps gazeux.

Il est bien connu que, pour une température déterminée, les états d'équilibre de ces cinq groupes de transformations obéissent respectivement aux cinq lois suivantes ⁽¹⁾:

Dissociation en phase gazeuse : Loi de Guldberg et Waage

Par exemple : pour $2 \text{H}_2\text{O}_g = 2 \text{H}_2g + \text{O}_2g$:

$$\frac{(p\text{H}_2)^2 \cdot p\text{O}_2}{(p\text{H}_2\text{O})^2} = K$$

ou $2 \log p\text{H}_2 + \log p\text{O}_2 - 2 \log p\text{H}_2\text{O} = \log K$.

Dissociation en solution aqueuse : Loi d'Oswald

Par exemple : pour $\text{H}_2\text{CO}_3 = \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$:

$$\frac{(\text{HCO}_3^-) \cdot (\text{H}^+)}{(\text{H}_2\text{CO}_3)} = K$$

ou $\log(\text{HCO}_3^-) + \log(\text{H}^+) - \log(\text{H}_2\text{CO}_3) = \log K$.

Vaporisation : Loi de la pression de vapeur

Par exemple : pour $\text{H}_2\text{O}_l = \text{H}_2\text{O}_g$:

$$p\text{H}_2\text{O} = K \quad \text{ou} \quad \log p\text{H}_2\text{O} = \log K.$$

Dissolution de corps solide : Loi du produit de solubilité

Par exemple : pour $\text{CaCO}_3s = \text{Ca}^{++} + \text{CO}_3^{--}$:

$$(\text{Ca}^{++}) \cdot (\text{CO}_3^{--}) = K$$

ou $\log(\text{Ca}^{++}) + \log(\text{CO}_3^{--}) = \log K$.

Dissolution de corps gazeux

Par exemple : pour $\text{CO}_2g + \text{H}_2\text{O}_l = \text{H}_2\text{CO}_3$:

$$\frac{p\text{CO}_2}{(\text{H}_2\text{CO}_3)} = K$$

ou $\log p\text{CO}_2 - \log(\text{H}_2\text{CO}_3) = \log K$.

⁽¹⁾ Dans l'expression de ces lois, le symbole *p* représente la pression partielle (ou plus exactement la *fugacité*) d'un corps réactionnel gazeux; les termes entre parenthèses représentent les *concentrations* (ou plus exactement les *activités*) d'un corps réactionnel dissous; *K* représente une *constante d'équilibre*, dont la valeur dépend de la température.

Ces lois d'équilibre, auxquelles on a donné différents noms, ne sont en réalité que des cas particuliers d'une même loi générale de l'équilibre physicochimique : *pour une transformation physicochimique déterminée à laquelle participent un ou plusieurs corps dissous ou gazeux, la somme algébrique des concentrations (ou activités) et/ou des pressions partielles (ou fugacités) des corps dissous et/ou gazeux réactionnels présente, lorsque l'état d'équilibre thermodynamique est réalisé, une valeur log K qui est une constante pour une même température.*

Dans le cas général d'une transformation physicochimique écrite sous la forme

$$\sum \nu M = 0$$

où *M* désigne les différents corps réactionnels et ν les « coefficients stoechiométriques » de ces différents corps dans l'équation de la réaction, comptés positivement ou négativement selon que ces corps se trouvent dans l'un ou dans l'autre des deux membres de l'équation réactionnelle usuelle, la condition d'équilibre thermodynamique est, selon De Donder ⁽²⁾

$$\sum \nu \mu = 0$$

où μ désigne les *énergies libres de formation* des différents corps réactionnels.

Cette condition d'équilibre peut être écrite ^(3, 4) sous la forme

$$\sum \nu \log(M) = \log K$$

où (*M*) désigne l'*activité* (ou concentration corrigée) des corps réactionnels dissous, et la *fugacité* (ou pression partielle corrigée) des corps réactionnels gazeux. *K* est la « constante d'équilibre » de la transformation physicochimique; sa valeur peut être calculée très aisément par la relation

$$\log K = - \frac{\sum \nu \mu^0}{1363}$$

(valable pour la température de 25°)

où μ^0 désigne les *énergies libres de formation*

⁽²⁾ Th. DE DONDER et P. VAN RYSELBERGHE, *L'Affinité*. Ed. Gauthier Villars, Paris, 1936.

⁽³⁾ M. POURBAIX, *Thermodynamique des Solutions aqueuses diluées; Représentation graphique du rôle du pH et du potentiel*. Thèse Delft (1945), pp. 23, 63. Ed. Béranger, Paris et Liège, 1946.

⁽⁴⁾ M. POURBAIX, *Applications de la thermodynamique électrochimique* (C. R. du 2^e Congrès Association italienne de Métallurgie, pp. 8-24, 1948).



standard des différents corps réactionnels, considérés sous une activité de 1 iongramme (ou 1 moléculegramme) par litre dans le cas de corps dissous, sous une fugacité de 1 atmosphère dans le cas de corps gazeux, et à l'état pur dans le cas de corps solides ou liquides. Des tables de valeurs de ces énergies libres standards μ^0 peuvent être trouvées dans des ouvrages spécialisés (1, 2).

Donc, pour des réactions de dissociation, de vaporisation et de dissolution s'effectuant à 25° C, les constantes d'équilibre K mentionnées ci-dessus (constantes de Guldberg et Waage ou d'Oswald, pression de vapeur, produit de solubilité, constante de Henry) peuvent être toutes calculées en fonction des énergies libres de formation standard des corps réactionnels par la même formule

$$\log K = - \frac{\sum \nu \mu^0}{1363}$$

Voici quelques exemples de tels calculs, basés sur les valeurs suivantes des énergies libres de formation standard μ^0 (en calories):

Corps solides	Solvant et corps dissous
Fe(OH) ₂ — 115 200 cal.	H ₂ O — 56 560 cal.
CaCO ₃ — 270 390 cal.	H ⁺ — 0 cal.
	OH ⁻ — 37 455 cal.
	H ₂ CO ₃ — 148 810 cal.
	HCO ₃ ⁻ — 140 000 cal.
	CO ₃ ⁻⁻ — 125 760 cal.
	Fe ⁺⁺ — 20 310 cal.
	Ca ⁺⁺ — 133 600 cal.

Corps gazeux

H ₂ O — 54 507 cal.
H ₂ — 0 cal.
O ₂ — 0 cal.
CO ₂ — 94 260 cal.

Dissociation en phase gazeuse (Loi de Guldberg et Waage)

$$\begin{aligned} 2 \text{H}_2\text{O}_g &= 2 \text{H}_2g + \text{O}_2g \\ \log K &= - \frac{2 \mu^0_{\text{H}_2} + \mu^0_{\text{O}_2} - 2 \mu^0_{\text{H}_2\text{O}}}{1363} \\ &= - \frac{0 + 0 + 109\,014}{1363} = -79,80 \end{aligned}$$

(1) M. POURBAIX, *Thermodynamique des Solutions aqueuses diluées; Représentation graphique du rôle du pH et du potentiel*. Thèse Delft (1945), pp. 116-118, Ed. Béranger, Paris et Liège, 1946.

(2) W. LATIMER, *Oxidations Potentials*. Ed. Prentice Hall, New-York, 1952.

Dissociation en solution aqueuse (Loi d'Oswald)

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O} &= \text{H}^+ + \text{OH}^- \\ \log K &= - \frac{\mu^0_{\text{H}^+} + \mu^0_{\text{OH}^-} - \mu^0_{\text{H}_2\text{O}}}{1363} \\ &= - \frac{0 - 37\,455 + 56\,560}{1363} = -14,00, \\ \text{H}_2\text{CO}_3 &= \text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \\ \log K &= - \frac{\mu^0_{\text{HCO}_3^-} + \mu^0_{\text{H}^+} - \mu^0_{\text{H}_2\text{CO}_3}}{1363} \\ &= - \frac{-140\,000 + 0 + 148\,810}{1363} = -6,46, \\ \text{HCO}_3^- &= \text{CO}_3^{--} + \text{H}^+ \\ \log K &= - \frac{\mu^0_{\text{CO}_3^{--}} + \mu^0_{\text{H}^+} - \mu^0_{\text{HCO}_3^-}}{1363} \\ &= - \frac{-125\,760 + 0 + 140\,000}{1363} = -10,42 \end{aligned}$$

Vaporisation (Loi de la pression de vapeur)

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O}_l &= \text{H}_2\text{O}_g \\ \log K &= - \frac{\mu^0_{\text{H}_2\text{O}_g} - \mu^0_{\text{H}_2\text{O}_l}}{1363} \\ &= - \frac{-54\,507 + 56\,560}{1363} = -1,506 \end{aligned}$$

Dissolution de corps solide (Loi du produit de solubilité)

$$\begin{aligned} \text{Fe(OH)}_2s &= \text{Fe}^{++} + 2 \text{OH}^- \\ \log K &= - \frac{\mu^0_{\text{Fe}^{++}} + 2 \mu^0_{\text{OH}^-} - \mu^0_{\text{Fe(OH)}_2s}}{1363} \\ &= - \frac{-20\,310 - 74\,910 + 115\,200}{1363} = -14,6, \\ \text{CaCO}_3s &= \text{Ca}^{++} + \text{CO}_3^{--} \\ \log K &= - \frac{\mu^0_{\text{Ca}^{++}} + \mu^0_{\text{CO}_3^{--}} - \mu^0_{\text{CaCO}_3s}}{1363} \\ &= - \frac{-133\,600 - 125\,760 + 270\,390}{1363} = -8,09 \end{aligned}$$

Dissolution de corps gazeux (Loi de Henry)

$$\begin{aligned} \text{CO}_2g + \text{H}_2\text{O}_l &= \text{H}_2\text{CO}_3 \\ \log K &= - \frac{\mu^0_{\text{H}_2\text{CO}_3} - \mu^0_{\text{CO}_2} - \mu^0_{\text{H}_2\text{O}}}{1363} \\ &= - \frac{-148\,810 + 94\,260 + 56\,560}{1363} = -1,48 \end{aligned}$$

Par conséquent, les huit transformations considérées ci-dessus ont respectivement pour conditions d'équilibre :

$$\frac{(\text{pH}_2)^2 \cdot (\text{pO}_2)}{(\text{pH}_2\text{O})^2} = 10^{-79,80}$$



ce qui exprime que, à 25° C, la vapeur d'eau n'est pratiquement pas dissociée (pour une pression partielle de vapeur d'eau de 0,01 atm, 10⁻²⁵ % seulement de la vapeur d'eau est dissociée en H₂ et en O₂);

$$(\text{H}^+) \cdot (\text{OH}^-) = 10^{-14,00}$$

ce qui exprime notamment que, à 25°, l'eau pure renferme 10⁻⁷ iongramme H⁺ et 10⁻⁷ iongramme OH⁻;

$$\frac{(\text{HCO}_3^-) \cdot (\text{H}^+)}{(\text{H}_2\text{CO}_3)} = 10^{-6,46}$$

ce qui exprime notamment que, pour pH = 6,46, le CO₂ présent dans une solution s'y répartira également sous forme libre H₂CO₃ et sous forme bicarbonique HCO₃⁻;

$$\frac{(\text{CO}_3^{--}) \cdot (\text{H}^+)}{(\text{HCO}_3^-)} = 10^{-10,42}$$

ce qui exprime notamment que, pour pH = 10,42, le CO₂ présent dans une solution se répartira également sous forme bicarbonique HCO₃⁻ et sous forme carbonique CO₃⁻⁻;

$p\text{H}_2\text{O} = 10^{-1,506} \text{ atm} = 0,03132 \text{ atm} = 23,8 \text{ mm Hg}$,

ce qui est la pression de vapeur de l'eau pure, à 25° C;

$$(\text{Fe}^{++}) \cdot (\text{OH}^-)^2 = 10^{-14,62}$$

ce qui est le produit de solubilité de l'hydroxyde ferreux;

$$(\text{Ca}^{++}) \cdot (\text{CO}_3^{--}) = 10^{-8,09}$$

ce qui est le produit de solubilité du carbonate de calcium;

$$\frac{(\text{H}_2\text{CO}_3)}{p\text{CO}_2} = 10^{-1,48} = 0,0331$$

ce qui exprime notamment que l'eau pure saturée en CO₂ gazeux sous une pression de 1 atmosphère renfermera 0,0331 moléculegramme H₂CO₃ par litre, soit 44 × 0,0331 = 1,46 gr CO₂/litre sous forme libre H₂CO₃.

Influence du pH sur les équilibres chimiques

Dans le cas de réactions auxquelles participent des ions H⁺, ces lois d'équilibre font intervenir le logarithme de la teneur en ions H⁺ et par conséquent le pH, qui est égal à $-\log(\text{H}^+)$. Ces lois permettent donc de formuler aisément l'influence du pH sur ces équilibres, par exemple comme suit (1):

(1) M. POURBAIX, *Thermodynamique...*, (voir p. 49, loc. cit. note 3), pp. 26 à 33.

DISSOCIATION D'ACIDES ET DE BASES FAIBLES

$$\text{H}_2\text{CO}_3 = \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$$

$$\log \frac{(\text{HCO}_3^-) \cdot (\text{H}^+)}{(\text{H}_2\text{CO}_3)} = -6,46 + \text{pH}$$

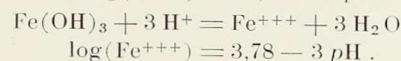
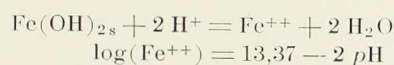
$$\text{HCO}_3^- = \text{CO}_3^{--} + \text{H}^+$$

$$\log \frac{(\text{CO}_3^{--}) \cdot (\text{H}^+)}{(\text{HCO}_3^-)} = -10,42 + \text{pH}$$

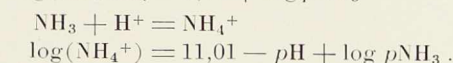
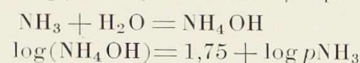
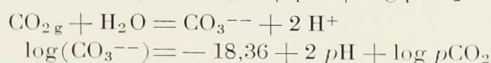
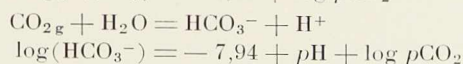
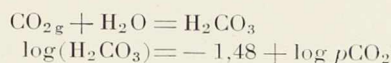
$$\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4\text{OH} + \text{H}^+$$

$$\log \frac{(\text{NH}_4\text{OH}) \cdot (\text{H}^+)}{(\text{NH}_4^+)} = -9,26 + \text{pH}$$

SOLUBILITÉ D'HYDROXYDES



SOLUBILITÉ DE GAZ ACIDES ET ALCALINS



De telles formules permettent d'établir les figures 2, 4 et 5 en ce qui concerne l'influence du pH sur la dissociation d'acides et de bases faibles, sur la solubilité d'oxydes et d'hydroxydes, et sur la solubilité de gaz acides et alcalins.

EQUILIBRES HOMOGÈNES

A la figure 2, on a porté en abscisse le pH de la solution et en ordonnée le pourcentage sous lequel le corps considéré se trouve sous la plus alcaline des deux formes envisagées; l'influence du pH sur la dissociation y est représentée par une série de courbes en S. Voici quelques applications de cette figure.

Dissociation

Cette figure montre par exemple que, dans une solution très acide d'anhydride carbonique, tout le CO₂ existe sous forme non dissociée H₂CO₃. Si on augmente le pH, par exemple par addition

standard des différents corps réactionnels, considérés sous une activité de 1 iongramme (ou 1 moléculegramme) par litre dans le cas de corps dissous, sous une fugacité de 1 atmosphère dans le cas de corps gazeux, et à l'état pur dans le cas de corps solides ou liquides. Des tables de valeurs de ces énergies libres standards μ^0 peuvent être trouvées dans des ouvrages spécialisés (1, 2).

Donc, pour des réactions de dissociation, de vaporisation et de dissolution s'effectuant à 25° C, les constantes d'équilibre K mentionnées ci-dessus (constantes de Guldberg et Waage ou d'Oswald, pression de vapeur, produit de solubilité, constante de Henry) peuvent être toutes calculées en fonction des énergies libres de formation standard des corps réactionnels par la même formule

$$\log K = - \frac{\sum \nu \mu^0}{1363}$$

Voici quelques exemples de tels calculs, basés sur les valeurs suivantes des énergies libres de formation standard μ^0 (en calories):

Corps solides	Solvant et corps dissous
Fe(OH) ₂ — 115 200 cal.	H ₂ O — 56 560 cal.
CaCO ₃ — 270 390 cal.	H ⁺ — 0 cal.
	OH ⁻ — 37 455 cal.
	H ₂ CO ₃ — 148 810 cal.
	HCO ₃ ⁻ — 140 000 cal.
	CO ₃ ⁻⁻ — 125 760 cal.
	Fe ⁺⁺ — 20 310 cal.
	Ca ⁺⁺ — 133 600 cal.

Corps gazeux	
H ₂ O — 54 507 cal.	
H ₂ — 0 cal.	
O ₂ — 0 cal.	
CO ₂ — 94 260 cal.	

Dissociation en phase gazeuse (Loi de Guldberg et Waage)

$$2 \text{H}_2\text{O}_g = 2 \text{H}_2_g + \text{O}_2_g$$

$$\log K = - \frac{2 \mu^0_{\text{H}_2} + \mu^0_{\text{O}_2} - 2 \mu^0_{\text{H}_2\text{O}}}{1363}$$

$$= - \frac{0 + 0 + 109\,014}{1363} = -79,80$$

(1) M. POURBAIX, *Thermodynamique des Solutions aqueuses diluées; Représentation graphique du rôle du pH et du potentiel*. Thèse Delft (1945), pp. 116-118, Ed. Béranger, Paris et Liège, 1946.

(2) W. LATIMER, *Oxidations Potentials*. Ed. Prentice Hall, New-York, 1952.

