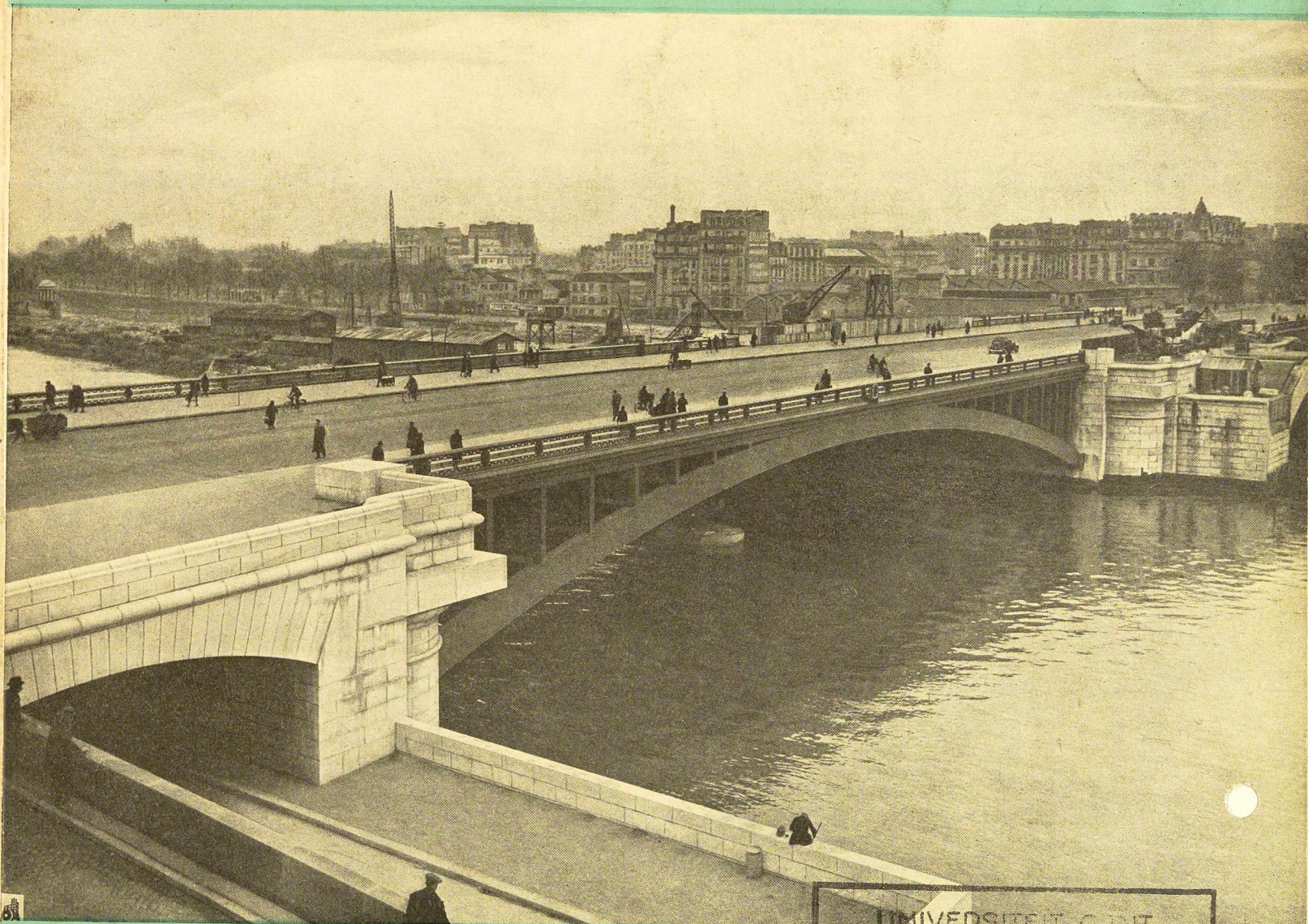


L'OSSATURE METALLIQUE



UNIVERSITEIT GENT
AFDEELING voor BOUWKUNST
22 PIERMANSSTRAAT GENT

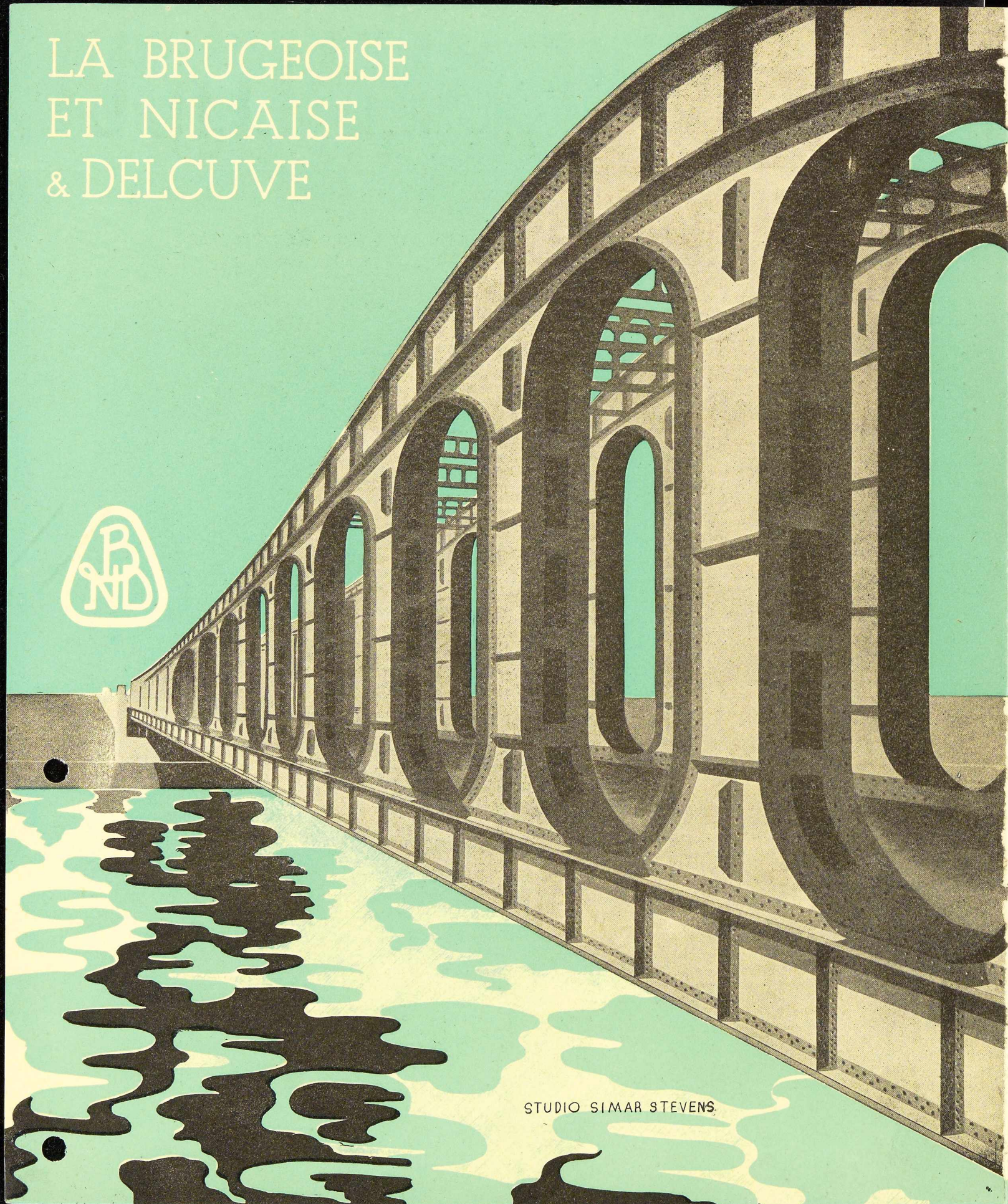
REVUE MENSUELLE DES
APPLICATIONS DE L'ACIER