Dissociation en solution aqueuse (Loi d'Oswald)

$$\text{H}_2\text{O} = \text{H}^+ + \text{OH}^-$$

$$\log K = - \frac{\mu^0_{\text{H}^+} + \mu^0_{\text{OH}^-} - \mu^0_{\text{H}_2\text{O}}}{1363}$$

$$= - \frac{0 - 37\,455 + 56\,560}{1363} = -14,00$$

$$\text{H}_2\text{CO}_3 = \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$$

$$\log K = - \frac{\mu^0_{\text{HCO}_3^-} + \mu^0_{\text{H}^+} - \mu^0_{\text{H}_2\text{CO}_3}}{1363}$$

$$= - \frac{-140\,000 + 0 + 148\,810}{1363} = -6,46$$

$$\text{HCO}_3^- = \text{CO}_3^{--} + \text{H}^+$$

$$\log K = - \frac{\mu^0_{\text{CO}_3^{--}} + \mu^0_{\text{H}^+} - \mu^0_{\text{HCO}_3^-}}{1363}$$

$$= - \frac{-125\,760 + 0 + 140\,000}{1363} = -10,42$$

Vaporisation (Loi de la pression de vapeur)

$$\text{H}_2\text{O}_l = \text{H}_2\text{O}_g$$

$$\log K = - \frac{\mu^0_{\text{H}_2\text{O}_g} - \mu^0_{\text{H}_2\text{O}_l}}{1363}$$

$$= - \frac{-54\,507 + 56\,560}{1363} = -1,506$$

Dissolution de corps solide (Loi du produit de solubilité)

$$\text{Fe(OH)}_{2s} = \text{Fe}^{++} + 2 \text{OH}^-$$

$$\log K = - \frac{\mu^0_{\text{Fe}^{++}} + 2 \mu^0_{\text{OH}^-} - \mu^0_{\text{Fe(OH)}_2}}{1363}$$

$$= - \frac{-20\,310 - 74\,910 + 115\,200}{1363} = -14,6$$

$$\text{CaCO}_{3s} = \text{Ca}^{++} + \text{CO}_3^{--}$$

$$\log K = - \frac{\mu^0_{\text{Ca}^{++}} + \mu^0_{\text{CO}_3^{--}} - \mu^0_{\text{CaCO}_3}}{1363}$$

$$= - \frac{-133\,600 - 125\,760 + 270\,390}{1363} = -8,09$$

Dissolution de corps gazeux (Loi de Henry)

$$\text{CO}_{2g} + \text{H}_2\text{O}_l = \text{H}_2\text{CO}_3$$

$$\log K = - \frac{\mu^0_{\text{H}_2\text{CO}_3} - \mu^0_{\text{CO}_2} - \mu^0_{\text{H}_2\text{O}}}{1363}$$

$$= - \frac{-148\,810 + 94\,260 + 56\,560}{1363} = -1,48$$

Par conséquent, les huit transformations considérées ci-dessus ont respectivement pour conditions d'équilibre :

$$\frac{(p_{\text{H}_2})^2 \cdot (p_{\text{O}_2})}{(p_{\text{H}_2\text{O}})^2} = 10^{-79,80}$$



ce qui exprime que, à 25° C, la vapeur d'eau n'est pratiquement pas dissociée (pour une pression partielle de vapeur d'eau de 0,01 atm, 10⁻²⁵ % seulement de la vapeur d'eau est dissociée en H₂ et en O₂);

$$(H^+) \cdot (OH^-) = 10^{-14,00}$$

ce qui exprime notamment que, à 25°, l'eau pure renferme 10⁻⁷ iongramme H⁺ et 10⁻⁷ iongramme OH⁻;

$$\frac{(HCO_3^-) \cdot (H^+)}{(H_2CO_3)} = 10^{-6,46}$$

ce qui exprime notamment que, pour pH = 6,46, le CO₂ présent dans une solution s'y répartira également sous forme libre H₂CO₃ et sous forme bicarbonique HCO₃⁻;

$$\frac{(CO_3^{--}) \cdot (H^+)}{(HCO_3^-)} = 10^{-10,42}$$

ce qui exprime notamment que, pour pH = 10,42, le CO₂ présent dans une solution se répartira également sous forme bicarbonique HCO₃⁻ et sous forme carbonique CO₃⁻⁻;

pH₂O = 10^{-1,506} atm = 0,03132 atm = 23,8 mm Hg,

ce qui est la pression de vapeur de l'eau pure, à 25° C;

$$(Fe^{++}) \cdot (OH^-)^2 = 10^{-14,62}$$

ce qui est le produit de solubilité de l'hydroxyde ferreux;

$$(Ca^{++}) \cdot (CO_3^{--}) = 10^{-8,09}$$

ce qui est le produit de solubilité du carbonate de calcium;

$$\frac{(H_2CO_3)}{pCO_2} = 10^{-1,48} = 0,0331$$

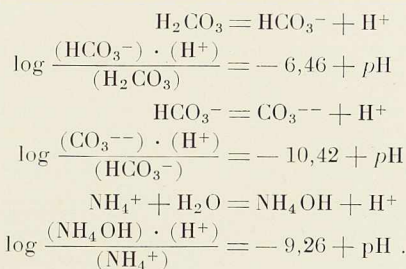
ce qui exprime notamment que l'eau pure saturée en CO₂ gazeux sous une pression de 1 atmosphère renfermera 0,0331 moléculegramme H₂CO₃ par litre, soit 44 × 0,0331 = 1,46 gr CO₂/litre sous forme libre H₂CO₃.

Influence du pH sur les équilibres chimiques

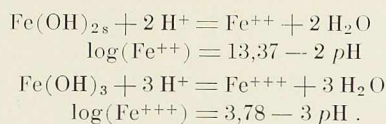
Dans le cas de réactions auxquelles participent des ions H⁺, ces lois d'équilibre font intervenir le logarithme de la teneur en ions H⁺ et par conséquent le pH, qui est égal à -log(H⁺). Ces lois permettent donc de formuler aisément l'influence du pH sur ces équilibres, par exemple comme suit (1):

(1) M. POURBAIX, *Thermodynamique...*, (voir p. 49, loc. cit. note 3), pp. 26 à 33.

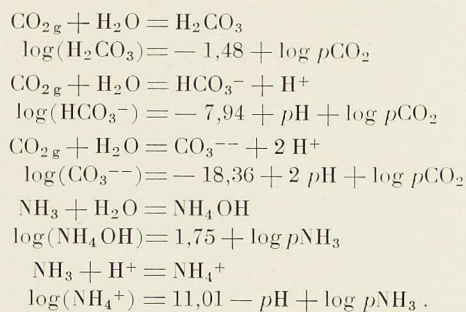
DISSOCIATION D'ACIDES ET DE BASES FAIBLES



SOLUBILITÉ D'HYDROXYDES



SOLUBILITÉ DE GAZ ACIDES ET ALCALINS



De telles formules permettent d'établir les figures 2, 4 et 5 en ce qui concerne l'influence du pH sur la dissociation d'acides et de bases faibles, sur la solubilité d'oxydes et d'hydroxydes, et sur la solubilité de gaz acides et alcalins.

EQUILIBRES HOMOGÈNES

A la figure 2, on a porté en abscisse le pH de la solution et en ordonnée le pourcentage sous lequel le corps considéré se trouve sous la plus alcaline des deux formes envisagées; l'influence du pH sur la dissociation y est représentée par une série de courbes en S. Voici quelques applications de cette figure.

Dissociation

Cette figure montre par exemple que, dans une solution très acide d'anhydride carbonique, tout le CO₂ existe sous forme non dissociée H₂CO₃. Si on augmente le pH, par exemple par addition

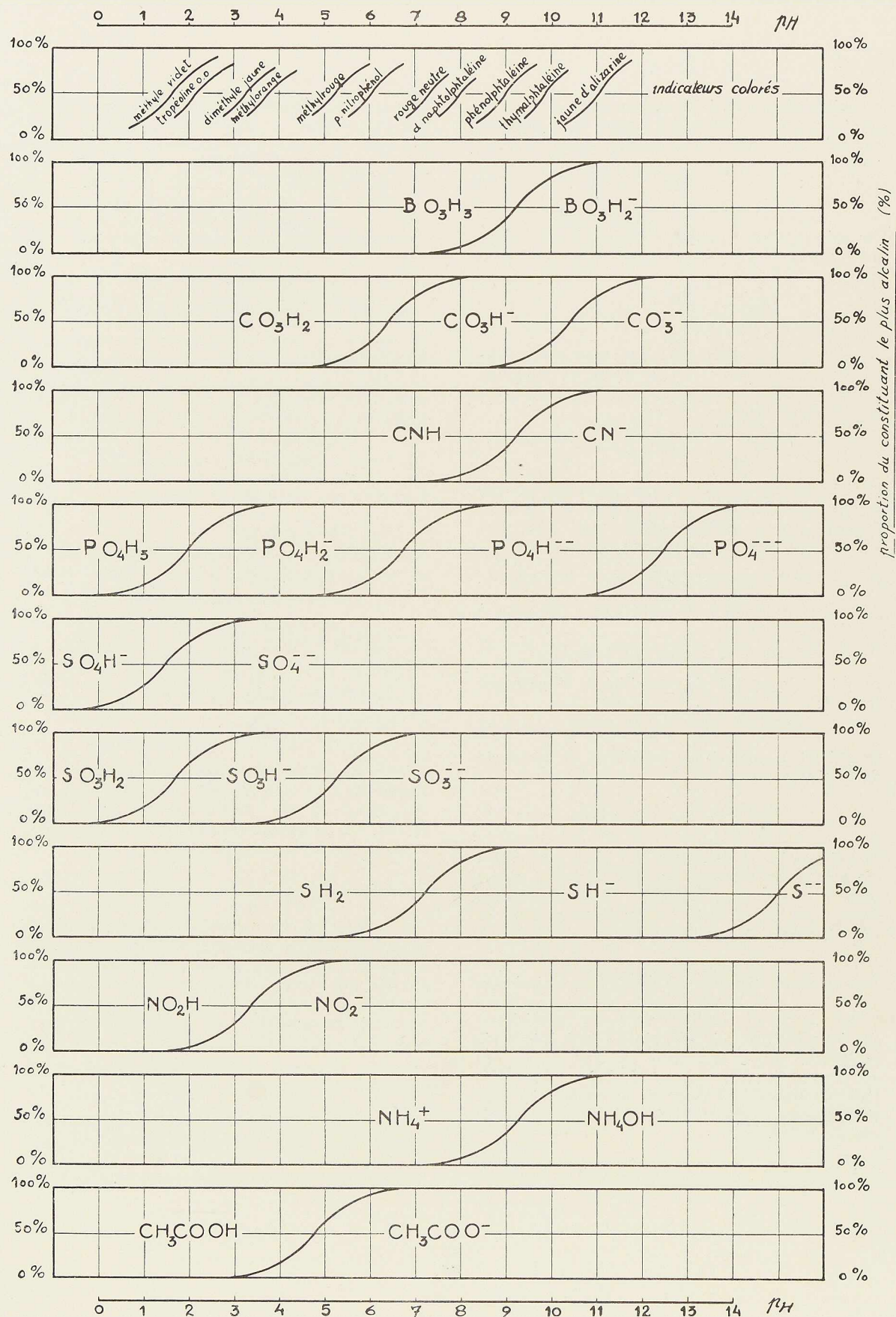


Fig. 2. Influence du pH sur l'équilibre de systèmes homogènes (dissociation).

de NaOH, le H_2CO_3 se transforme progressivement en HCO_3^- selon la réaction



(1 % du total pour $\text{pH} = 4,46$; 9 % pour $\text{pH} = 5,46$; 50 % pour $\text{pH} = 6,46$; 91 % pour $\text{pH} = 7,46$; environ 99 % pour $\text{pH} = 8,46$); le HCO_3^- ainsi formé se transforme progressivement en CO_3^{--} selon la réaction



(environ 1 % du total pour $\text{pH} = 8,42$; 9 % pour $\text{pH} = 9,42$; 50 % pour $\text{pH} = 10,42$; 91 % pour $\text{pH} = 11,42$; 99 % pour $\text{pH} = 12,42$).

Indicateurs de pH

Selon la théorie d'Oswald, les indicateurs colorés sont des acides faibles dont la forme non dissociée (forme la plus acide) et la forme dissociée (forme la plus alcaline) présentent des couleurs différentes. Ces indicateurs se dissocient donc selon des courbes en S dont la partie voisine du point d'inflexion correspond au « domaine de virage » de l'indicateur, comme indiqué à la partie supérieure de la figure 2. Ceci permet de déterminer aisément les indicateurs qui conviennent pour le dosage alcalimétrique ou acidimétrique de substances dont on connaît les courbes en S de dissociation.

Par exemple, on voit à cette figure que le dosage du carbonate CO_3^{--} par alcalimétrie sera réalisé à 1 % près pour un pH égal à 8,4, lequel correspond à la fin de virage de la *phénolphthaléine* (incolore); le dosage du bicarbonate HCO_3^- par alcalimétrie sera réalisé à 1 % près pour un pH voisin de 4,4, lequel correspond à la fin de virage du *méthylorange* (rouge); le dosage de l'acide carbonique libre H_2CO_3 par alcalimétrie sera réalisé à 1 % près pour un pH voisin de 8,4, lequel correspond au début de virage de la *phénolphthaléine* (rose).

Pouvoir tampon

L'effet tampon résulte de la présence, dans la solution, de quantités sensibles de substances qui réagissent avec les ions H^+ ou OH^- et qui, du fait de ces réactions, freinent la modification de pH que provoque l'addition d'un acide ou l'addition d'une base à la solution.

Les différentes substances indiquées à la figure 2 exercent un effet tampon pour les pH voisins de celui qui correspond au milieu de la courbe en S qui leur est relative : les solutions carboniques seront tamponnées pour les pH voisins de 6,4 et de 10,4; les solutions phosphoriques seront tamponnées pour les pH voisins de 1,9, de 6,7 et de 12,5; les solutions ammoniacales seront tamponnées pour les pH voisins de

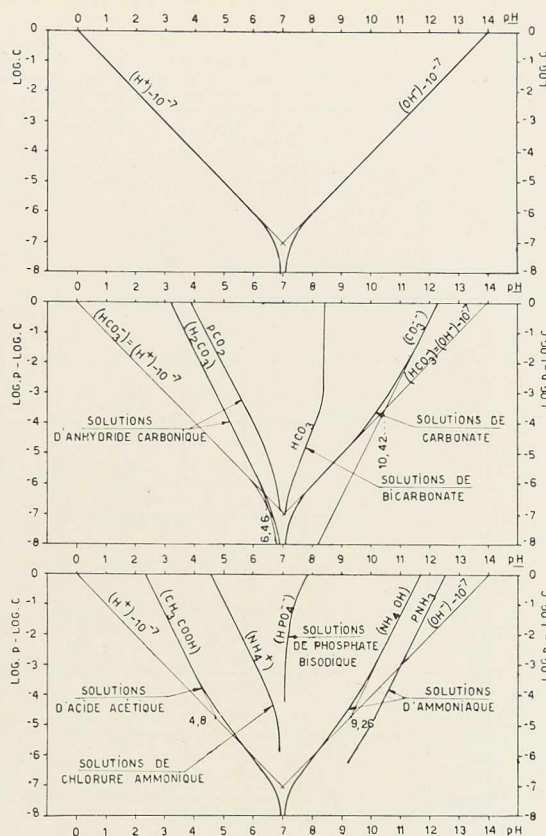


Fig. 3. pH de solutions d'acides faibles et de bases faibles dans l'eau pure.

9,2; les solutions acétiques seront tamponnées pour les pH voisins de 4,8.

Hydrolyse

Si on dissout dans de l'eau pure une substance dont l'anion, ou le cation, ou éventuellement la forme non dissociée, n'est pas totalement stable pour $\text{pH} = 7$, cette mise en solution s'effectue avec libération d'ions H^+ ou d'ions OH^- en provoquant une acidification ou une alcalinisation de la solution. Il y a alors *hydrolyse*.

Par exemple, comme l'exprime la figure 2, H_3BO_3 , HCN et SO_3^{--} sont pratiquement les seuls dérivés de l'acide borique, de l'acide cyanhydrique et de l'acide sulfurique qui sont stables en solution de $\text{pH} = 7$; il s'ensuit que les solutions d'acide borique, d'acide cyanhydrique et de sulfate de soude dans de l'eau distillée seront sensiblement neutres; par contre, les solutions de borate et de cyanure de base forte (sodium ou potassium) seront alcalines, et les solutions de bisulfate seront acides.