DIXIÈME ANNÉE
7-8
JUILLET-AOÛT 1945

ÉDITÉE PAR LE CENTRE
BELGO-LUXEMBOURGEOIS
D'INFORMATION DE L'ACIER

Handwritten mark

LA BRUGEOISE
ET NICAISE
& DELCUVE



STUDIO SIMAR STEVENS

L'OSSATURE MÉTALLIQUE

REVUE MENSUELLE DES APPLICATIONS DE L'ACIER

éditée par

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

38, boul. Bischoffsheim, Bruxelles - Téléph. : 17.16.63 (2 lignes)
Chèques post. : 340.17 - Adr. télégr. : « Ossature-Bruxelles »

10^e ANNÉE

N^{os} 7-8

JUILLET-AOUT

1945

S O M M A I R E

Le nouveau pont de Neuilly, près de Paris	121
L'acier au service des armées	132
Le pipe-line « Pluto »	133
Construction de ponts-rails militaires	138
La soudure oxy-acétylénique des canalisations d'acier dans le bâtiment, par G. Ancion	141
Résultats des études effectuées dans le domaine de la protection de l'acier contre la corrosion, par M. Van Rysselberge	147
Les Ateliers d'apprentissage de l'Ecole des Arts et Métiers de Berne	156
CHRONIQUE : Le marché de l'acier pendant les mois de juin et juillet 1945. - Au Ministère des Travaux Publics. - Reconstitu- tion du parc de matériel de la S. N. C. F. - Activité du Chantier Naval Cockerill, de Hoboken. - Une exposition de maisons pré- fabriquées, à Bruxelles	158
BIBLIOTHÈQUE	160

COUVERTURE : La photographie de la couverture représente
une vue d'ensemble du Pont de Neuilly.

ABONNEMENTS 1945 (6 numéros bimestriels) :

Belgique, Grand-Duché de Luxembourg, Congo belge : 80 francs belges.

France et ses Colonies : 120 francs français, payables au dépositaire général
pour la France : Librairie des Sciences GIRARDOT & Cie, 27, quai des
Grands-Augustins, Paris 6^e (Compte chèques postaux : Paris n^o 1760.73).

Autres pays : 26 belgas.

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

PRIX DU NUMÉRO :

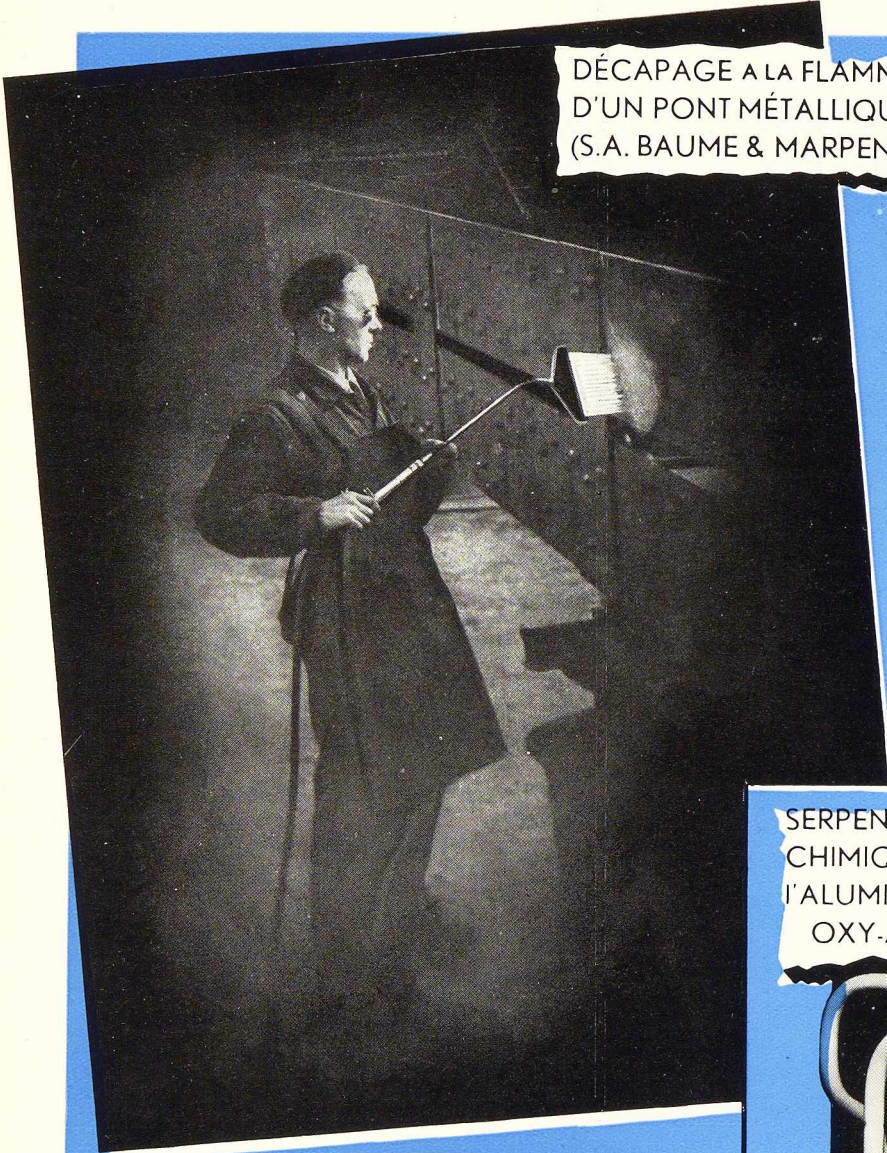
Belgique, Grand-Duché de Luxembourg, Congo belge : francs belges 17,50,

France : francs français 25,- ; **autres pays** : belgas 6,-.

DROIT DE REPRODUCTION :

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

DÉCAPAGE A LA FLAMME
D'UN PONT MÉTALLIQUE
(S.A. BAUME & MARPENT)



INSTALLATIONS

pour le

DECAPAGE

A LA FLAMME OXY-ACETYLENIQUE

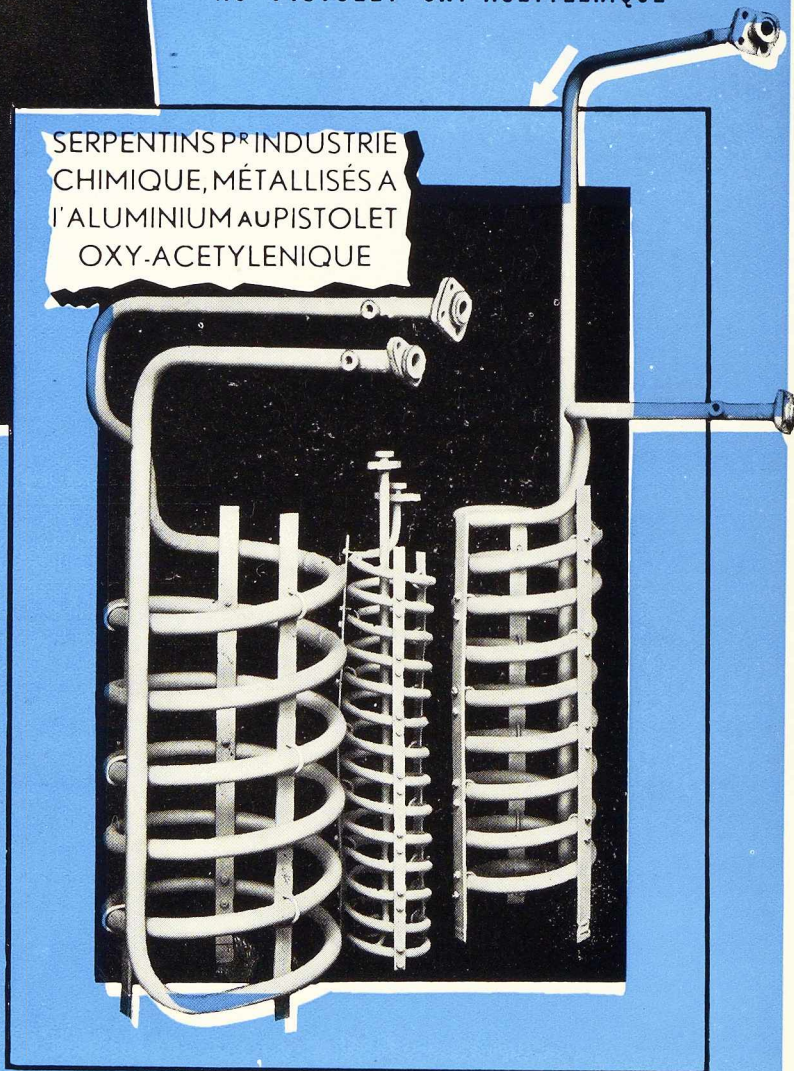


et pour la

METALLISATION

AU PISTOLET OXY-ACETYLENIQUE

SERPENTINS P^r INDUSTRIE
CHIMIQUE, MÉTALLISÉS A
L'ALUMINIUM AU PISTOLET
OXY-ACETYLENIQUE



**L'OXHYDRIQUE
INTERNATIONALE**

SOCIÉTÉ ANONYME

31, RUE P. VAN HUMBEEK, BRUXELLES

STUDIO SIMAR-STEVENS

CENTRE BELGO-LUXEMBOURGEOIS D'INFORMATION DE L'ACIER

ASSOCIATION SANS BUT LUCRATIF

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

CONSEIL D'ADMINISTRATION

Président :

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

Vice-Président :

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

Administrateur-Conseil :

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

Membres :

M. Oscar BIHET, Administrateur-Directeur Général des Usines à Tubes de la Meuse, S. A.,
M. Fernand COURTOY, Président et Administrateur délégué du Bureau d'Etudes Industrielles F. COURTOY, S. A.,
M. Arthur DECOUX, Directeur Général de la S. A. des Laminiers, Hauts Fourneaux, Forges, Fonderies et Usines de La Providence, Vice-Président du Groupement des Hauts Fourneaux et Aciéries Belges,

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

LISTE DES MEMBRES

ACIÉRIES BELGES

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

ACIÉRIES LUXEMBOURGEOISES

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

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

TRANSFORMATEURS

Laminiers d'Anvers, S. A., 38, rue Métropole, Schooten.
Forges et Laminiers de Baume, S. A., à Haine-Saint-Pierre.
Tôleries Delloye-Matthieu, S. A., à Marchin (Huy).
Usines Gilson, S. A., à La Croÿère, Bois-d'Haine.
Laminiers 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.
Laminiers de l'Ourthe, S. A., Sauheid-lez-Chênée.
Phénix Works, S. A., 1, rue Paul Borguet, Flémalle-Haute.
Laminiers et Boulonneries du Ruau, S. A., à Monceau-sur-Sambre.
Travail Mécanique de la Tôle, S. A., 100, avenue des Anciens Etangs, à Forest-Bruxelles.
Usines à Tubes de la Meuse, S. A., à Flémalle-Haute.