Les solutions carboniques et les solutions phosphoriques de $\text{pH} = 7$ renferment à la fois respectivement H_2CO_3 et HCO_3^- , H_2PO_4^- et HPO_4^{--} ; les solutions de bicarbonate de soude et de phosphate bisodique seront donc légèrement alca-

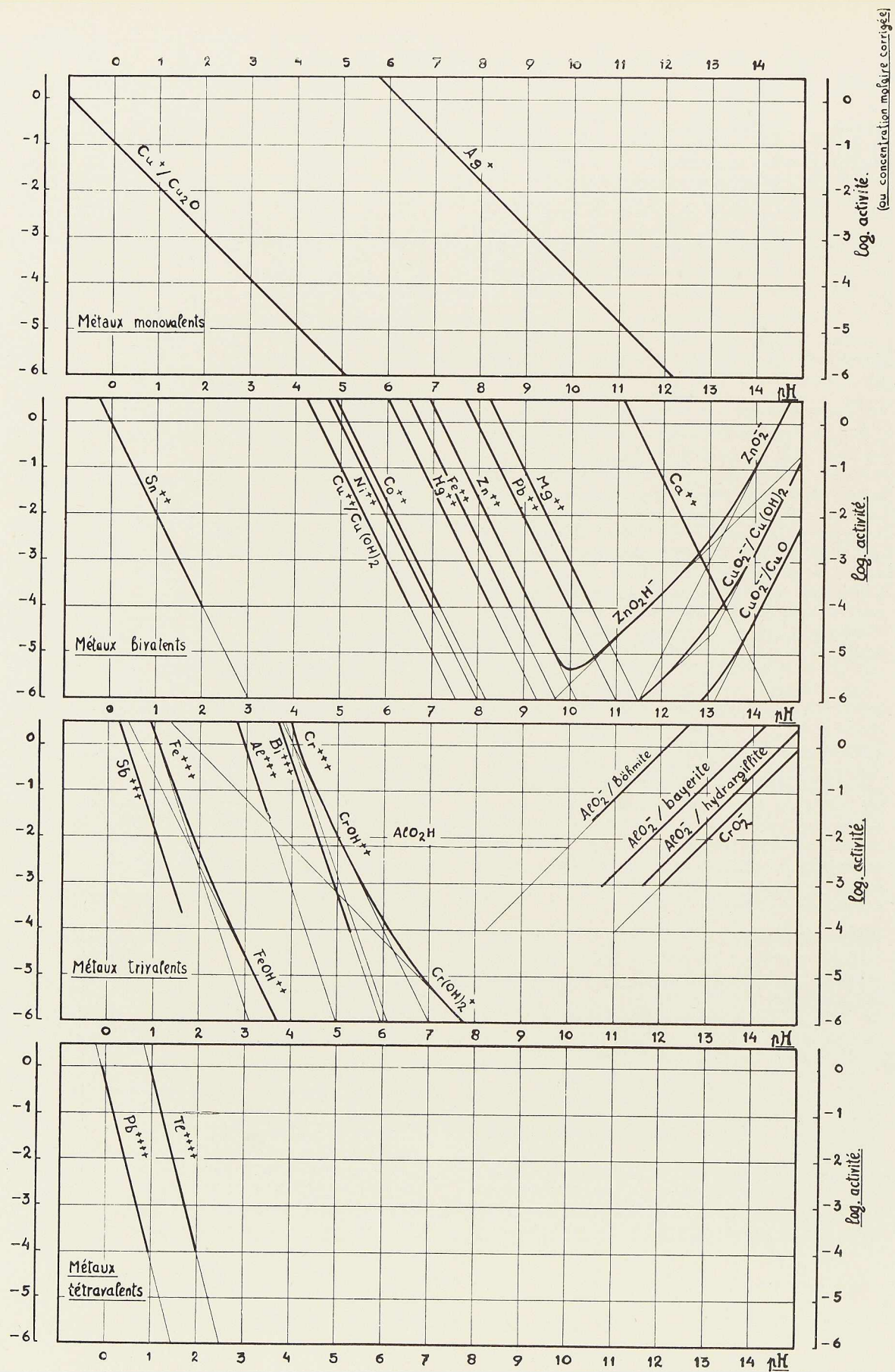
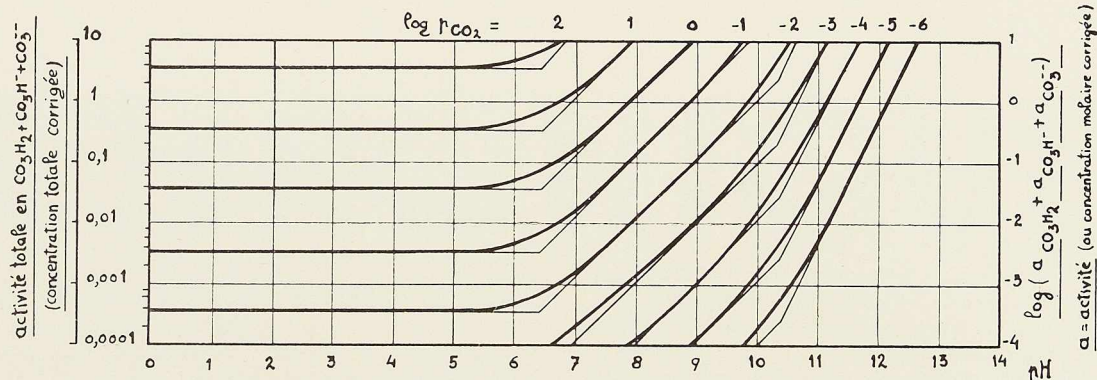
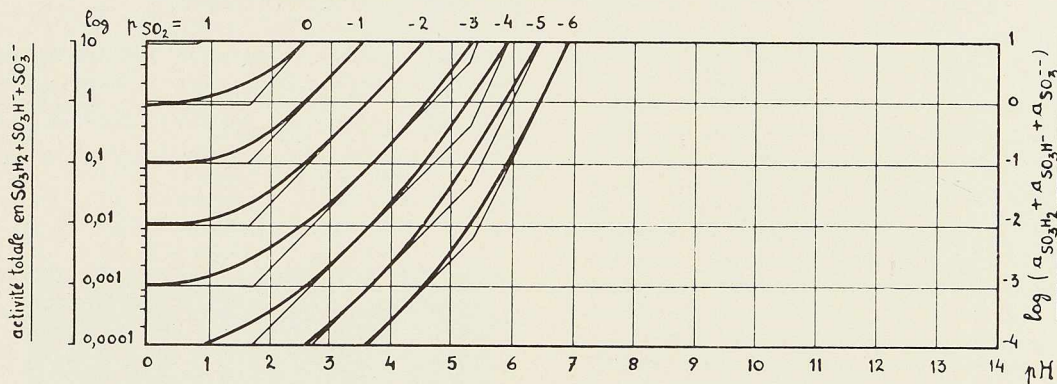


Fig. 4. Influence du pH sur l'équilibre de systèmes hétérogènes solides/solution (solubilité d'hydroxydes).

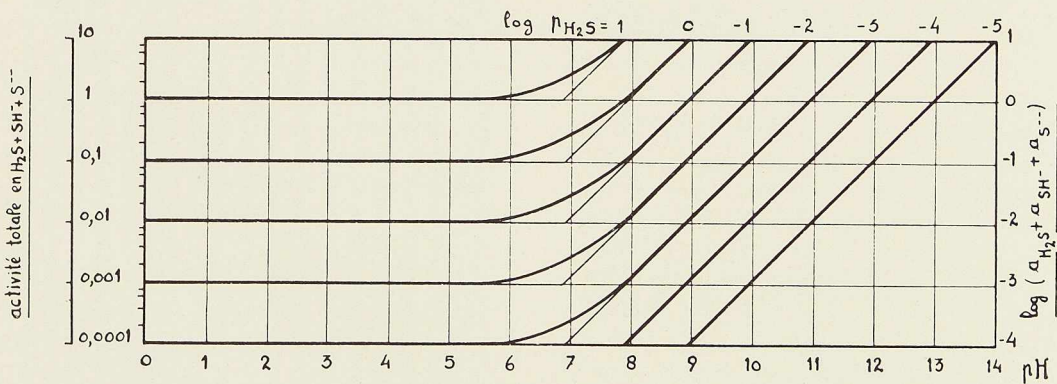
Equilibre entre CO_2 gazeux et les solutions carbonatées.



Equilibre entre SO_2 gazeux et les solutions sulfiteuses.



Equilibre entre H_2S gazeux et les solutions sulfureuses.



Equilibre entre NH_3 gazeux et les solutions ammoniacales.

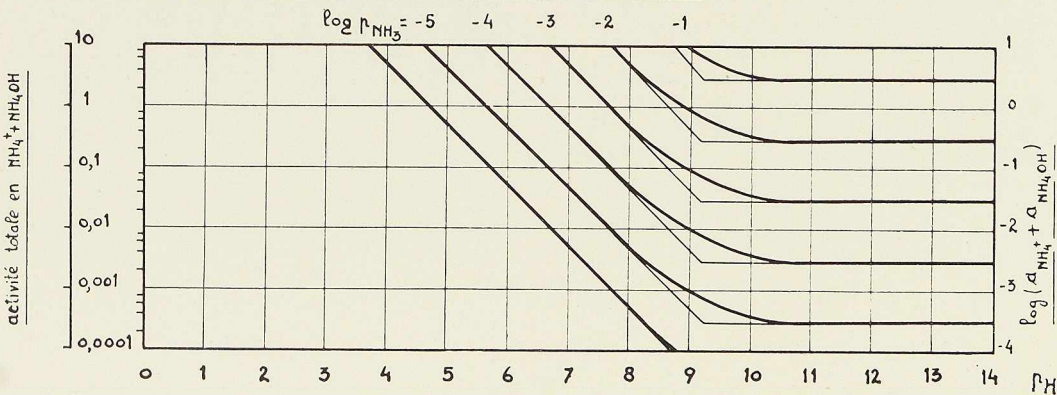


Fig. 5. Influence du pH sur l'équilibre de systèmes hétérogènes gaz/solution (solubilité de gaz acides et alcalins).

lines; les solutions d'acide carbonique et de phosphate monosodique seront légèrement acides.

pH de solutions d'acides faibles et de solutions de bases faibles

Des courbes telles que celles qui sont représentées à la figure 3 permettent de prédéterminer aisément le pH de solutions de substances hydrolysables. On y voit par exemple que des solutions 0,01 molaires (pour lesquelles $\log c = -2$) de différentes substances auront les pH suivants :

H_2CO_3	pH = 4,2
NaHCO_3	pH = 8,4
Na_2CO_3	pH = 11,2
CH_3COOH	pH = 3,4
NH_4Cl	pH = 5,6
Na_2HPO_4	pH = 7,2
NH_4OH	pH = 10,7

EQUILIBRES HÉTÉROGÈNES

Solubilité d'hydroxydes

La figure 4 exprime par exemple que, si on

traite une solution de ZnSO_4 0,01 molaire par de la soude caustique, du $\text{Zn}(\text{OH})_2$ blanc se séparera pour un pH voisin de 8,2; ce $\text{Zn}(\text{OH})_2$ présentera une solubilité minima pour un pH voisin de 10 ($10^{-5,3}$ iongramme de zinc par litre), se redissoudra alors progressivement et sera complètement redissous pour un pH voisin de 13,3.

Solubilité de gaz acides et alcalins

La figure 5 exprime notamment que pour épurer jusqu'à une pression partielle de 10^{-6} atm (soit 0,0001 % sous pression atmosphérique), un gaz renfermant du CO_2 , du SO_2 , du H_2S (ou du NH_3) par lavage au moyen de solution alcaline 0,01 molaire en CO_2 , SO_2 ou H_2S dissous (ou au moyen de solution acide 0,01 molaire en NH_3 dissous), il faudra que le pH de la solution de lavage soit respectivement :

pour CO_2	supérieur à 11,2
pour SO_2	supérieur à 5,3
pour H_2S	supérieur à 11,0
pour NH_3	inférieur à 6,7

(A suivre.)

SOMMAIRE

DE L'ÉTUDE DE M. M. POURBAIX

1. INTRODUCTION.

2. EQUILIBRES CHIMIQUES.

Loi générale de l'équilibre chimique.

Influence du pH.

Equilibres homogènes.

Dissociation — Indicateurs — Effet tampon — Hydrolyse — pH de solutions d'acides faibles et de solutions de bases faibles.

Equilibres hétérogènes.

Solubilité d'hydroxydes.

Solubilité de gaz acides et alcalins.

3. EQUILIBRES ÉLECTROCHIMIQUES.

Classification des réactions.

Loi générale de l'équilibre électrochimique.

Influence de la tension d'électrode.

Equilibres homogènes.

Tensions d'oxydoréduction.

Equilibres hétérogènes.

Tensions de dissolution.

Tensions d'électrodes à gaz.

Influence du pH et de la tension d'électrode.

Diagrammes d'équilibre électrochimique.

H_2O .

Fe, Cu, Ag, Zn, Pb.

Al, As, Au, Be, Cd, Co, Hg, Se, Sn, Ti,

Tl.

H_2O_2 .



CHRONIQUE

Le marché de l'acier pendant le mois de novembre 1952

	Production acier lingot en tonnes		
	Belgique	Luxembourg	Total
Novembre 1952 .	406 411.	240 910	647 321
Octobre 1952 .	452 405	267 597	720 002
Janv.-nov. 1952 .	4 549 393	2 747 351	7 296 744
Jan.-nov. 1951	4 582 361	2 827 895	7 410 256

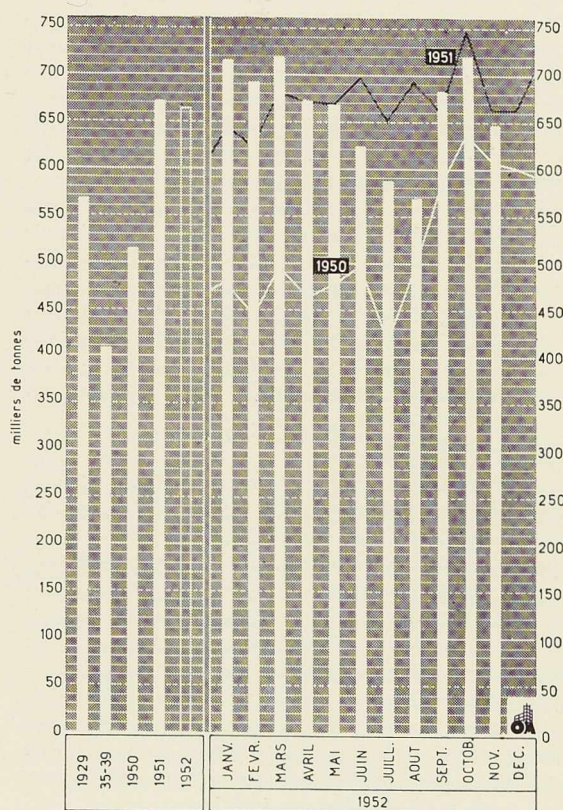


Fig. 1. Production mensuelle des aciéries belges et luxembourgeoises.

La diminution du tonnage d'acier produit, par rapport au mois d'octobre, est due à un nombre de jours ouvrables anormalement réduit. La cadence journalière n'a pas changé; si elle se maintient jusqu'à fin décembre, le total de la production de 1952 atteindra, pour la deuxième fois dans notre histoire sidérurgique, les 8 millions de tonnes, soit près de 4 % de la production mondiale.

Avant la dernière guerre, la production belgo-luxembourgeoise était en moyenne égale à 5 % du chiffre mondial. Mais la production totale d'acier du monde progresse plus rapidement que celle de l'Union Economique. La Commission Economique de l'Europe, à Genève, prévoit, pour 1953, une production mondiale de 240 millions de tonnes, total dans lequel notre production actuelle ne représenterait plus que 3 %.

La même Commission craint d'ailleurs que la consommation ne puisse suivre la même cadence et que l'année prochaine n'amène une surproduction et des difficultés à l'exportation. Elle exprime l'avis que de telles difficultés se seraient déjà produites en 1952 si les grèves américaines n'avaient pas eu lieu.

Marché intérieur

Des pourparlers sont toujours en cours, tant avec le Gouvernement qu'avec les principaux utilisateurs, en vue du rajustement des prix « Intérieur ».

Lors de l'entrée en vigueur du marché commun pour l'acier, prévue en ce moment pour le 10 avril, les prix « Intérieur » belges devront subir un relèvement pour les mettre en concordance avec les prix de revient. On devra, à ce moment, sortir des régimes artificiels qui ont été dictés par les Pouvoirs publics depuis la fin de la dernière guerre et consistant, pour l'acier, à imposer des prix nettement en dessous des coûts de production.

Il serait très souhaitable, dans l'intérêt général et pour remettre le marché dans des notions saines de prix, que l'on n'attende pas l'ouverture du marché commun pour procéder aux premières rectifications que les circonstances imposent aujourd'hui de plus en plus impérieusement.

Les expéditions de Fabrimétal ont atteint, en

octobre, 164 360 t, contre 152 653 t en septembre. Ces expéditions comprennent notamment :

	Octobre	Sept.
Produits de la tôle	24 145	22 491
Accessoires métalliques du bâtiment	10 359	9 855
Ponts et charpentes	21 721	16 185
Matériel de chemin de fer et tramways	11 149	6 234

Plusieurs ponts métalliques sont en construction dans le pays : le pont des Ardennes, à Namur, un pont tournant à Boom, la partie amont du pont du Val Benoît à Liège.

Les ateliers construisant du matériel roulant travaillent à environ 50 % de leur capacité seulement. Il en est de même dans d'autres secteurs des fabrications métalliques.

En Hollande, les restrictions relatives à la fabrication, l'achat et la vente de fer-blanc ont été levées. La Hollande importe du fer-blanc en provenance de ses pays voisins et certaines qualités en provenance des Etats-Unis.

Marché extérieur

La faiblesse des marchés d'exportation a été la note dominante de la situation commerciale du mois de novembre. L'abstention des acheteurs est la résultante de plusieurs facteurs :

— Le premier, l'incertitude dans laquelle se trouvent, quant à la future politique de prix, les pays devant constituer prochainement le marché commun de l'acier; les autres pays européens espèrent également bénéficier des conséquences favorables de cette politique;

— Le second, la grande activité à l'exportation des usines françaises dont le marché intérieur a présenté une surprenante accalmie.

Les prix nominaux ont été réduits vers fin novembre aux cours approximatifs ci-après :

Aciers marchands	Frs	5 000	la t fob	Anvers
Feuillards		6 000	»	»
Tôles fortes		6 750	»	»

En ce qui concerne les tôles fines, les prix avaient été réduits précédemment de 750 à 900 francs la tonne.

Une certaine activité s'est manifestée sur les marchés de la zone dollar mais, là aussi, sous l'effet de la concurrence des autres usines européennes, les prix ont quelque peu fléchi.

La sidérurgie dans le monde

Etats-Unis

Après l'élection présidentielle, on estime que le général Eisenhower est le mieux informé des problèmes de l'Europe. Il devra cependant surmonter l'isolationnisme de son parti. On croit aussi que les dirigeants syndicalistes trouveront moins de soutien à Washington que sous la présidence actuelle, sans que toutefois il faille prévoir des changements importants de la législation sociale.

De nouveaux records de production sont actuellement réalisés. Le mois d'octobre a donné 8 715 000 t. Le total des dix premiers mois de l'année atteint 66,7 millions de tonnes, en recul d'environ 12 millions de tonnes par rapport à la même période de l'année 1951. Le retard causé par les grèves diminue sensiblement et on peut escompter que d'ici fin d'année la moitié de la perte de production sera récupérée.

La situation du marché se normalise peu à peu. Déjà les stocks de sécurité se reconstituent. Le Président de la *Bethlehem Steel Corp.* a exprimé l'avis qu'il n'y a plus de raison pour maintenir le contrôle gouvernemental des aciers. On escompte d'ailleurs la suppression des systèmes de répartition pour le 1^{er} avril, ou au plus tard pour le 1^{er} juillet 1953. Les importations d'acier diminuent fortement.

La nouvelle usine Fairless à Morrisville sera probablement mise en marche en fin d'année, de même que la fabrique de fer-blanc. Le *Bethlehem Steel Corp.* construit un haut fourneau d'une capacité annuelle de 600 000 t et devant être mis en marche fin février 1953. Un deuxième haut fourneau de la même capacité sera mis en construction prochainement.

Grande-Bretagne

La production de novembre fait apparaître la cadence record de 17 951 000 t annuelles, contre 16,4 millions en novembre 1951.

La situation du marché continue à s'améliorer et les stocks augmentent. L'approvisionnement en mitrilles est moins précaire et on ne prévoit pas, d'autre part, de crise de charbon pour cet hiver. Le marché des tôles fortes et de certains autres produits est encore assez tendu et les chantiers navals écossais se plaignent des fournitures insuffisantes qui leur sont faites. Il paraît certain aussi que l'Angleterre devra encore importer de l'acier pendant l'année 1953.