ATELIERS DE CONSTRUCTION

- Etablissements André & Yernaux, S. A., 51, rue Paul Pastur, Courcelles.
- Société Anglo-Franco-Belge des Ateliers de La Croÿère, Seneffe et Godarville, S. A., à La Croÿère.
- Awans-François, S. A., à Awans-Bierset.
- Mécanique et Chaudronnerie de Bouffloulx, Bouffloulx-lez-Châtelaineau.
- Ateliers de Construction de la Basse-Sambre, S. A., à Moustier-sur-Sambre.
- Baume et Marpent, S. A., à Haine-Saint-Pierre.
- Ateliers de Bouchout et Thirion Réunis, S. A., 249-253, chaussée de Vleurgat, Bruxelles.
- Ateliers de Construction Alphonse Bouillon, 58, rue de Birmingham, Molenbeek-Saint-Jean.
- Société Anonyme Anciennes Usines Canon-Légrand, 17, rue Terre du Prince, Jemappes-lez-Mons.
- Ateliers de Construction Paul Bracke, s. p. r. l. 30-40, rue de l'Abondance, Bruxelles.
- Usines de Braine-le-Comte, S. A., à Braine-le-Comte.
- La Brugeoise et Nicaise & Delcuve, S. A., à Saint-Michel-lez-Bruges.
- Chaubobel, S. A., à Huyssinghen.
- John Cockerill, S. A., à Seraing-sur-Meuse.
- La Construction Soudée, Anciens Etablissements André Beckers, S. A., chaussée de Buda, Haren.
- « Cribla », S. A., Construction de Criblages et Lavoirs à charbon, 31, rue du Lombard, Bruxelles.
- Compagnie Centrale de Construction, S. A., à Haine-Saint-Pierre.
- Les Ateliers De Meestere Frères, Heule-lez-Courtrai.
- Ateliers Detombay, S. A., à Marcinelle.
- Ateliers de la Dyle, S. A., à Louvain.
- Société Métallurgique d'Enghien-Saint-Elloi, S. A., à Enghien.
- Ateliers de Construction et Chaudronnerie de l'Est, S. A., Marchienne-au-Pont.
- Société Anonyme des Ateliers de Construction Flamencourt & C^{ie}, 112-114, rue des Anciens Etangs, Forest-Bruxelles.
- Ateliers Georges Heine, S. A., chaussée des Forges, Huy.
- Ateliers de Construction Heuze, Malevez & Simon Réunis, S. A., 59, rue des Gloires Nationales, Auvelais.
- Ateliers de Construction de Jambes-Namur, S. A., à Jambes-Namur.
- Constructions Métalliques de Jemeppe-sur-Meuse, S. A., Anc. Ateliers Georges Dubois, à Jemeppe-sur-Meuse.
- L'Industrielle Boraine, S. A., Quiévrain.
- Ateliers Emile Kas, avenue de Mai, 264-266, Woluwe-Saint-Lambert.
- Société Anonyme des Ateliers de La Louvière-Bouvy, La Louvière.
- Ateliers de Construction de Malines (Acomal), S. A., 29, Canal d'Hanswyck, Malines.
- Les Ateliers Métallurgiques, S. A., à Nivelles.
- Anciens Etablissements Métallurgiques Nobels-Pelman, S. A., à Saint-Nicolas (Waes).
- Ateliers Métallurgiques et Chantiers Navals, S. A., 192, chaussée de Louvain, Vilvorde.
- Ateliers de Construction de Mortsel et Etablissements Geerts et Van Aalst réunis, S. A., à Mortsel-lez-Anvers.
- Ougrée-Marihaye, S. A., à Ougrée.
- Ateliers Sainte-Barbe, S. A., Eysden-Sainte-Barbe.
- Constructions Métalliques Hub. Simon, 148, rue de Plainevaux, Seraing-sur-Meuse.
- Chaudronneries A.-F. Smulders, S. A., à Grâce-Berleur-lez-Liège.
- Ateliers Arthur Sougniez Fils, 42, rue des Forgerons, Marcinelle.
- Etablissements D. Steyart-Heene, à Eecloo.
- Ateliers du Thiriau, S. A., La Croÿère.
- Ateliers de Construction Mécanique de Tirlemont, S. A., à Tirlemont.
- Compagnie Belge des Freins Westinghouse, S. A., 106, rue des Anciens Etangs, Forest-Bruxelles.
- Société Anonyme de Construction et des Ateliers de Willebroeck, à Willebroeck.
- Société Anonyme des Anciens Etablissements Paul Würth, à Luxembourg.
- Chaudronneries et Ateliers de Construction Lucien Xhignesse & Fils, S. A., rue d'Italie, Ans-Liège.

CHÂSSIS MÉTALLIQUES

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

MEUBLES MÉTALLIQUES

- Maison Desoer, S. A., (meubles métalliques ACIOR), 17-21, rue Ste-Veronique, Liège; 10, rue des Boiteux, Bruxelles.

SOUDURE AUTOGÈNE

Matériel, électrodes, exécution

- L'Electrode S. C., 21, rue de la Meuse, Jemeppe-sur-Meuse.
- Electromécanique, S. A., 19-21, rue Lambert Crickx, Bruxelles.
- ESAB, S. A., 118, rue Stephenson, Bruxelles.
- Framps, S. A., 37-39, rue d'Andérlecht, Bruxelles.
- L'Air Liquide, S. A., 31, quai Orban, Liège.
- La Soudure Electrique Autogene « Arcos », S. A., 58-62, rue des Deux Gares, Bruxelles.
- L'Oxydrique Internationale, S. A., 31, rue Pierre van Humbeek, Bruxelles.
- Soudométal, S. A., 83, chaussée de Ruysbroeck, Forest-Bruxelles.

COMPTOIRS DE VENTE

DE PRODUITS MÉTALLURGIQUES

- Columeta (Comptoir Métallurgique Luxembourgeois), S. A., Luxembourg.
- Cosibel (Comptoir de Vente de la Sidérurgie Belge), S. C., 9, rue de la Chancellerie, Bruxelles.
- Davum, S. A. Belge, 4, quai Van Meteren, Anvers.
- Gilsoco, S. A., La Louvière.
- Société Commerciale d'Ougrée, S. A., Ougrée.
- Ucométal (Union Commerciale Belge de Métallurgie), 24, rue Royale, Bruxelles.

MARCHANDS DE FER ET DE POUTRELLES

Individuellement :

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

BUREAUX D'ÉTUDES ET INGÉNIEURS-CONSEILS

- Bureau d'Études Industrielles Fernand Courtoy, S. A., 43, rue des Colonies, Bruxelles.
- Bureau d'Études René Nicolai, 12, quai Paul van Hoegaerden, Liège; 6, place Stéphanie, Bruxelles.
- MM. C. et P. Molitor, Construction métallique et soudure électrique, 5, boulevard Emile Bockstael, Bruxelles.
- M. G. Moressée, ingénieur-conseil (A.I.Lg.), Le Petit Beaumont, Ham, Esneux.
- M. J. F. Van der Haeghen, ingénieur-conseil (U.I.Lv.), 104, boulevard Saint-Michel, Bruxelles.
- MM. J. Verdeyen et P. Moenaert, ingénieurs-conseils (A.I.Br.), 5, rue Jean Chapelié, Bruxelles.

PROTECTION CONTRE LA CORROSION

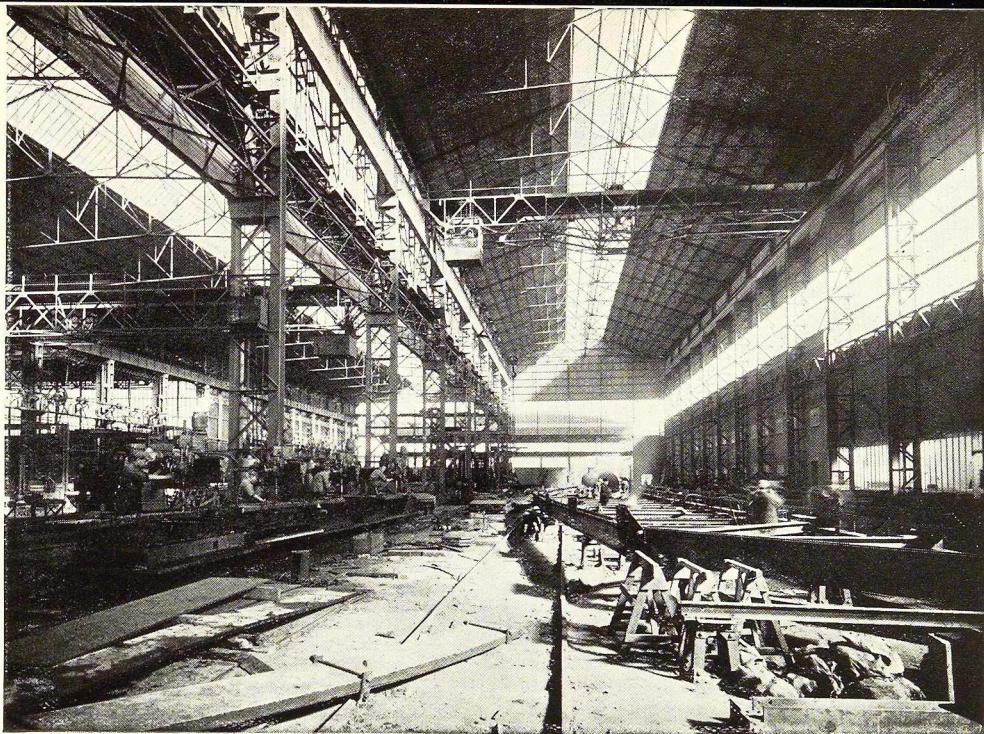
- Acéméta, S. A., 64, avenue Rittweger, Haren-Bruxelles.

MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

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

MEMBRES INDIVIDUELS

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



CHARPENTE D'UN
ATELIER DE CONSTRUCTION

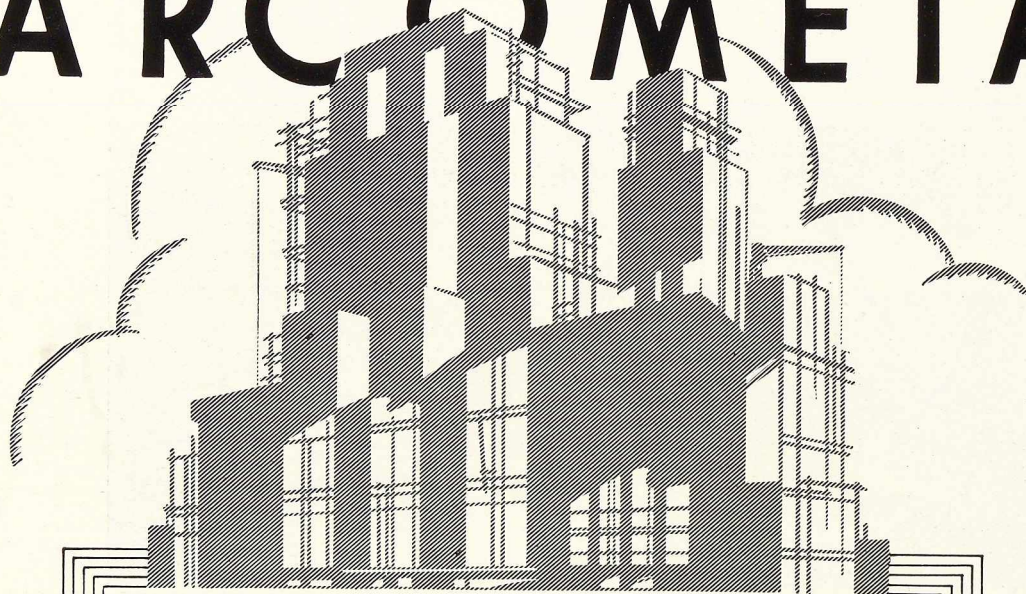
USINES DE BRAINE-LE-COMTE

SOCIÉTÉ ANONYME
TÉL. BRAINE-LE-COMTE N° 7

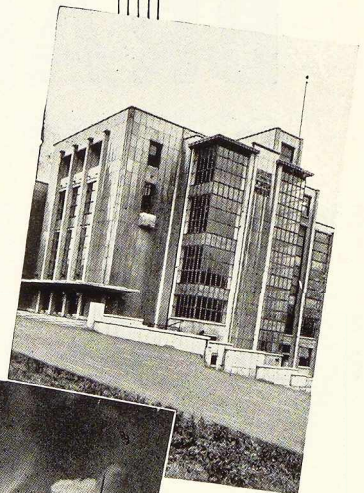
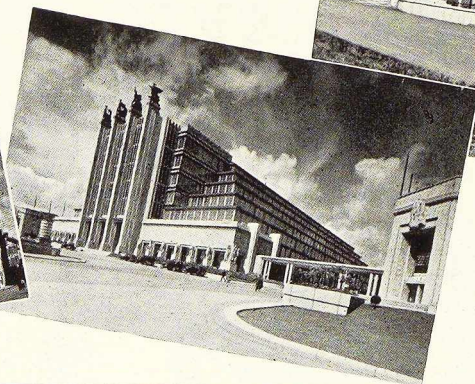
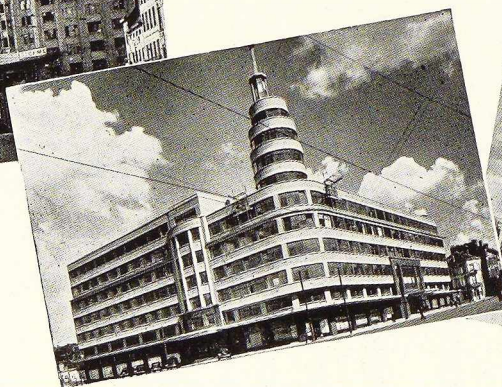
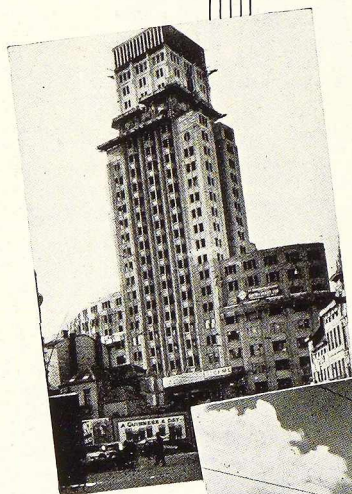
Pont de Wandre : travée sur le Canal Albert
Portée 59 m 400. Poids 618 t



FARCOMETAL



Armature - coffrage métallique pour béton armé et lattis métallique léger pour cloisons et plafonds. • Supprime le bois de coffrage et tous ses inconvénients. " Accroche " le béton et les enduits de façon parfaite. Demandez-nous, sans engagement, notre notice détaillée.