Pendant les dix premiers mois de 1952, le pays a importé 2 045 000 t de produits sidérurgiques, contre 695 000 t pendant la même période, en



1951. Les exportations ont atteint 2 096 000 t (en 1951 : 2 222 000 t). Les pays qui ont reçu les plus forts tonnages de produits anglais sont la Hollande, les Pays scandinaves et certaines républiques sud-américaines.

L'Angleterre consomme par an environ 25 millions de tonnes de minerai dont 16 millions de provenance intérieure. On compte augmenter encore l'extraction nationale, sans pour cela diminuer l'importation. On projette en effet d'amener la production de fonte à 20 millions de tonnes par an.

France

La production de novembre a atteint, pour la France 922 000 t, pour la Sarre 236 000 t.

L'approvisionnement en tôles fortes est encore précaire et les détails de fourniture sont très longs. Par contre, il y a pléthore de tôles fines.

Les carnets des usines ont tendance à se dégarnir et les détails, pour la plupart des produits, sont ramenés à 2-3 mois.

Les constructeurs de matériel roulant ont reçu commande de 50 voitures métalliques de première classe, pour les chemins de fer du Mexique.

Usinor, à son usine de Denain, a mis à feu le premier four de la nouvelle aciérie Martin. Deux autres fours seront allumés en décembre et janvier.

A Senelle-Maubeuge, un troisième four Martin de 75 t a été mis en service.

On signale que dans les usines du Nord et du Pas-de-Calais, on emploie de plus en plus les étançons métalliques. On a constaté que l'on doit à ce matériel une diminution des accidents dans les mines.

Allemagne

En novembre, la production d'acier a été de 1 363 000 t, contre 1 461 000 en octobre. L'Allemagne retrouve ainsi, pour le territoire de la République fédérale, la cadence de production des années 1936 à 1938, mais ses porte-parole de la sidérurgie font remarquer que les pays voisins ont, depuis lors, pu faire progresser leur production d'environ 50 %, l'Angleterre de 33 % et les Etats-Unis de 125 %.

Les délais de fourniture diminuent et sont en général de 6-7 mois. De nouvelles négociations sont prévues au sujet des prix. Les transformateurs attendent leur diminution, alors que les producteurs voudraient voir maintenir les taux actuels, pour le premier trimestre de 1953.

Une délégation des activités portuaires d'Anvers a rencontré, le 17 novembre, des représentants de la sidérurgie allemande, avec lesquels elle a

conclu un accord sur les conditions d'expédition par Anvers des produits allemands. Il en résulte une forte réduction des frais de transbordement à Anvers.

L'Allemagne exporte vers la Hollande quelque 20 000 t de produits sidérurgiques par mois. La Hollande a d'ailleurs pris des participations financières notables dans diverses sociétés allemandes de l'industrie sidérurgique. C'est ainsi que les Aciéries d'Ijmuiden sont un des gros actionnaires de la *Dortmund-Hörder Hütten Union*. De même, la Holding Klöckner comporte une importante participation hollandaise.

Venezuela

M. Durrer, Directeur Général des Aciéries de Gerlafingen (Suisse) a été appelé comme conseiller du Gouvernement, sur les questions techniques que pose l'établissement d'une industrie sidérurgique. Celle-ci devrait surtout servir l'industrie du bâtiment du Venezuela.

Indes

La *Steel Corporation of Bengal* fusionne, à partir du 1^{er} janvier 1953, avec l'*Indian Iron and Steel Cy*. La première a une production annuelle de 350 000 t d'acier, la seconde produit environ 700 000 t de fonte.

Les pourparlers du Gouvernement de l'Inde avec la Banque mondiale et le Japon ont abouti : la nouvelle société sidérurgique projetée aura un capital de 100 millions de dollars, souscrit à moitié par la Banque mondiale et à moitié par l'Inde et le Japon. On construira deux hauts fourneaux de 1 200 t de capacité journalière.

Espagne

La nouvelle Entreprise nationale sidérurgique, dont l'usine est en construction près d'Avilès, province d'Oviedo, aura une capacité de production de 700 000 t d'acier. Le train de laminage sera fourni par l'Angleterre, les fours à coke par l'Allemagne.

La Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier

Le mois de novembre a été une période d'activité intense à la C. E. C. A. Aussi peut-on considérer dès à présent comme certain que le marché unique du charbon sera réalisé à la date prévue, soit le 10 février prochain.

Le 17 novembre a eu lieu une séance plénière qui avait pour objet la collaboration entre le Pool et l'Angleterre. Le Président, M. Monnet a





Fig. 2. M. R. Schuman, Ministre des Affaires Etrangères de France à l'inauguration des nouveaux bâtiments de l'I. R. S. I. D. à Saint-Germain-en-Laye.

exprimé à cette occasion que cette collaboration sera « non pas un traité commercial ou un partage des marchés d'outre-mer, mais une action en commun, des responsabilités, des droits, des obligations partagés sur un pied d'égalité ».

Entre temps, le *Joint Committee* a été chargé d'une enquête sur les possibilités de libérer l'Europe des importations de charbon à coke des Etats-Unis. De leur côté, les experts des questions de transport ont tenu une réunion à Luxembourg.

On annonce la nomination, comme Directeur de la production de la Haute Autorité, de M. Cranée, Directeur Général d'Usinor.

La Confédération des industries des six pays du Pool a décidé, lors d'une réunion tenue à Paris, de constituer un organisme permanent sous la dénomination « Union des industries des six pays de la C. E. C. A. ». Le Président de la nouvelle Union est M. Quintieri, Vice-Président de la Confédération générale de l'industrie italienne, et le Vice-Président, M. Bekaert, Président de la F. I. B., Bruxelles.

Le Comité consultatif technique, qui doit se réunir en janvier, avant l'assemblée du Parlement C. E. C. A. à Strasbourg, comprend 51 membres, soit 17 producteurs, 17 consommateurs et 17 ouvriers, se répartissant comme indiqué au tableau ci-contre.

Au début du mois de décembre a été créée à Luxembourg la Cour de Justice, le dernier organisme qui restait à constituer.

Pays	Producteurs	Consommateurs	Ouvriers	Total
Allemagne				
Charbon	3	6	5	16
Acier	2			
France				
Charbon	2	4	5	14
Acier	3			
Belgique				
Charbon	2	2	3	8
Acier	1			
Hollande				
Charbon	1	2	1	5
Acier	1			
Luxembourg				
Acier	1	1	1	3
Italie				
Acier	1	2	2	5
	17	17	17	51

Tableau de répartition des membres de la C. E. C. A.

A l'occasion d'une réunion de la presse française, M. P. Ricard, Vice-Président de la Chambre syndicale de la Sidérurgie française, a exprimé sa satisfaction au sujet de la façon dont la C. E. C. A. a commencé ses travaux. Il approuve entièrement la désignation des représentants français dans les commissions de travail et au Comité consultatif et confirme la collaboration la plus loyale de la sidérurgie française à la Haute Autorité.

A la même occasion, M. Ricard rappelle certaines promesses faites par le Gouvernement français, au sujet des investissements nécessaires à l'industrie française pour lui assurer une compétition suffisante.

Equipement et produits des Industries Sidérurgiques à la Foire Internationale de Liège

En moins de dix années, l'industrie sidérurgique a pris en Europe un nouveau visage. Les plans de modernisation sont résolument entrés, à l'occasion des reconstructions imposées par les destructions de la dernière guerre et par l'aiguil-

lon donné par l'industrie nord-américaine, dans une phase très active de réalisation.

Les utilisations de plus en plus grandes de l'acier, qui vont de pair avec ses qualités toujours améliorées et des prix de revient qui rendent rêveurs les chefs d'entreprises qui n'ont pas les moyens de rester en pointe du progrès, militent en faveur d'un inventaire annuel.

Ces impératifs ont amené les sociétés sidérurgiques belges à grouper autour d'elles en 1949, des constructeurs des divers secteurs industriels qui travaillent les métaux pour organiser chaque année une exposition technique. La Foire Internationale de Liège : Mines, Métallurgie, Mécanique, Electricité industrielle, est ainsi née.

Pour la cinquième fois, le 25 avril 1953, cette manifestation commerciale groupera des biens de production et d'équipement et des matières de base pour leur mise en œuvre. Les quatre grandes spécialisations, rappelées dans son intitulé, sont elles-mêmes subdivisées en vingt groupes, parmi lesquels figurent : Fontes et aciers - Tréfilage, étirage, laminage à froid - Forges, estampage, gros emboutissage - Tôle, travail de la tôle - Ponts et charpentes, chaudières - Constructions navales et Constructions mécaniques diverses.

Le programme de 1953 comporte notamment une exposition intitulée : « Equipement et produits des industries sidérurgiques ».

Celle-ci présentera du matériel pour l'équipement de hauts fourneaux, laminoirs, l'électrometallurgie, aciéries de moulage, usines de traitements thermiques, de profilage, d'étirage, de tréfilage, de fabrication des tubes, forges et fonderies.

Tous les produits bruts, demi-produits, aciers spéciaux laminés, profilés, étirés, tôles, tubes, pièces forgées ou coulées seront exposés pour constituer une gamme complète des matières transformables mises à la disposition des utilisateurs.

Le caractère technique de cette exposition internationale sera réhaussé par un colloquium organisé par le Centre de Recherches Métallurgiques (section liégeoise) avec la collaboration de la Société française de Métallurgie, le *Verein Deutscher Eisenhüttenleute* et l'*Iron and Steel Institute*.

Il aura pour objet le bas fourneau et le soufflage au convertisseur.

Dans une journée du bas fourneau, après un exposé général, les auditeurs seront mis au courant des essais de la Société *Hüttenwerk Oberhausen* et des installations réalisées dans le bassin liégeois.

Au cours d'une journée « Acier Thomas »

diverses communications seront faites sur le soufflage à l'air, le soufflage aux mélanges gazeux par le bas du convertisseur et le soufflage par le haut du convertisseur.

Outre la visite à l'exposition et l'audition des conférences, les visiteurs auront l'occasion de se rendre dans les usines de la région dont le programme d'équipement est terminé sinon très avancé.

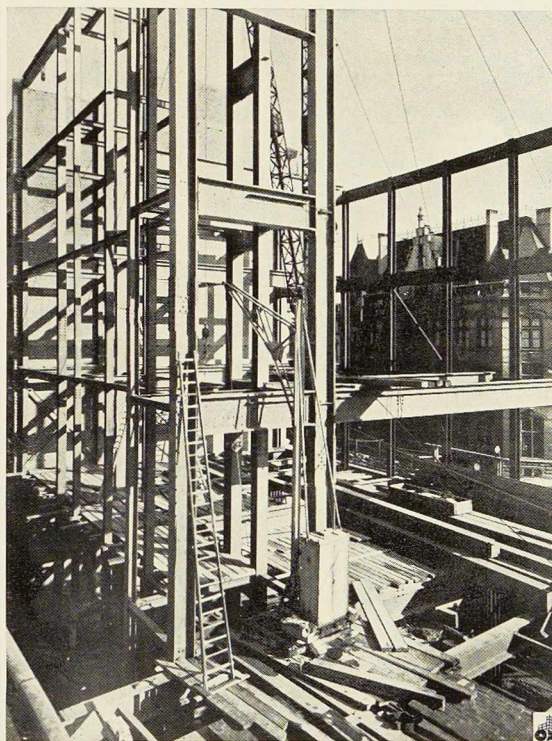
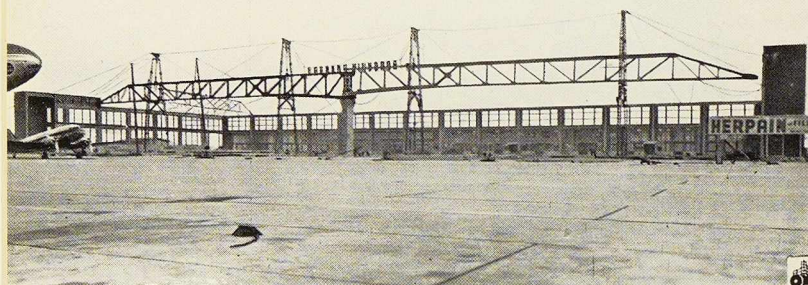


Fig. 3. Charpente métallique du nouveau bâtiment de l'Innovation à Charleroi.

Le nouveau bâtiment des Grands Magasins « A l'Innovation » à Charleroi

La S. A. des Grands Magasins « A l'Innovation » fait construire actuellement à Charleroi, un nouveau bâtiment à côté des installations actuelles appelées à être démolies.

Le règlement communal imposant une hauteur limite pour le bâtiment, l'acier a été choisi comme matériau pour éviter une perte de volume utile qui aurait résulté d'une exécution en béton armé.



L'ensemble de l'ossature comportera un poids global d'environ 1 200 t dont la presque totalité est constituée de poutrelles Grey.

L'entreprise générale a été confiée à la S. A. Entreprises Ed. François & Fils. La S. A. Baume & Marpent, a été chargée de l'exécution et du montage de l'ossature métallique.

Nous publierons prochainement un article décrivant cette construction.

Hangar pour avions lourds à Melsbroek

La Régie des Voies aériennes fait construire actuellement à Melsbroek un hangar pour avions lourds, dont les caractéristiques sont les suivantes : longueur intérieure : 152 m; largeur intérieure : 66 m; hauteur libre : 13 m; gabarit extérieur imposé : 18 m maximum.

La charpente métallique de toiture du hangar qui comporte 4 pans coupés, prend appui sur les murs latéraux et arrière ainsi que sur un pilier central en retrait de 18 m par rapport à l'axe des grandes portes.

L'ensemble comporte en ordre principal :

a) Une poutre-maitresse de 153 m de longueur, posant sur 3 appuis distants de 76,50 m et constituant l'épine dorsale de la couverture. Le faible encombrement permis lui a assigné une hauteur



Fig. 4. Charpente métallique du nouveau hangar à l'aéroport de Melsbroek.

théorique de 4,20 m soit 1/18 environ de la portée. Cette réduction imposée de la hauteur a pu être réalisée économiquement et rationnellement grâce à la mise en compression préalable de la poutre, dans une phase bien déterminée de l'exécution;

b) Treize poutres transversales de 66 m de longueur, dont 18 m de porte-à-faux vers l'avant;

c) Les poutres et fermes intermédiaires — pannes — contreventements — arêtiers — etc.

Grâce à un outillage de montage parfaitement mis au point, les différentes opérations du montage de la poutre-maitresse (poids 180 t environ) se sont déroulées exactement suivant les prévisions.

La construction et le montage de la superstructure métallique sont réalisés par la S. A. Lee-mans & Fils de Vilvorde, sous contrôle du Bureau Seco de Bruxelles.

Entreprise générale : S. A. Herpain & Fils, à Uccle.

La peinture des constructions métalliques et ouvrages d'art

Dans l'article du Dr M. Fonteyn publié dans le n° 11-1952 nos lecteurs auront constaté une inversion de textes.

Le paragraphe « Couches de fond » avec ses subdivisions a, b, c et d, doit être suivi du paragraphe « Couches de finition ».

Ces deux paragraphes précèdent le chapitre « Peinture de fer à l'intérieur de locaux où ne règne pas une atmosphère corrosive ».

Une relique de l'industrie sidérurgique belge

La Commission des Monuments et Sites vient de classer le « Fourneau Saint-Michel ». Ce fourneau, situé dans la forêt entre Saint-Hubert et Nassogne, est englobé actuellement dans les dépendances d'une ferme. Construit au xviii^e siècle par le dernier abbé de Saint-Hubert, Dom Spirlet, il a été abandonné pendant la révolution française. Les recherches effectuées par des archéologues ont mis à jour une poutre portant le millésime 1771.

Fig. 5. Fourneau Saint-Michel datant du XVIII^e siècle.

Bibliothèque

Nouvelles entrées (1)

Mécanique expérimentale et appliquée - Tome III

par G. MIRGAUX

Un ouvrage de 188 pages, format 13 × 22 cm, illustré de nombreuses figures. Edité par Bielefeld, Bruxelles, 1952.

Conçu en vue de servir de guide à tous ceux qui se destinent aux carrières de mécaniciens, électriciens, travailleurs du métal, etc.

Ces notes contiennent d'utiles données sur les sujets suivants : Décomposition des forces — Pesanteur — Equilibre des corps solides — Résistances passives.

Nucléonique industrielle

Un ouvrage de 32 pages, format 25 × 28 cm, illustré de nombreuses figures. Edité par l'E. G. E. M., Bruxelles, 1952.

Les applications des isotopes radioactifs dans l'industrie sont expliquées en détail en donnant les principes sur lesquels ces applications sont basées. L'ouvrage se termine par une description succincte de certains appareils détecteurs et de contrôle.

Om brobågars stabilitet i vertikalplanet (Sur la stabilité verticale des ponts en arc)

par Sven G. BERGSTRÖM

Un ouvrage de 192 pages, format 16 × 24 cm, illustré de 63 figures. Edité par la Commission d'Etat pour la Recherche sur le Bâtiment, Stockholm, 1951. Prix : 9 couronnes.

Dans ce mémoire, l'auteur étudie la stabilité des arcs au point de vue des déformations dans le plan de l'arc.

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

(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).

Studies in elastic structures

par A. J. S. PIPPARD

Un volume relié de 362 pages, format 15 × 23 cm, illustré de nombreuses figures. Edité par Ed. Arnold & Co., Londres, 1952. Prix : £ 3.0.0.

Cet ouvrage est un recueil d'études relatives aux constructions élastiques telles que roues et volants, poutres de ponts, systèmes en treillis, poutres en arc, etc., effectuées par l'auteur et ses collègues de l'Université de Londres.

Les solutions de problèmes obtenues par voie analytique sont généralement contrôlées par voie expérimentale. L'ouvrage du professeur Pippard constitue un excellent manuel qui sera apprécié par les ingénieurs calculateurs.

Manuel pratique d'atelier de la construction mécanique

par W. BAWIN et C. DELFORGE

Un ouvrage de 186 pages, format 11 × 14 cm, illustré de plusieurs figures. Edité par G. Thone, Liège, 1952. Prix : 40 francs.

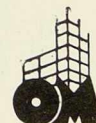
Le but de cet ouvrage est de mettre le personnel de la construction mécanique en possession d'un memento essentiellement pratique, susceptible de lui permettre de résoudre aisément les 1 001 difficultés qui se rencontrent tous les jours dans leur travail courant. Le petit livre de MM. Bawin et Delforge, édité avec soin, rendra certainement de bons services aux dessinateurs et techniciens d'ateliers.