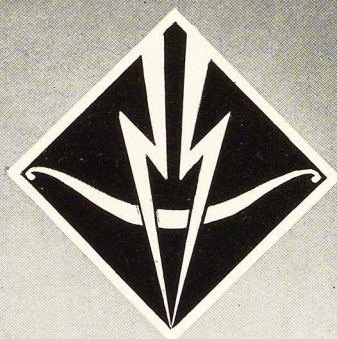
ATELIERS DE BOUCHOUT & THIRION RÉUNIS

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

USINES A BOUCHOUT ET VILVORDE

LES ÉLECTRODES

ARCOS



VOUS ASSURENT

DES TRAVAUX DE
QUALITÉ CONSTAN-
TE AUX CARACTÉRIS-
TIQUES MÉCANI-
QUES RÉPONDANT
AUX PLUS HAUTES
EXIGENCES

LA SOUDURE ÉLECTRIQUE AUTOGÈNE, S. A.
58-62, RUE DES DEUX GARES - TÉL. 21.01.55 BRUXELLES



MEHLEN

PALPLANCHES BELVAL

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

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

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

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

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

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

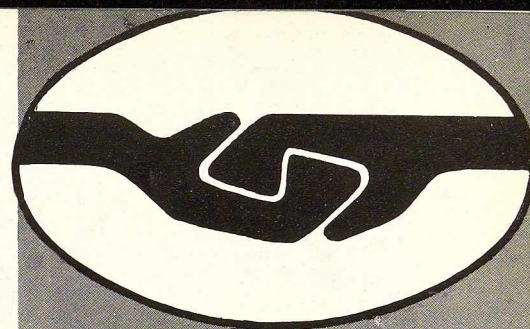
Belval-Z, Terres Rouges et Belval-O est envoyée sur demande.

Pour la Belgique, s'adresser à

LA BELGO-LUXEMBOURGEOISE S.A.

11, QUAI DU COMMERCE, BRUXELLES

Tél. 17.22.46 - Adr. Tél. BELGOLUX BRUXELLES



OLUUMETA

COMPTOIR MÉTALLURGIQUE LUXEMBOURGEOIS S.A. LUXEMBOURG

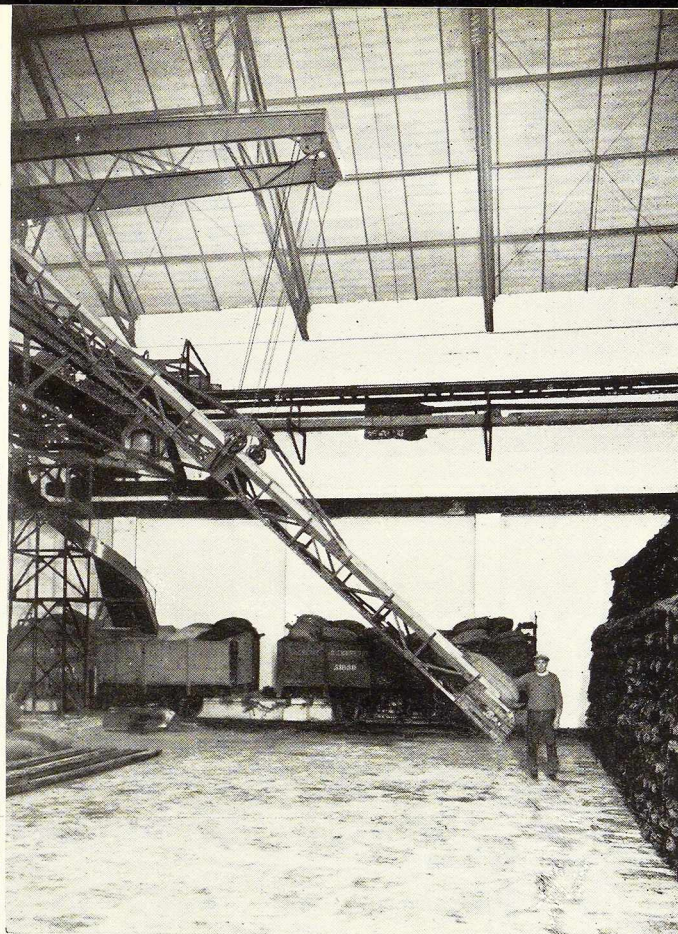
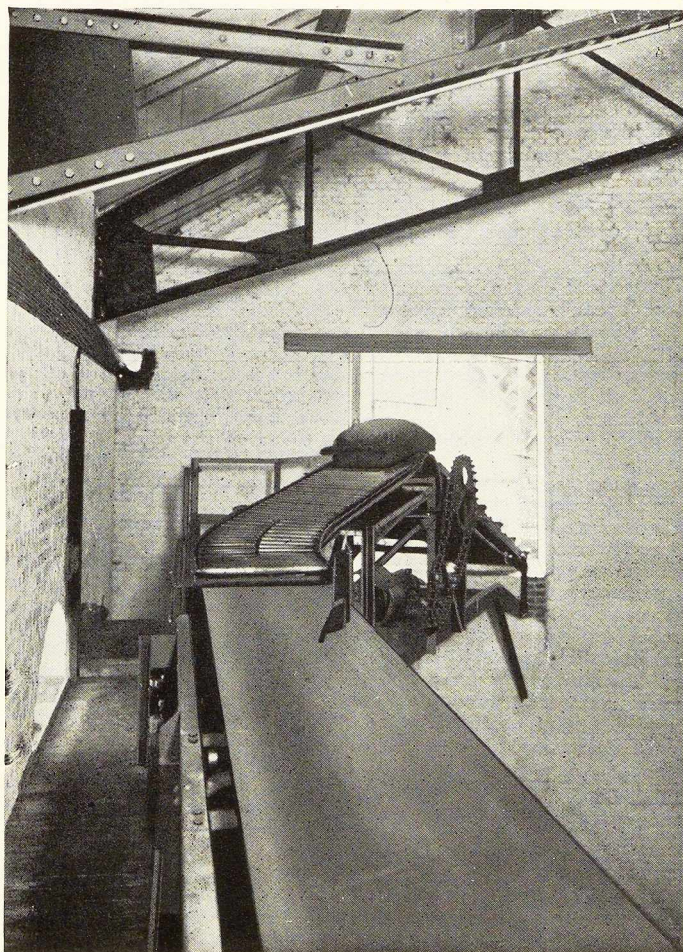


**LE TRAFIC MODERNE
EXIGE LA VOIE MODERNE**

SECURITE PARFAITE

**MONOPOLE DE VENTE / SOCIETE COMMERCIALE D'OUGREE OUGREE
LEZ LIEGE**

ÉLÉVATEURS
TRANSPORTEURS
GERBEURS
TOBOGGANS
A SACS



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

comprenant :

Transporteur à courroie caoutchouc

Table à rouleaux

Transporteur à bande Sandvick le long du bâtiment

Transporteur à bande Sandvick sur pont roulant

Gerbeur de stockage et de reprise

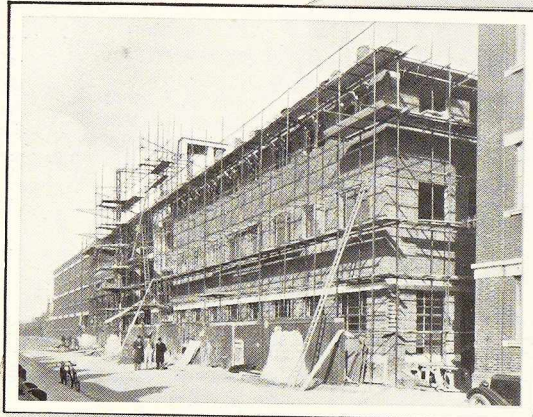
Toboggan de chargement de wagons et camions