La crise morale et la sauvegarde du travail humain

par P. HAIDANT

Un ouvrage de 50 pages, format 15 × 23 cm. Edité par la Librairie Polytechnique Charles Béranger, Paris et Liège, 1952. Prix : 40 francs (belges).

Après avoir analysé les causes de la crise morale qui sévit actuellement en Europe, l'auteur préconise comme moyen de défense la réalisation d'une collaboration économique et sociale entre patrons et ouvriers.



Dana's Manual of Mineralogy (Manuel de Minéralogie du Professeur Dana), 16^e édition

Un volume relié de 530 pages, format 15 × 22 cm, illustré de 471 figures. Edité par John Wiley & Sons Inc., New-York, 1952. Prix : \$6.00.

Le *Manuel de Minéralogie* de feu le professeur Dana est un ouvrage classique aux Etats-Unis. La 16^e édition de cet ouvrage, revue par le professeur C. S. Hurlbut, Jr., tient compte des derniers développements de la technique dans ce domaine.

Parmi les modifications apportés à cet ouvrage il convient de citer l'abandon de l'ancienne nomenclature cristallographique en faveur d'une nomenclature plus simple et plus logique. Le chapitre relatif aux aspects chimiques des minéraux constitue également une nette amélioration.

CATALOGUES

Walzstahl (Acier laminé)

Un catalogue de 212 pages, format 15 × 21,5 cm, illustré de nombreuses figures. Edité par le Groupement de l'Industrie sidérurgique, Dusseldorf, 1952.

Ce catalogue donne le programme de laminage et les qualités de 58 usines sidérurgiques allemandes.

Excellentement présenté, cet ouvrage donne un aperçu complet par usine.

Le seul reproche que nous puissions lui adresser c'est l'absence de répertoire par produits. Nous n'ignorons d'ailleurs guère les difficultés qu'entraîne un pareil répertoire. Tel quel il présentera néanmoins un intérêt incontestable pour tous les sidérurgistes et constructeurs.

Bibliographie

Résumés d'articles (1)

11.2 - Normes russes pour aciers de construction et d'outillage

Stahl und Eisen, 20 nov. 1952, pp. 1542 à 1545.

Les travaux russes ne mentionnent pas d'une manière complète les caractéristiques chimiques et physiques de l'acier et il en résulte des difficultés de comparaison avec les aciers des normes étrangères.

Cet article donne des tableaux concernant les aciers faiblement alliés au manganèse, silicium, molybdène et chrome d'après les normes russes GOST 4543-48. Rappelons simplement le symbole généralement utilisé :

1^o Chiffre indiquant la teneur moyenne en carbone en centièmes de %;

2^o Indicatif de l'élément d'alliage (Ch : chrome; F : vanadium; G : manganèse; S : silicium; T : titane);

3^o Eventuellement la qualification A (acier inoxydable);

4^o Eventuellement la teneur en % de l'élément d'alliage.

(1) Les numéros d'indexation indiqués correspondent au système de classification dont le tableau a été publié dans le n^o 6-1952 de *L'Ossature Métallique*.

15.35 - Essai de soudabilité « C. T. S. » pour des aciers à haute résistance assemblée à l'arc électrique

Bulletin de la British Welding Research Association, n^o 5, oct. 1952, pp. 89-92, 4 fig.

La soudabilité, telle que comprise dans cet essai, est la mesure de la résistance de l'acier à la propagation des fissures dans le joint soudé, dans la zone affectée par la chaleur de soudage. Elle n'est pas identique avec la propagation des fissures de fatigue qui résulte des concentrations des tensions dans un métal initialement ductile et sans fissures.

Les essais envisagés doivent pouvoir s'effectuer sur des machines simples accessibles aux laboratoires d'usine. La zone la plus affectée est celle comprise entre 200 et 400° C. L'unité de sévérité thermique est donnée par la chaleur qui s'écoule au travers d'une tôle de 1/4" d'épaisseur. La sévérité thermique n^o 2 est celle qui comprend une épaisseur double. L'essai comprend une série de cordons de soudure réalisés dans les conditions de la pratique. Deux des cordons sont des soudures-témoins correspondant à la sévérité d'une soudure bout à bout pour l'un et à une soudure d'angle pour l'autre. Après refroidissement on examine les cordons et on peut déterminer l'influence des métaux de base et d'apport ainsi que la soudabilité pour le type de construction envisagé.



D'un seul bond...

AVEC GECO-ARC VOUS FRANCHIREZ
LA BARRIERE DE VOS DIFFICULTES

LA SOUDURE A L'ARC
A VOTRE PORTEE
A LA PORTEE DE TOUS

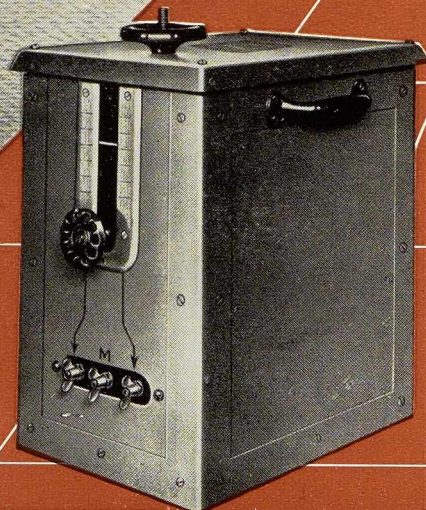
ENFIN! LE VRAI POSTE DE SOUDURE
REDUCTION ET REPLIQUE EXACTE
DES MODELES INDUSTRIELS

L'INDISPENSABLE OUTIL DES
ATELIERS DE CONSTRUCTION,
D'ENTRETIEN ET DE REPARATION

**GECO-ARC FONCTIONNE SUR
10 AMPERES (220 V.)**

★

DEMONSTRATION SUR DEMANDE
FACILITES DE PAIEMENT



TRANSFORMATEURS GECO-ARC

★

TYPE 100 A.1

10 Amp. sous 220 Volts.
Soudure d'électrodes jusque
2,5 mm. \varnothing et occasionnellement
3,25 mm \varnothing .

★

TYPE 100 A.2

15 Amp. sous 220 Volts.
Soudure de toutes les électrodes
courantes jusque 2,5 mm. \varnothing et
occasionnellement 3,25 mm. \varnothing .

ESAB

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

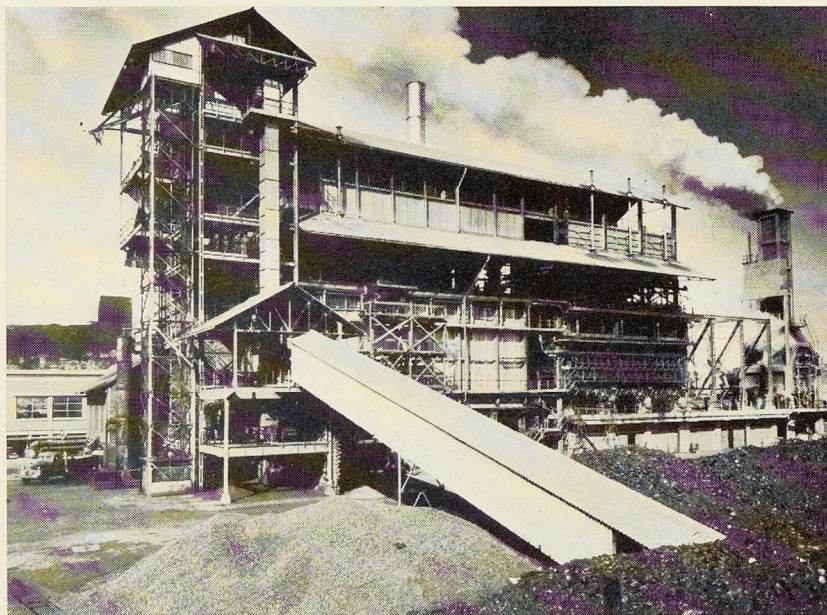
LES FOURS LECOCCQ

SOCIÉTÉ ANONYME - 215, CHAUSSÉE D'ALSEMBERG - BRUXELLES

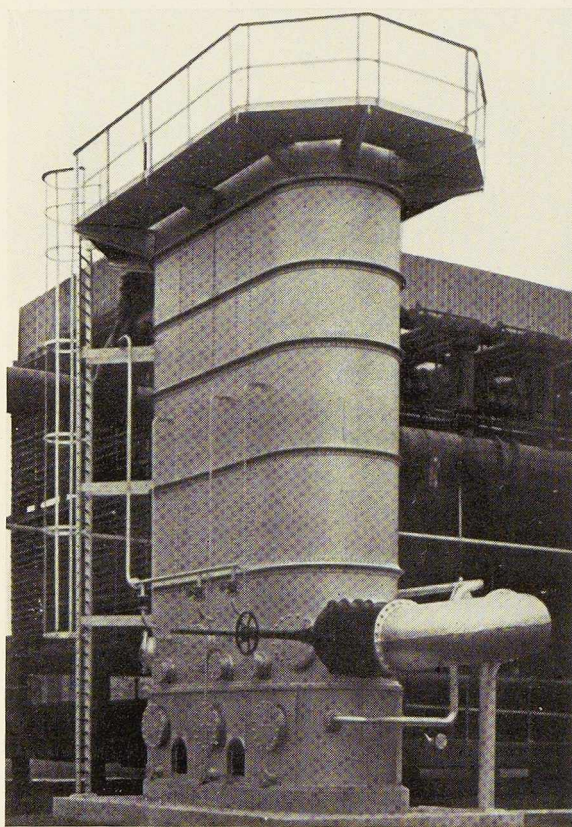
CONSTRUCTION ET
INSTALLATION
DE COKERIES
USINES A GAZ
GAZOGÈNES

USINES DE SYNTHÈSE

Usines chimiques



ENSEMBLE DE FOURS DE L'USINE A GAZ, DE LA MATINHA, à Lisbonne (Portugal)



CONDENSEUR A TUBES VERTICAUX, d'une surface de 800 m². fourni à la cokerie de la ville de Bruxelles

Fours à coke. Système Underjet intégral à combustion contrôlée et rationnelle.

Fours à gaz, à chambres verticales.

Gazogènes à gaz pauvre.

Gazogènes à fusion de cendres.

Centrales de gaz à l'eau carburé.
Système Lecoq-Balfour.

Gazomètres à guidage hélicoïdal.
Système Lecoq-Balfour.

Usines de synthèse pour la fabrication de sulfate et de nitrate d'ammoniaque.

Tout l'appareillage auxiliaire.
Condensateurs - Dégoudronneurs - Laveurs - Saturateurs - Caisse et tours d'épuration.

Épuration du gaz avec récupération du soufre, procédé MONASULF, SULFAGEN et SULFAZIL.

Désulfuration
du gaz

Distillation
du goudron

Rectification
du benzol

LES FAMEUSES
PEINTURES ANTI-ROUILLE AU

THIOVERNIS

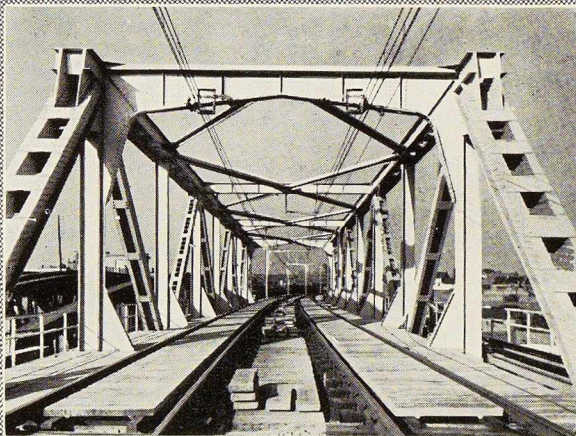


SONT DES PRODUITS

DE VLEESCHOUWER

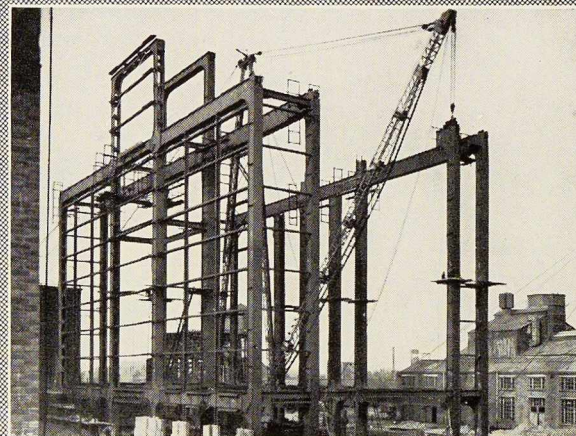
(LINT-Anvers)

LA FIRME DE LA QUALITE



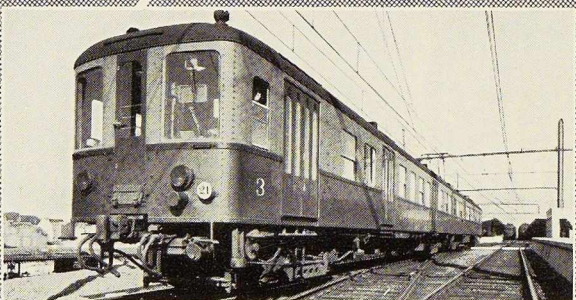
Pont rail à double voie (525 t). Ligne électrique Bruxelles-Charleroi. Portée 61,300 m.

Automotrice double S. N. C. B. (160 km/h).



Ossature métallique d'une centrale électrique en cours de montage.

Wagon-citerne de 52 m³ pour le transport de propane.



WAGONS • VOITURES • LOCOMOTIVES
PONTS ET CHARPENTES • EMBOUTIS LOURDS ET MOYENS

ÉLÉMENTS DE CONDUITES FORCÉES • APPAREILS SOUDÉS POUR HAUTES PRESSIONS
 RESSORTS • PIÈCES DE FORGE • BRIDES POUR TUYAUTERIES À HAUTES PRESSIONS
 TÔLES GALVANISÉES

LES ATELIERS METALLURGIQUES



NIVELLES

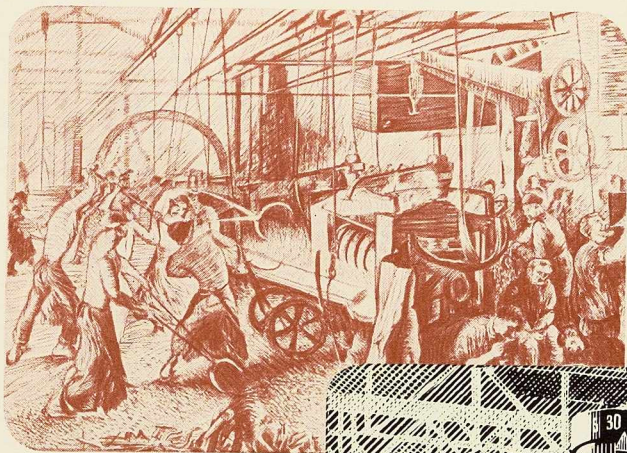
SOCIÉTÉ
ANONYME

SIÈGE SOCIAL ET
DIRECTION GÉNÉRALE
NIVELLES

USINES À
NIVELLES • TUBIZE
LA SAMBRE ET MANAGÉ

Téléphone : Nivelles 22 • Télégr. : Métal-Nivelles

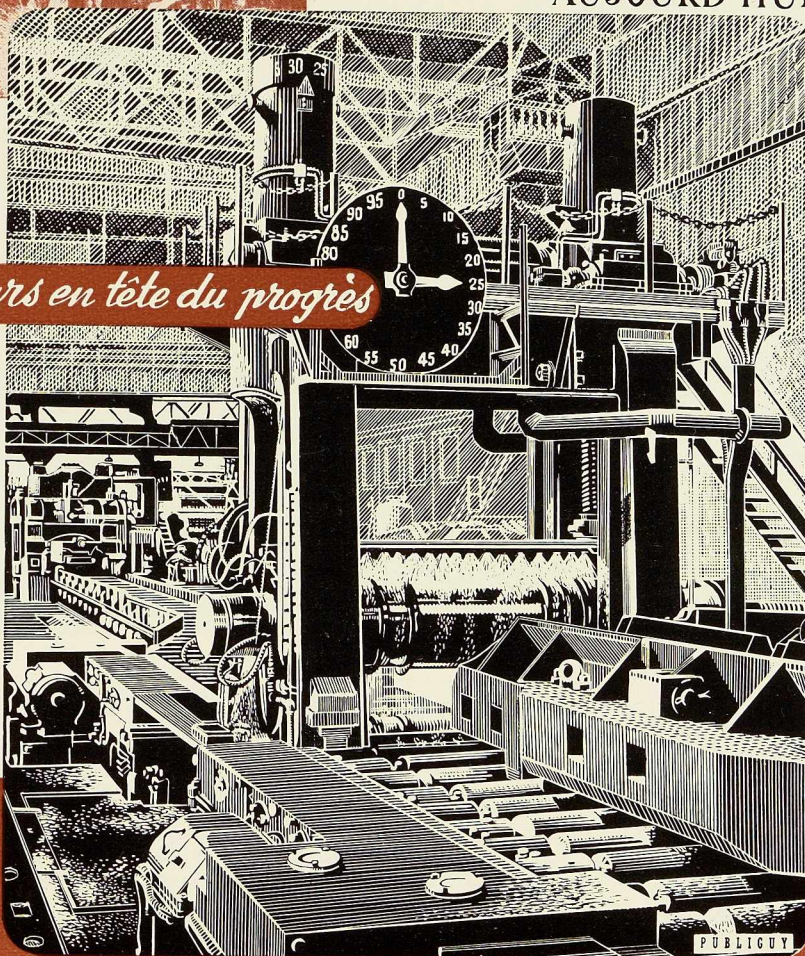
AUTREFOIS



AUJOURD'HUI



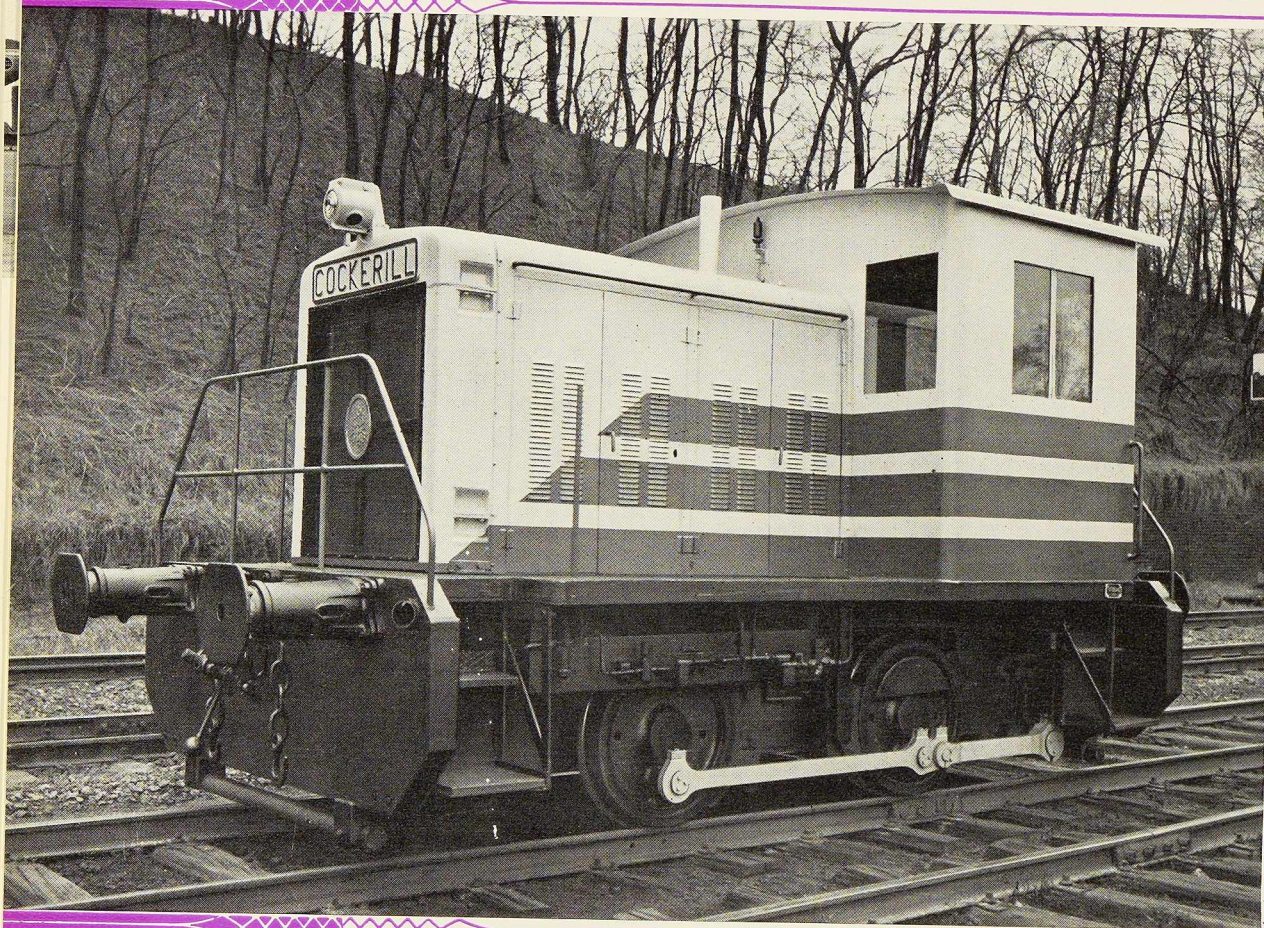
Toujours en tête du progrès



OUGREE - MARIHAYE

TOUTE LA GAMME DES PRODUITS SIDERURGIQUES

ORGANISME DE VENTE : "SIDERUR", 1A, RUE DU BASTION BRUXELLES



Locomotive Diesel hydraulique
de 32 tonnes pour manutention
dans les usines.

METALLURGIE • CONSTRUCTIONS
MECANIQUES & METALLIQUES
CONSTRUCTIONS NAVALES



S.A. JOHN *C*OCKERILL

SERAING • BELGIQUE

Grands magasins de produits métallurgiques
FABRIQUE DE CHAINES DE QUALITÉ ET PIÈCES FORGÉES

Adhémard Demanet

Gosselies (Belgique)



MARQUES DE FABRIQUE



MAISON FONDÉE EN 1831

spécialisée dans la fabrication de chaînes

de 3 à 80 mm de diamètre, par les procédés suivants :

- a) Chaînes soudées à la forge par martelage à la main.
- b) Chaînes soudées électriquement en acier doux.
- c) Chaînes en acier à haute résistance soudées électriquement par étincelage.

MACHINES D'ESSAIS DE 300 T. - 100 T. - 15 T.

Approuvées par : The British Lloyd's Register of Shipping

Le Bureau Véritas

Det Norske Véritas

Germanischer Lloyd

The American Bureau of Shipping

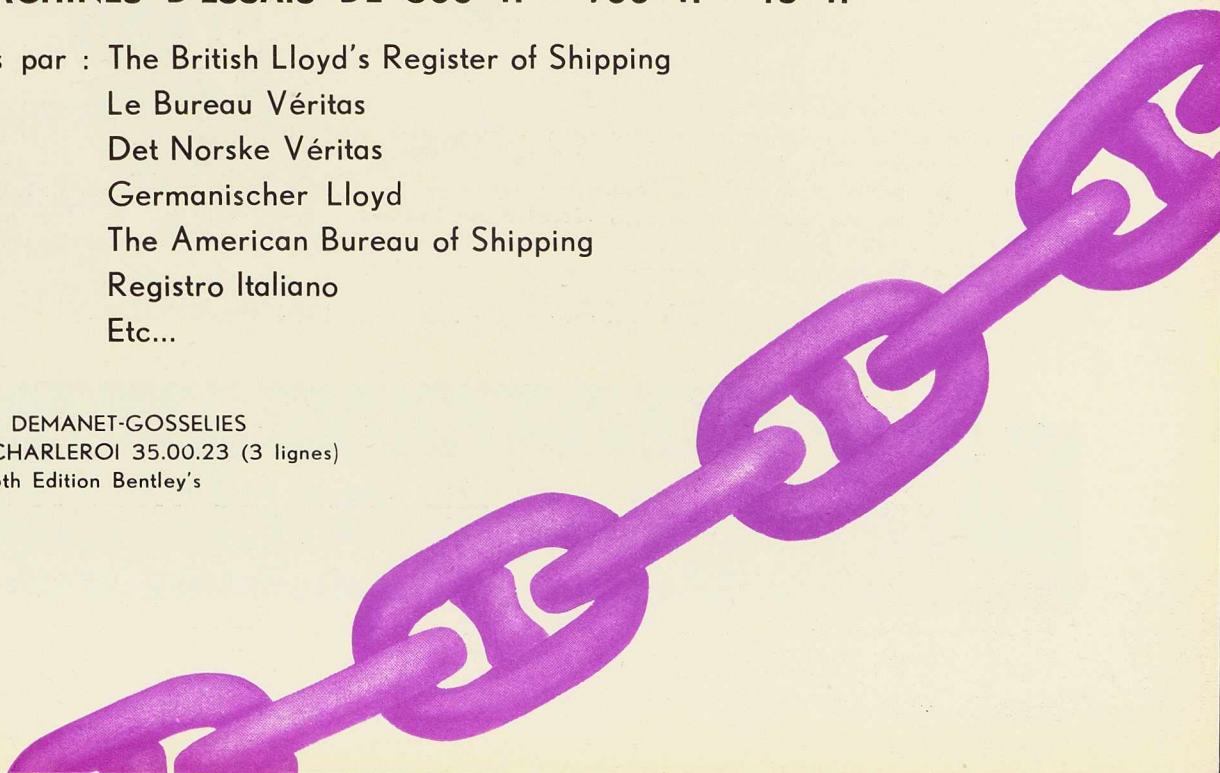
Registro Italiano

Etc...

TÉLÉGRAMME : DEMANET-GOSSELIES

TÉLÉPHONE : CHARLEROI 35.00.23 (3 lignes)

CODE : ABC 6th Edition Bentley's



TÉLÉGRAPHIEZ



O U T R E - M E R

"VIA BELRADIO"

LA VOIE NATIONALE BELGE RAPIDE
ET SURE VERS TOUS LES CONTINENTS

RENSEIGNEMENTS ET DÉPÔT DES MESSAGES
DANS TOUT BUREAU TÉLÉGRAPHIQUE
BELGE

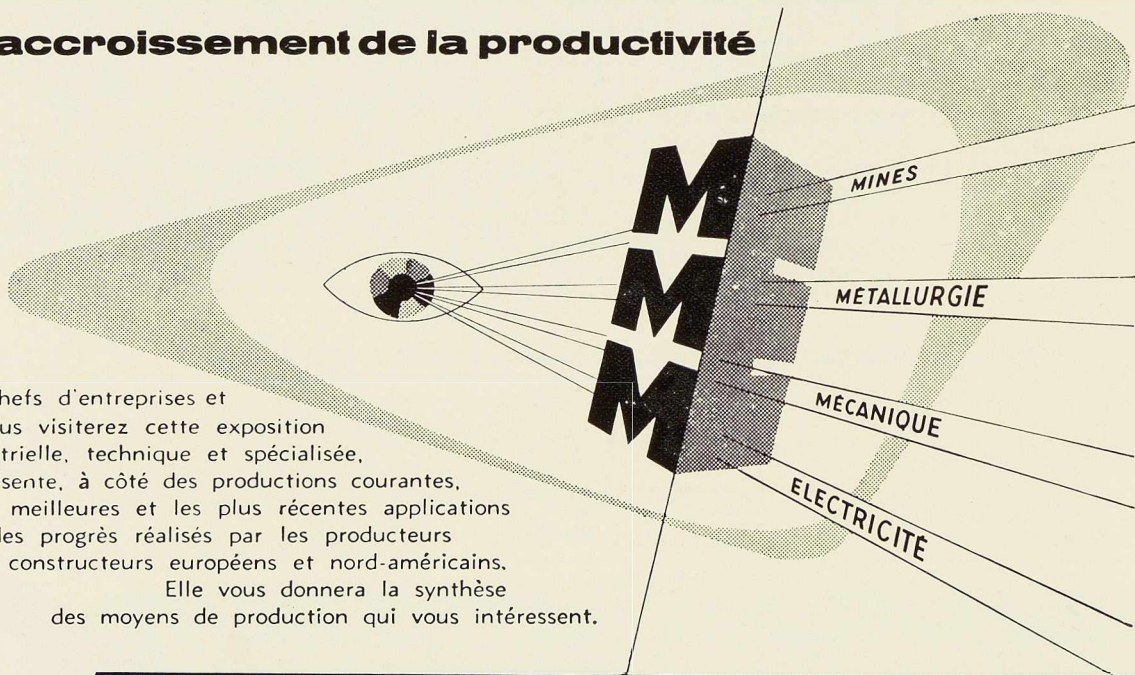
PAR *Téléphone* OU PAR *Telex*
TRANSMETTEZ VOS TÉLÉGRAMMES DIRECTEMENT À
BELRADIO

A N V E R S	33.99.50
BRUXELLES	TELEX 921
	12.30.00
L I È G E	TELEX 921
	23.58.70
G A N D	TELEX 91
	584.75
C H A R L E R O I	TELEX 91
	32.82.45
	TELEX 91

TARIFS ET CAHIERS DE FORMULAIRES FOURNIS GRATUITEMENT

Pour l'accroissement de la productivité

Acheteurs, chefs d'entreprises et ingénieurs, vous visiterez cette exposition industrielle, technique et spécialisée, qui présente, à côté des productions courantes, les meilleures et les plus récentes applications des progrès réalisés par les producteurs et les constructeurs européens et nord-américains. Elle vous donnera la synthèse des moyens de production qui vous intéressent.



Pour tous renseignements
s'adresser à :
Foire internationale de Liège
17, boulevard d'Avroy - Liège

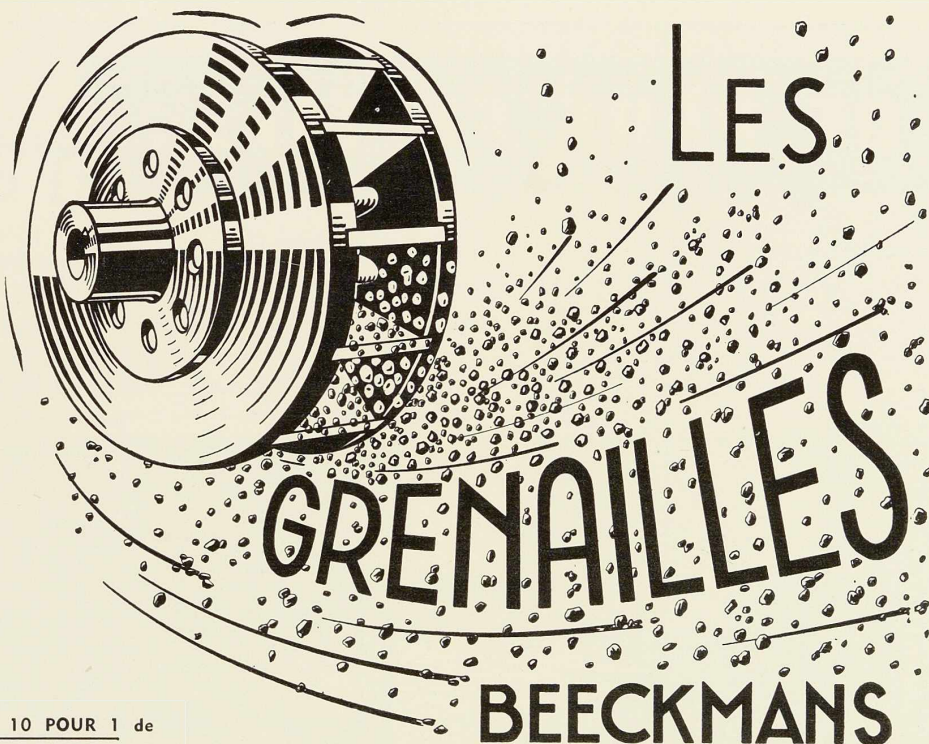
5^{ème} Foire internationale de Liège

25 avril / 10 mai 1953

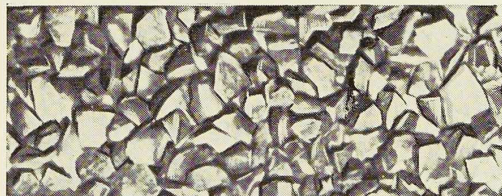
dorland

DÉCAPAGE
DÉSABLAGE

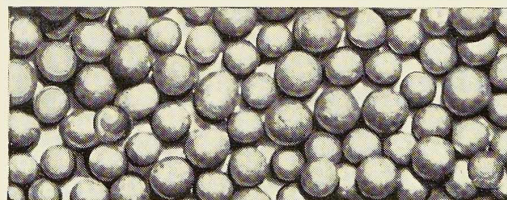
par . . .



AGRANDISSEMENTS 10 POUR 1 de



GRENAILLE ANGULAIRE CALIBRE 9



GRENAILLE RONDE CALIBRE 7

*Les plus résistantes,
les plus régulières*

TOUS LES ABRASIFS MÉTALLIQUES

GRENAILLES DE FONTE TREMPÉE
GRENAILLES D'ACIER (Diamond Crushed Steel)
GRENAILLES CYLINDRIQUES
(Braffos Stainless - 18 % Cr et 8 % Ni)

GALETS DE MER CONCASSÉS
CALIBRÉS - DÉPOUSSIÉRÉS
SILEX ET QUARTZ - SABLE DU RHIN

S. A. J. BEECKMANS

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

DE PÈRE EN FILS ...

1953

DE PÈRE EN FILS, des milliers de chefs d'entreprise sont enchantés de posséder des classeurs RONEO.

DE PÈRE EN FILS, la maison HERINCX-RONEO assure la mise en ordre des dossiers, organise et installe les bureaux...

UNE SEULE CHOSE A CHANGÉ : c'est la manière de ranger les dossiers dans les classeurs (au choix, ci-dessous).

Profitez donc de la fin d'année pour équiper vos classeurs en RONEO « VISIBLE-80 ».

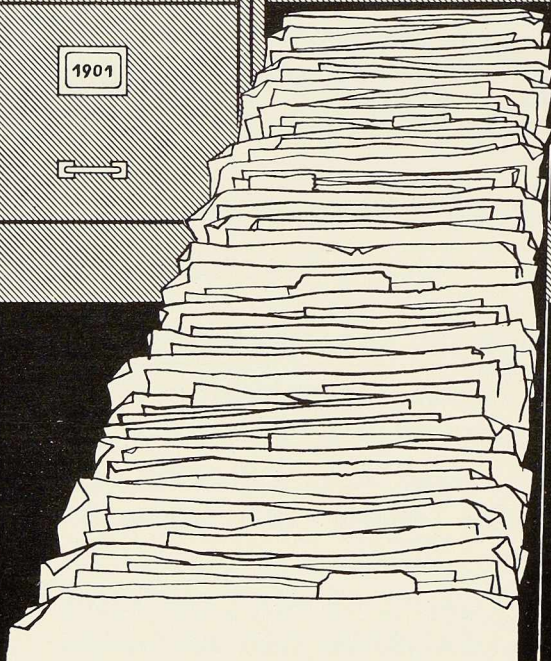
... LES CLASSEURS RESTENT... LE CLASSEMENT SE PERFECTIONNE ...