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

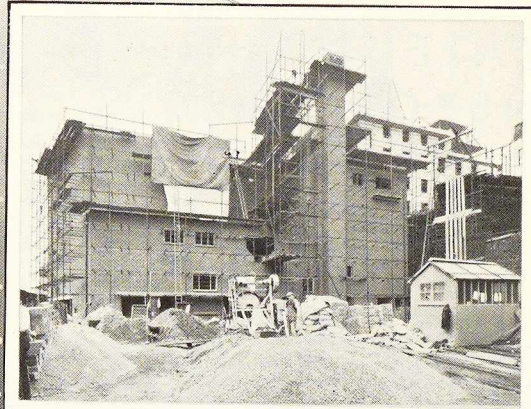
ANCIENNEMENT ATELIERS J.-J. GILAIN. TÉLÉPHONE 12



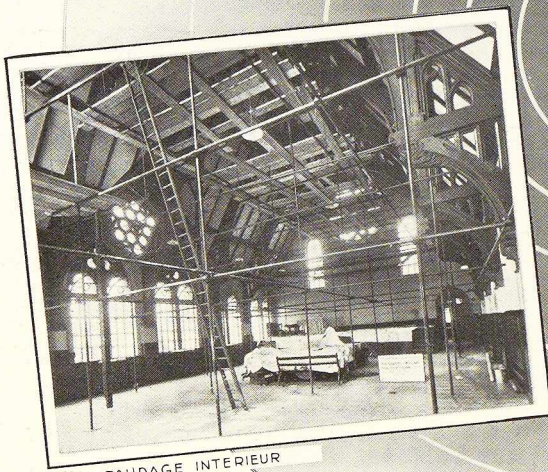
ECHAFAUDAGES TUBULAIRES "BURTON"



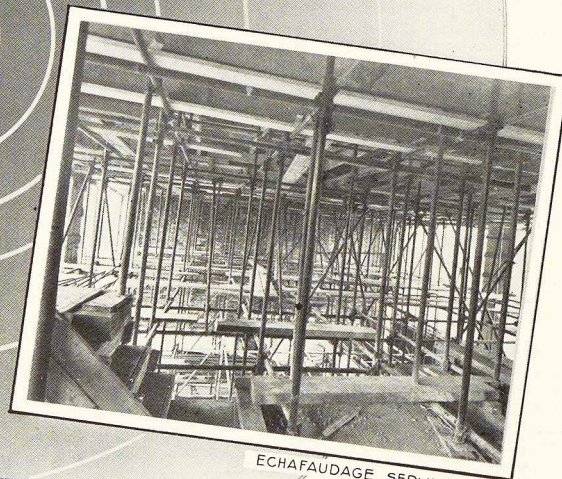
ECHAFAUDAGE INDEPENDANT



ECHAFAUDAGE SIMPLE



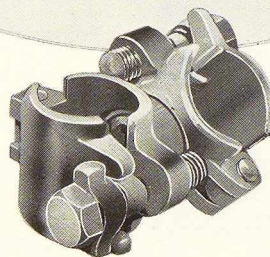
ECHAFAUDAGE INTERIEUR



ECHAFAUDAGE SERVANT D'ÉTANÇON

Systeme "DOUBLE-GRIP" en acier forgé-estampé

RAPIDITÉ



SÛRETÉ

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

ALEXANDRE DEVIS & C^{IE}

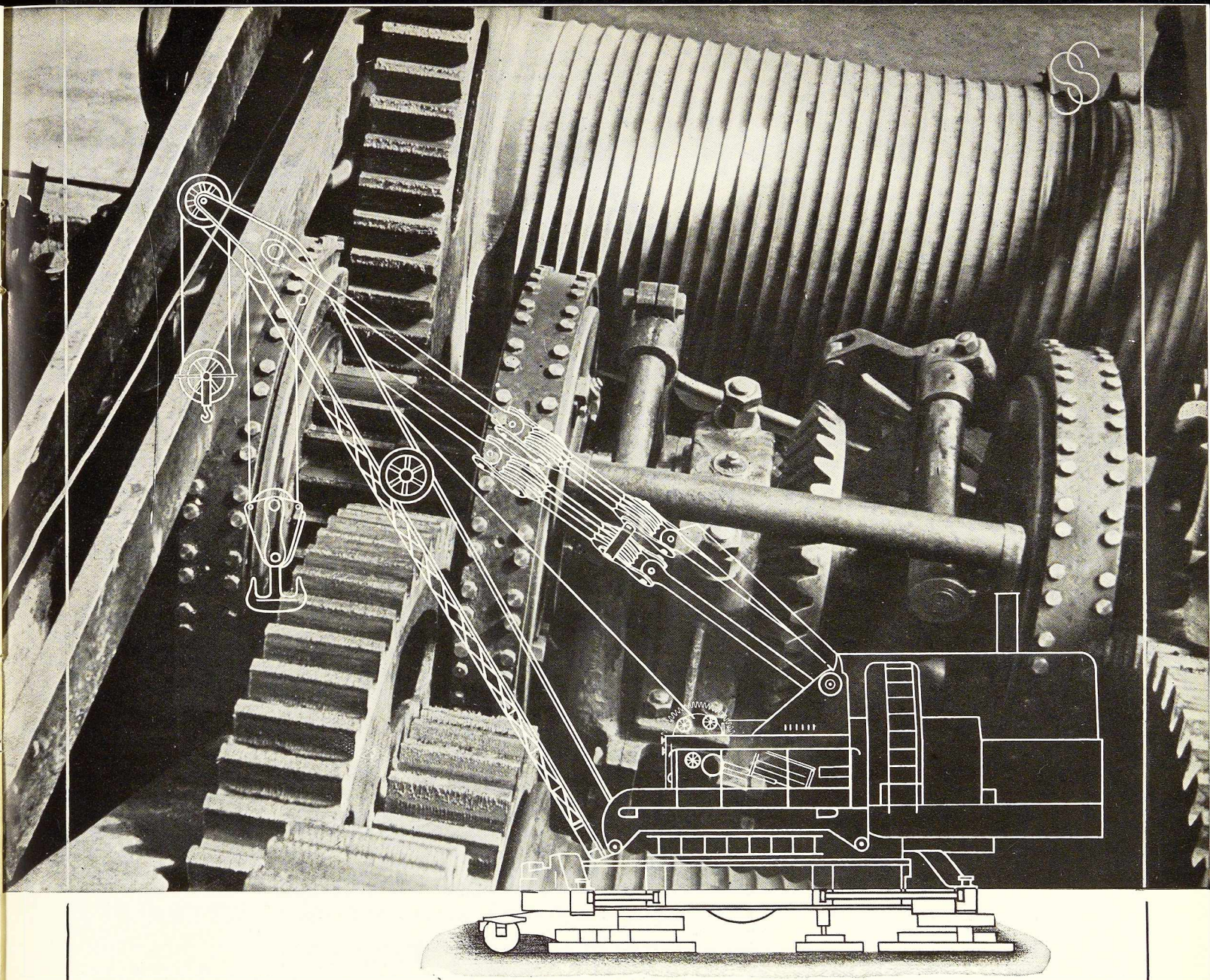
SOCIÉTÉ EN COMMANDITE SIMPLE

43 rue Masui
BRUXELLES
Tél. 15.49.40 (4 lignes)