1899

1900

1901

1956



GENOTY.COM DE BRUXELLES
COLONY
COURTIN
LE SERVICE DES COMMUNES
LE SERVICE DES DOCUMENTS
LE SERVICE DES ARCHIVES
LE SERVICE DES BIBLIOTHÈQUES
LE SERVICE DES PATRIMONIAUX
CONTINENTAL
COSSA
CLAUDE PONS & SILVA
CEBRAE
COUCHE
CARBRUX
CAISSE PATRIMONIALE
C S DIVERS
BUREAU (SERV. INTÉRIEUR)
BUREAU (SERV. COMMUNES)
BUREAU (MATÉRIEL)
BUREAU (COMMUNES)
BOURSE (GEMAGASINS)
BOUQUET
BOELS & BEAULT
BLATTON-AUBERT S.A.
BISQUIT-DUBOUCHE & C ^o
BESSE PÈRE ET FILS
BELGIAN SHELL CY
BERAERT (Trilleries)
BANQUE DE BRUXELLES
BANQUE BELGE D'AUTRIQUE
BALDISE-VIE
BAKEN Frères
BALLY (chaussures)
B DIVERS
ASPHALTCO S.A.
ARCOS
ADMINISTRATION TAXES
ADMINISTRATION MAGASINS
ADMINISTRATION FINANCES
ADMINISTRATION BATIMENTS
ADMINISTRATION ATELIERS
ADJUBEL S.A.
ACRON (Ets)
ACKERMANS V.
ACIDE CARBONIQUE PUR
ACCINAUTO
ACADEMIE ROYALE DES B.A.
ABBASSART M.
ABELOOS
ABEILLE (ASSURANCES)
A 1 DIVERS

1902

R-NE V⁸⁰
1952

HERINCX

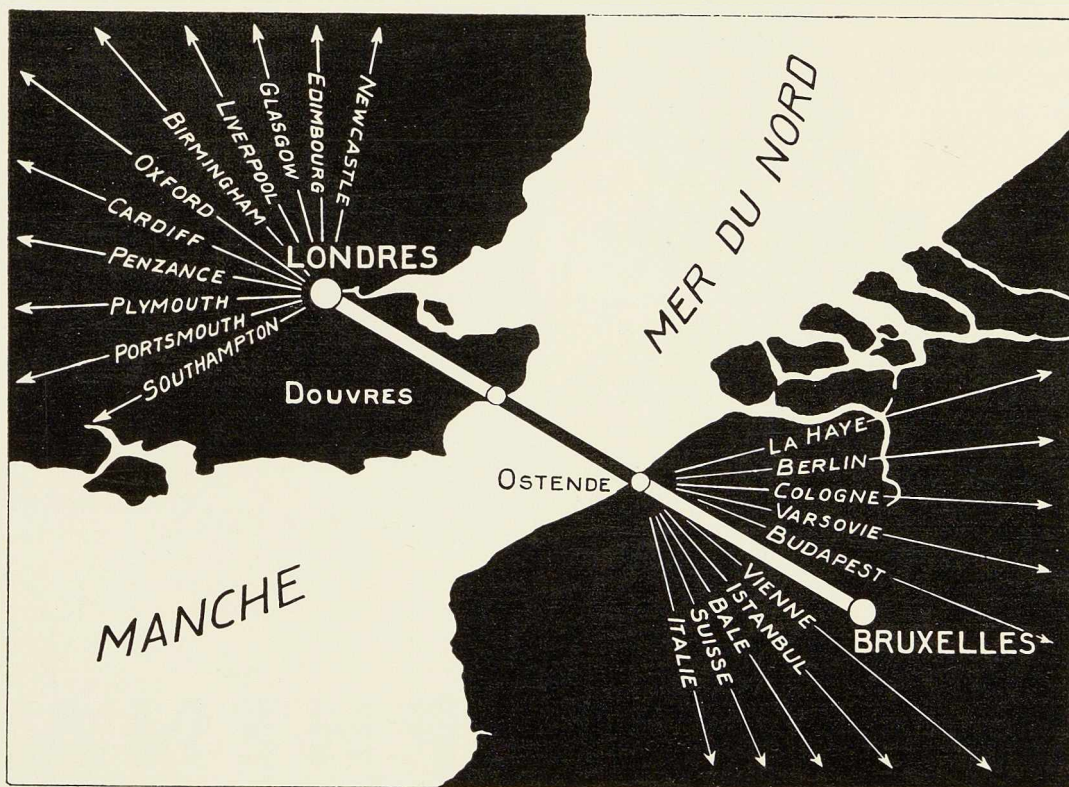
RONEO

S.A.

8-10, rue Montagne aux Herbes Potagères Bruxelles Tél. 17.40.46

OSTENDE-DOUVRES

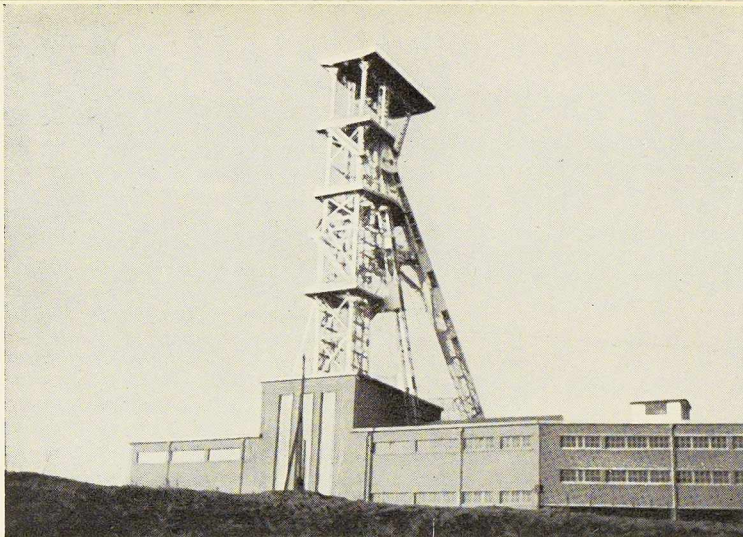
la liaison directe entre
LE CONTINENT ET LA GRANDE-BRETAGNE
pour
VOYAGEURS - AUTOS - MARCHANDISES



Deux services par jour dans chaque sens
Services spéciaux en été

CONFORT - RÉGULARITÉ - DÉTENTE

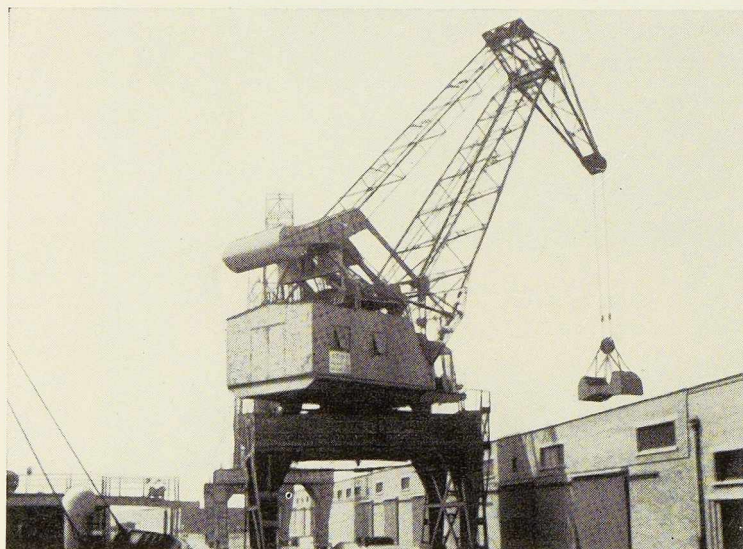
Renseignements : Principales agences de voyage en Europe et Grande-Bretagne;
Principales gares en Belgique et Grande-Bretagne;
Service des Paquebots à OSTENDE-QUAI (Tél. 725.26);
Administration de la Marine, 90, rue de la Loi, BRUXELLES (tél. 12.51.65).



Châssis à molettes de Crachet à Frameries, pour la Société Anonyme John Cockerill.

BESSEMER

RÉPOND A TOUS VOS PROBLÈMES
DE PROTECTION ANTIROUILLE

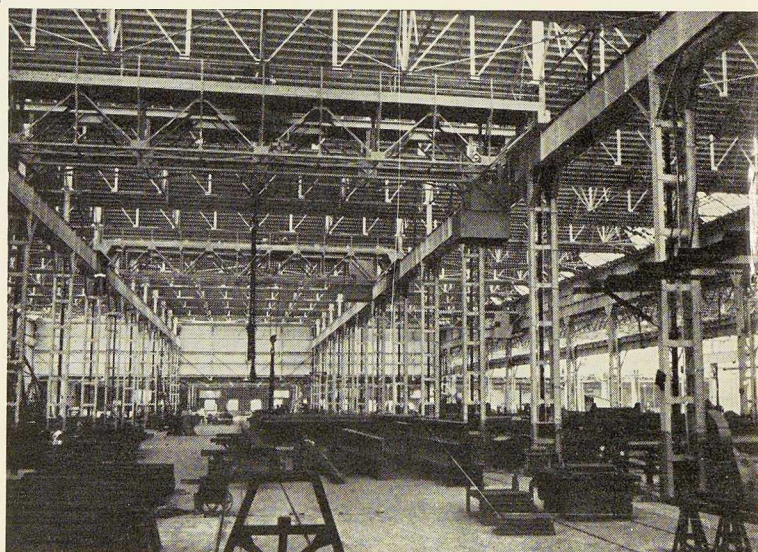


Travail en cours d'exécution au Port de Zeebrugge. Les peintures **Bessemer** sont employées. La finition sera en aluminium.

BESSEMER

50 ans d'expérience

UNE TRADITION : LA QUALITÉ



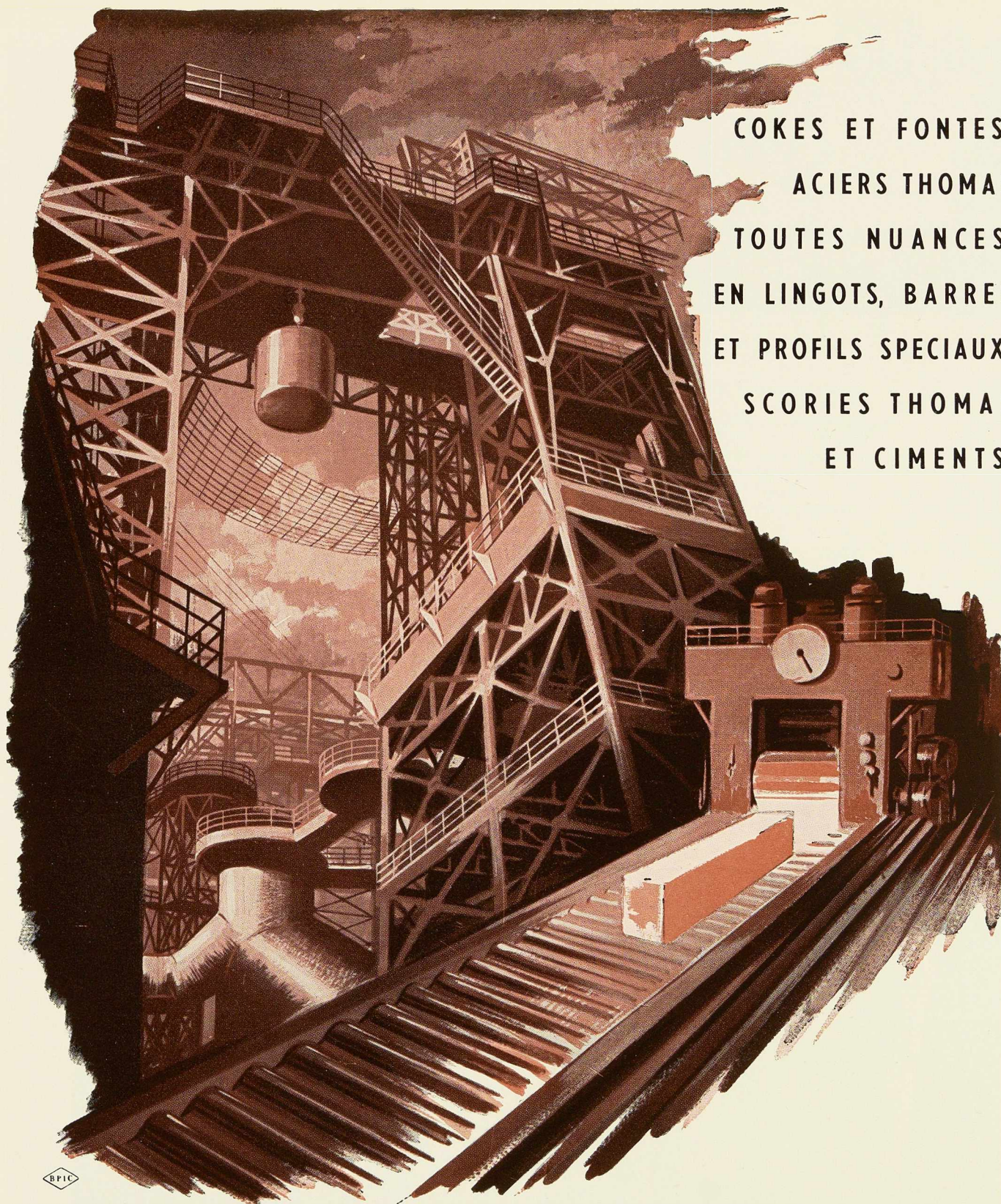
Ateliers métallurgiques de Nivelles, charpentes peintes en **Bessemer**.

PHENALU

PEINTURE BITUMINEUSE POUR ATMOS-
PHÈRES ET UTILISATIONS SPÉCIALES

*Peintures
Vernis
Emaux*

S. A. USINES LAVENNE FRÈRES - DOUR. TEL. 56
LIEGE 63.49.07 BRUXELLES 37.88.51

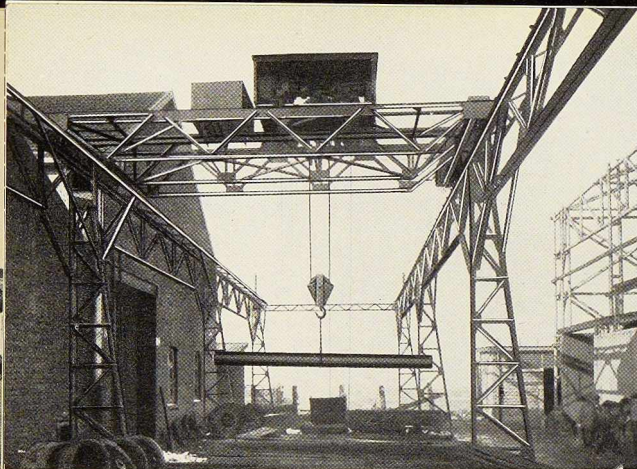


COKES ET FONTES.
ACIERS THOMAS
TOUTES NUANCES,
EN LINGOTS, BARRES
ET PROFILS SPECIAUX.
SCORIES THOMAS
ET CIMENTS.



SOCIETE ANONYME DES HAUTS FOURNEAUX, FORGES & ACIERIES DE
THY-LE-CHATEAU & MARCINELLE

MARCINELLE * TEL.: CHARLEROI 244.90 * TELEGR.: WEZMIDI-CHARLEROI



PONT-ROULANT DE 5 000 KG

Monte-charges industriels pour personnes ou marchandises.
Transporteurs à courroies, à tabliers métalliques, à raclettes.
Transporteurs mobiles dits « Sauterelle ».
Palans électriques monoblocs « JAMF ».
Palans planétaires à main « JAMF ».
Mécanique générale. — Pièces de fonderie.

TOUT PROBLÈME DE LEVAGE ET DE MANUTENTION COMPORTE SA SOLUTION « JAMF ».

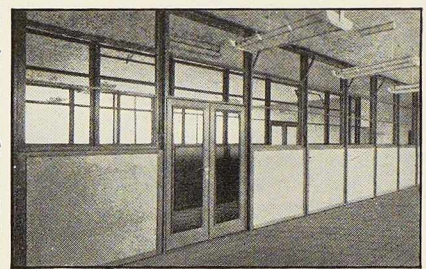
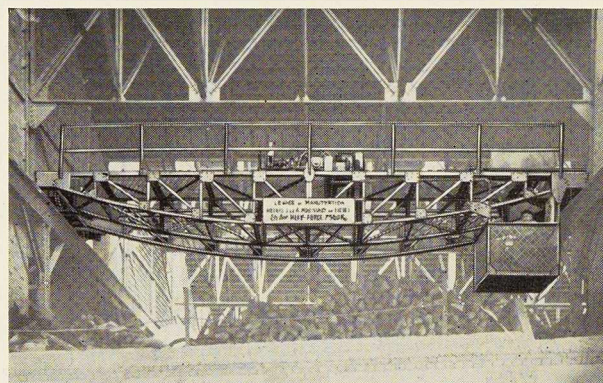
ATELIERS ET FONDERIE

J. & A. MOUSSIAUX & Frères, S. A.

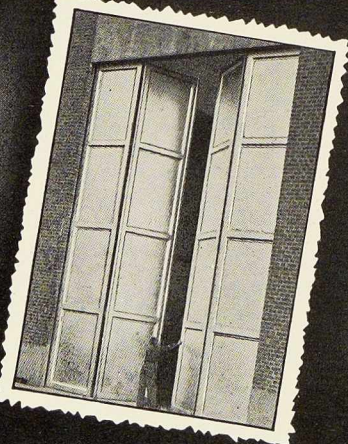
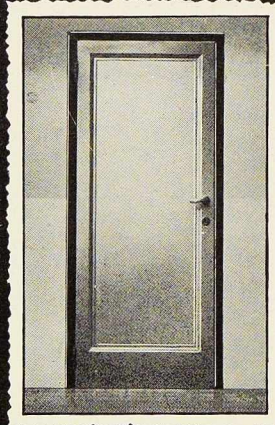
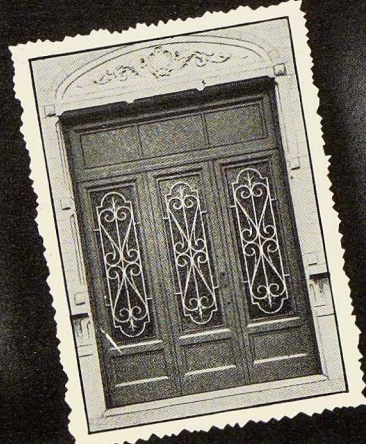
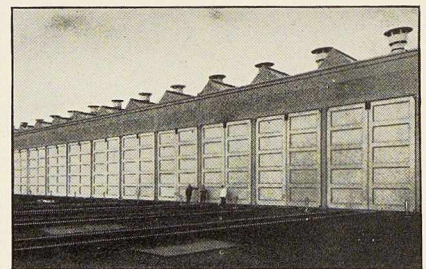
Tél. : 133.21 (2 lignes) HUY (Belgique) rue Mottet, 5

Ponts-roulants électriques ou à main normaux, pour bennes à grappins ou électro-aimants de levage.

PONT-ROULANT DE 7 500 KG



MENUISERIE METALLIQUE
 TRAVAIL MÉCANIQUE
 de la
TOLE et des PROFILÉS



S. A. ATELIERS VANDERPLANCK

R. C. CHARLEROI : 30.864

FAYT - lez - MANAGÉ

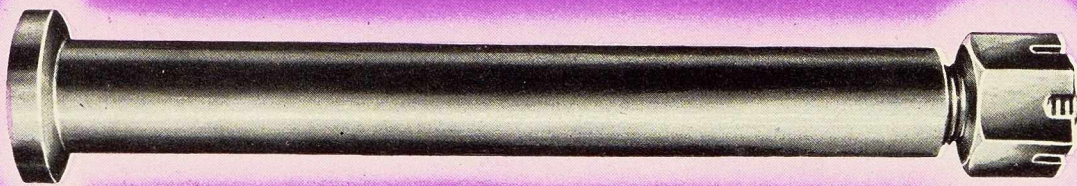
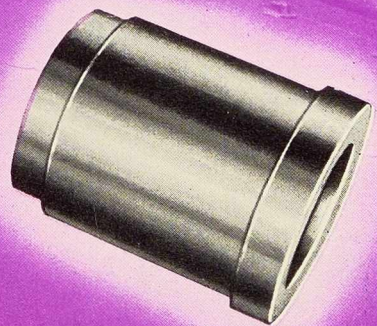
Tél. MANAGÉ : 124 et 129

GILSOCO

SOCIÉTÉ ANONYME, LA LOUVIÈRE

Division : MÉCANIQUE

FABRICATION D'AXES, BOULONS, VIS, BAGUES, ÉCROUS
EN ACIERS SPÉCIAUX TRAITÉS THERMIQUEMENT, FINEMENT
PARACHEVÉS ET RECTIFIÉS



FRED

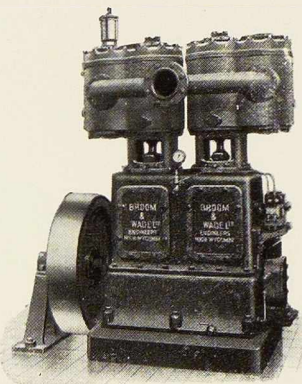
SAGE & C^{ie}

CONSTRUCTEURS-SPÉCIALISTES

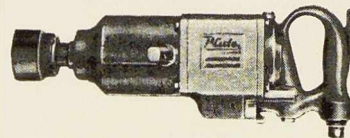
Agencements et Transformations
de magasins.

Travaux d'architecture en bronze,
aluminium, anticorrosif, etc...

9/11, Rue de la SENNE
BRUXELLES
Tél. : 11.44.41 - 12.97.15



Compresseurs d'Air
et outils pneumatiques



EXCLUSIVITÉ

Pleuto

"BROOMWADE"

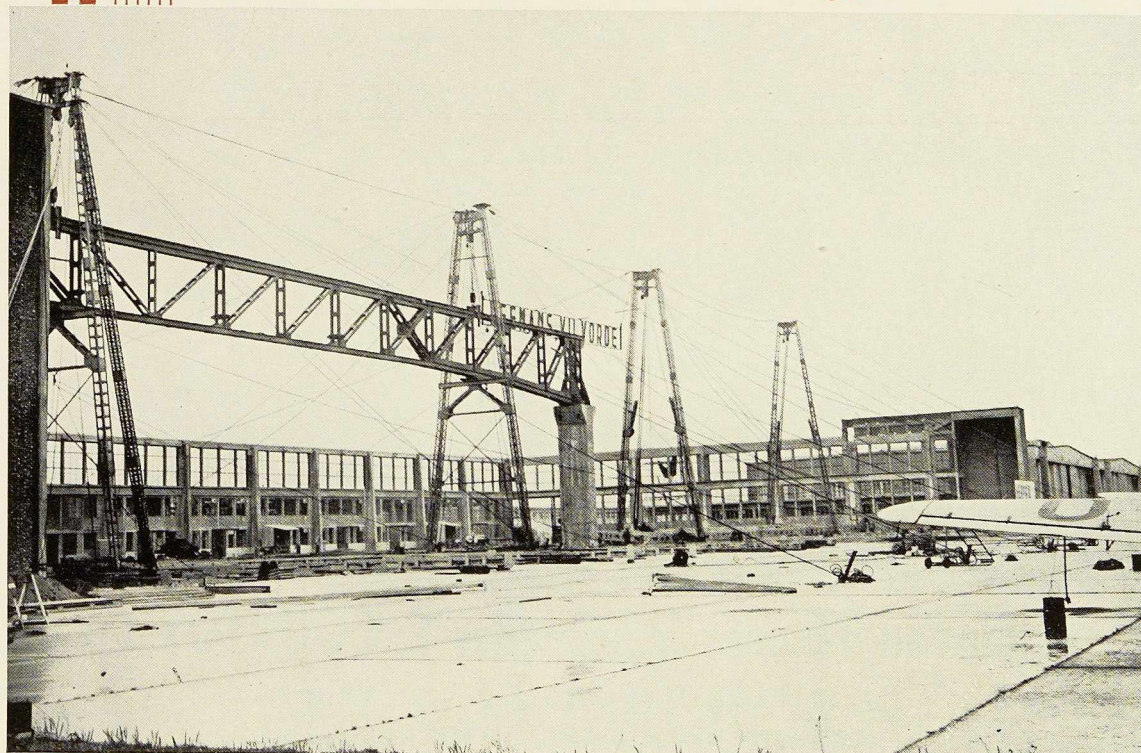
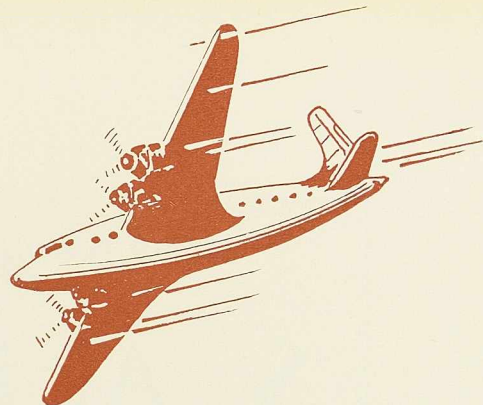
BAEYENS

ETS-EDOUARD BAEYENS SORL. *Banzelles* 5 MINUTES DE LA BOUTE.



RUE DES FABRIQUES, 28-30. Tél. 12.50.10 et 19

CONSULTEZ ÉGALEMENT NOS DÉPARTEMENTS MACHINES-OUTILS ET MACHINES A BOIS



HANGAR POUR
AVIONS LOURDS
MELSBROECK

CONSTRUIT ET MONTÉ PAR LA SOC. AN.

L. LEEMANS & FILS

VILVORDE

TÉL. 51.16.50 - 51.03.25

MATÉRIEL POUR MINES, CARRIÈRES, TOUTES INDUSTRIES MÉTALLURGIQUES
ET AUTRES, PORTS, CHANTIERS NAVALS

S. A. MAISON BEER

FONDÉE EN 1855

JEMEPPE-LEZ-LIÈGE (BELGIQUE)

INSTALLATIONS DE MANUTENTION MÉCANIQUE

Transporteurs bandes métalliques ou caoutchouc, chaînes à godets, convoyeurs, distributeurs, soles doseuses, mises à terril par skips brevetées, par monorail, etc...

APPAREILS DE LEVAGE

Grues, ponts-roulants, portiques, grappins, etc...

PRÉPARATION MÉCANIQUE DES CHARBONS ET MINÉRAIS

Triage, lavage, concassage, broyage, tamisage, etc...

CHEMINS DE FER AÉRIENS

par câbles, monorails, etc...

Le Bureau d'Etudes Industrielles F. COURTOY S. A.

RUE DES COLONIES, 43, BRUXELLES — TÉL. 12.30.85

INGÉNIEUR-CONSEIL INDÉPENDANT

VOUS OFFRE SES SERVICES POUR TOUS

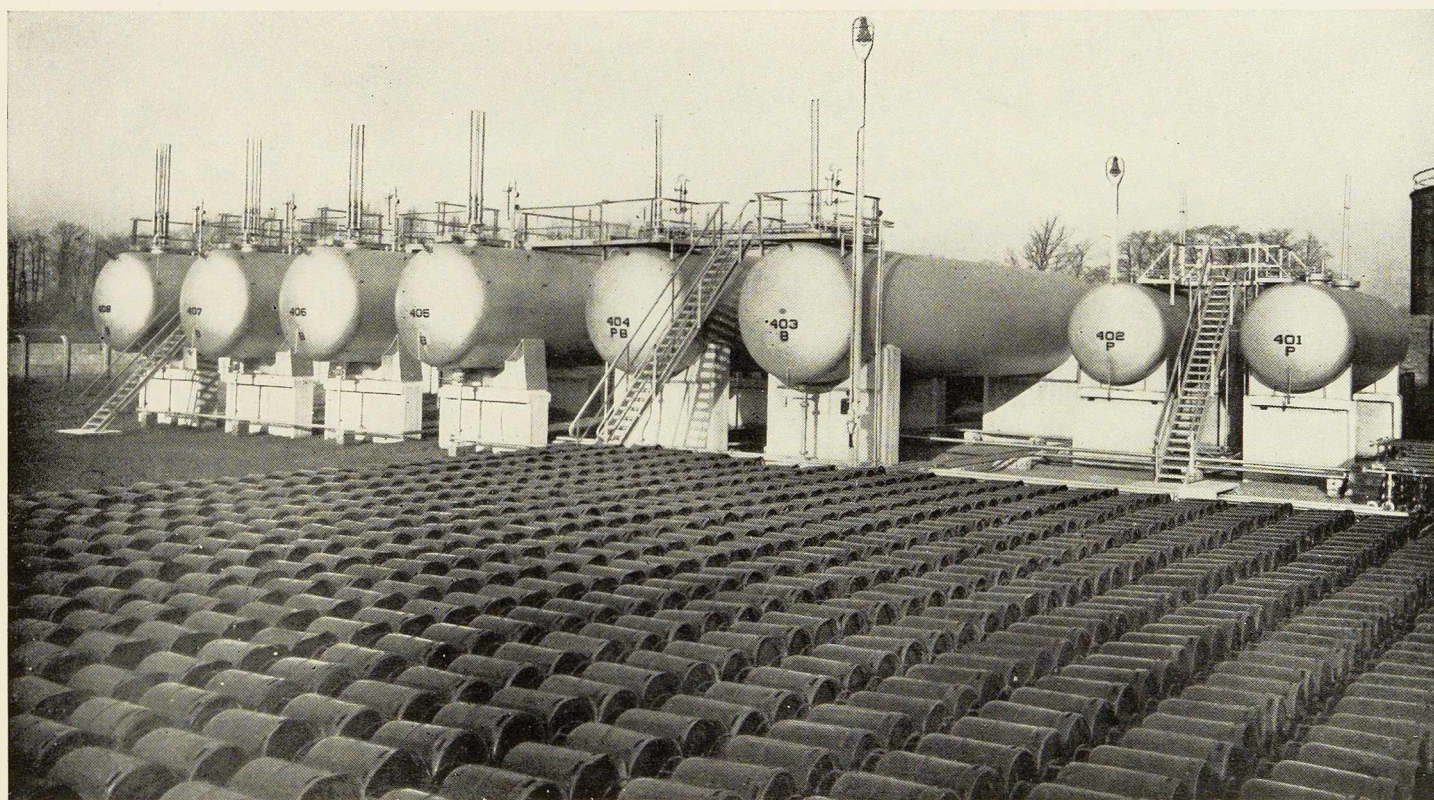
ETUDES ET PROJETS

DANS LES DIVERS DOMAINES
DE LA TECHNIQUE

ÉLECTRICITÉ
MÉCANIQUE
THERMIQUE
GÉNIE CIVIL



ORGANISATION
EXPERTISES
CONTROLES
RÉCEPTIONS



Ci-dessus : Réservoirs de stockage à propane et butane construits à nos ateliers. (Capacité : 110 m³).

RÉSERVOIRS

ATELIERS

CHAUDRONNERIE

G. & A. LEFEVRE FRÈRES S. A.

111, RUE PAUL PASTUR, RANSART-LÈZ-CHARLEROI (BELGIQUE) - TÉL. : CHARLEROI 35.06.42 - 35.26.35



Propagande à l'exportation

L'OSSATURE MÉTALLIQUE publiera en 1953 plusieurs numéros hors série, en langues étrangères, distribués dans les pays d'exportation :

En janvier : un numéro anglais

En mars : un numéro néerlandais

En mai : un numéro espagnol

En juin : un numéro néerlandais

En septembre : un numéro anglais

En novembre : un numéro néerlandais

PROFITEZ DE NOTRE LARGE DIFFUSION POUR VOTRE PUBLICITÉ !

Vous irez bientôt aux Sports d'Hiver!

SABENA

N'OUBLIEZ PAS QUE PAR
VOUS POUVEZ ATTEINDRE
EN DEUX OU TROIS HEURES DE VOL SEULEMENT

A l'aérodrome de GENÈVE

*un service régulier de cars privés assure la
liaison avec les principales stations de la
HAUTE SAVOIE*

LA SUISSE
LA HAUTE SAVOIE
LE TYROL
LA BAVIÈRE
LES DOLOMITES
OU LES ALPES MARITIMES

VOTRE AGENCE DE VOYAGES VOUS LE CONFIRMERA

INDEX DES ANNONCEURS

Administration de la Marine	43	Gilson	21
L'Air Liquide	1	Herincx-Roneo	42
Arcos, « La Soudure Electrique Auto- gène »	14	S. A. Ateliers de Construction de Jambes- Namur	12
Ateliers Métallurgiques de Nivelles	36	S. A. Lavenne Frères	44
Baume et Marpent	7	S. A. L. Leemans & Fils	49
Baeyens	48	Lefèvre	51
J. Beeckmans S. A.	41	Laminoirs de Longtain	20
Beer	50	Loza	30
B. E. I.	50	Manutention Automatique	22
Belradio	40	Moussiaux	46
Usines Gustave Boël	18	Nobels-Peelman, S. A.	couv. II
Ateliers de Bouchout et Thirion Réunis	27	Ougrée-Marihaye	37
La Brugeoise et Nicaise & Delcuve couv.	III	L'Oxydrique Internationale	16
P. & M. Cassart	2	Philips, S. A.	26
C. B. L. I. A.	51	Sabena	52
Cockerill	38	Sage	48
Columeta	24-25	Sambre-Escout, S. A.	32
Davum	10	Siderur	4
Demagnet	39	Soudométal	13
Alexandre Devis & C ^o	28-29	S. A. Hauts Fourneaux, Forges et Acié- ries de Thy-le-Château et Marcinelle	45
De Vleeschouwer	35	Usines à Tubes de la Meuse	31
Société Métallurgique d'Enghien Saint- Eloi	IV	Ucométal	8-9
E. S. A. B.	33	U. T. I. L.	15
Espérance-Longdoz	17	Ateliers Vanderplanck	46
Foire de Liège	40	J. Verdoyen & P. Moenaert	19
Fours Lecocq	34	Wanson	23
Gilsoco	47	Anciens Ets Paul Würth	11



**LA BRUGEOISE
ET NICAISE &
DELCUVE**

SOCIÉTÉ ANONYME

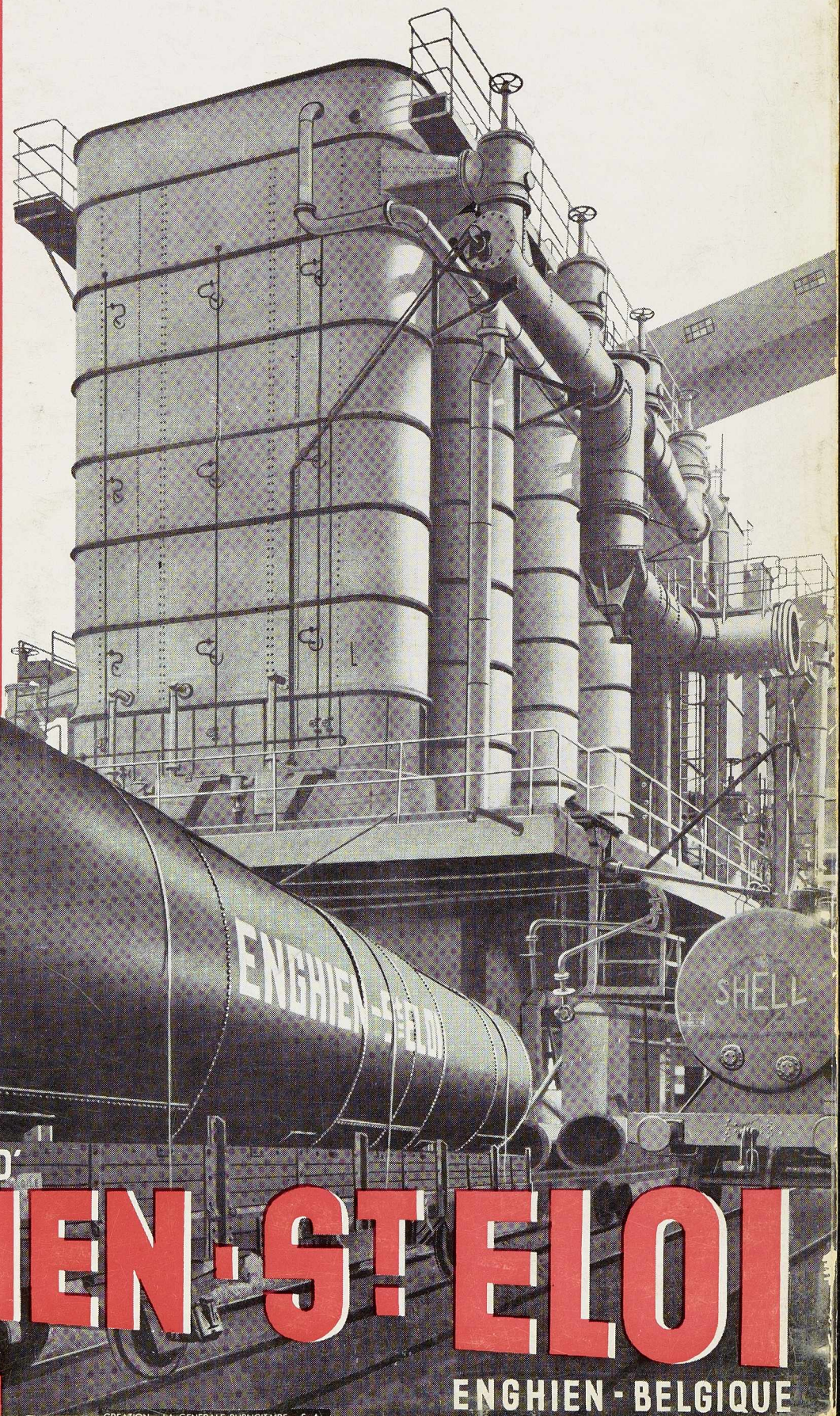
**PONTS - CHARPENTES
CHAUDRONNERIE
MATÉRIEL ROULANT**

USINES A SAINT-MICHEL-LEZ-BRUGES
TEL. BRUGES : 312.01 - 312.02 - 312.03 - 312.13
TELEGR. : BRUGEOISE - BRUGES



CHAUDRONNERIE

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



SOCIÉTÉ MÉTALLURGIQUE D'

ENGHIEN-SINTELOI

ENGHIEN - BELGIQUE