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

45 rue Goffart
IXELLES
Tél. 11.76.38 - 11.76.98

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

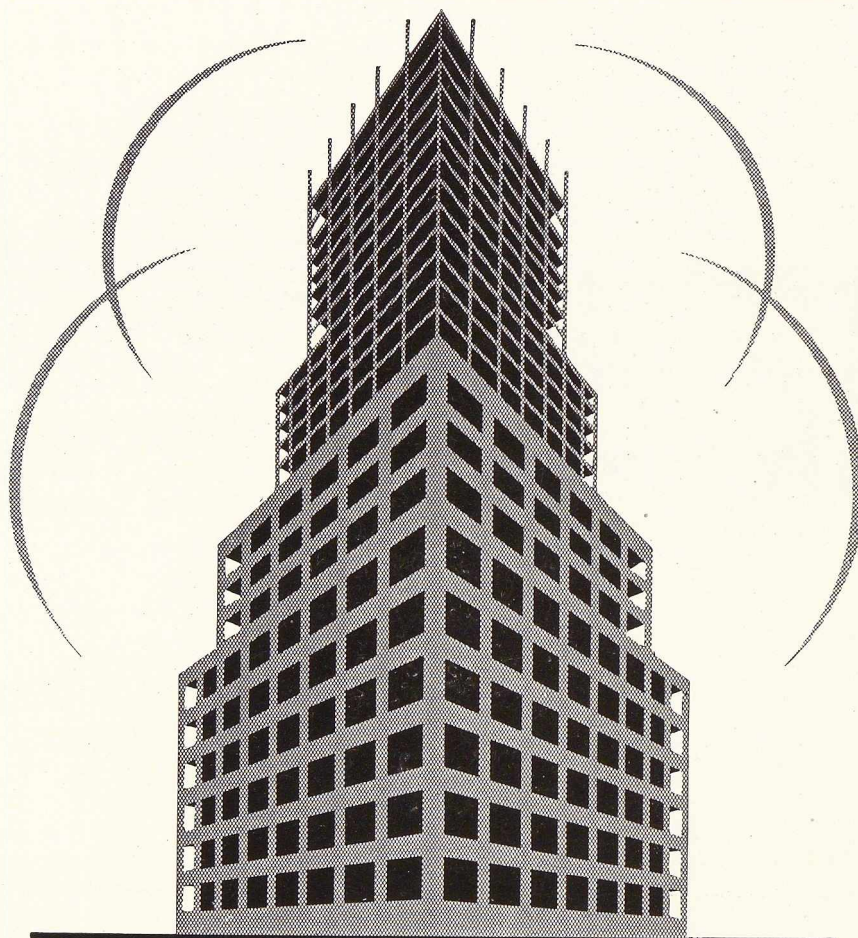


DÉTAIL DU MÉCANISME D'UNE GRUE ROULANTE DE
150 Tonnes FOURNIE AUX CH. D. F. FRANÇAIS

COCKERILL

SERAING

Studio-Simar-Stevens



DC

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

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

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

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

SOCIÉTÉ ANONYME DES ANCIENS ÉTABLISSEMENTS
PAUL WURTH • LUXEMBOURG



DE DIFFERDANGE

AGENCE DE VENTE POUR LA BELGIQUE ET LE CONGO BELGE :

DAVUM, S. A., 22, rue des Tanneurs, 22, Anvers.
Téléphone 299.17. (5 lignes) — Télégramme Davumport

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



Dans la construction navale

LES ELECTRODES

OK



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

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

ESAB

SOCIÉTÉ ANONYME
116-118, rue Stephenson
BRUXELLES Téléphone 15.91.26



L'OSSATURE MÉTALLIQUE

REVUE MENSUELLE DES APPLICATIONS DE L'ACIER

10^e ANNÉE - N° 7-8

JUILLET-AOÛT 1945

Le nouveau pont de Neuilly près de Paris

A côté d'édifices au passé prestigieux, Paris possède toute une gamme de ponts dont la beauté et l'élégance captivent le regard du passant et dont la hardiesse et la technique attirent l'attention de l'ingénieur. Cette pléiade d'ouvrages constitue une histoire vivante de l'évolution des procédés de construction. La pierre précède la fonte, l'acier, le béton armé.

La soudure, à son tour, vient d'y ajouter un ouvrage remarquable qui, par la simplicité de ses lignes, s'intègre harmonieusement dans un des plus beaux sites de la ville.

Il s'agit du nouveau pont métallique soudé de Neuilly réalisé en acier à haute résistance, assemblé par soudure. A ce titre, cet ouvrage, qui est parfaitement réussi, présente un intérêt technique considérable.

O. M.

Le nouveau pont de Neuilly remplace un ancien ouvrage en maçonnerie de pierre de taille construit en 1780 par l'ingénieur Perronet. L'ancien pont avait une longueur entre culées de 216 mètres et une largeur entre têtes de 14^m62, laissant à l'origine une largeur utile de 13^m48, portée en 1892 à 14^m90 par le remplacement des parapets pleins en maçonnerie par un garde-corps métallique. L'ouvrage comportait cinq arches en anses de panier de 38^m98 d'ouverture, surbaissées au quart.

Le nouveau pont a le même axe que le pont de Perronet, c'est-à-dire celui des grandes avenues qui joignent la place de l'Etoile au rond-point de la Défense. Sa longueur totale dans l'axe est de 254^m23, sa largeur utile courante de 35 mètres; avec ses élargissements sur les berges et dans l'île, il représente près d'un hectare de surface couverte. Il comporte une chaussée de 20 mètres et deux trottoirs de 7^m50.

Chaque bras de la Seine est franchi par une seule arche métallique, composée de 12 arcs à 2 articulations. L'arche côté Neuilly a 67 mètres de portée avec un surbaissement de 1/10; l'arche côté Courbevoie a 82 mètres de portée avec un

surbaissement de 1/12. Ces arches ménagent à la navigation des passes de 6 mètres de hauteur au-dessus des plus hautes eaux navigables sous des cordes de 15 mètres de largeur. Derrière les culées des rives, deux passages inférieurs de 14 mètres d'ouverture, côté Neuilly, et de 13^m50 d'ouverture, côté Courbevoie, permettent la séparation de la circulation principale et de la circulation des quais.

Charpente métallique

Chacune des deux arches est composée de 12 arcs circulaires identiques, à deux articulations, de hauteur constante, sauf au voisinage des retombées. Du type à caisson et à section constante, les arcs, qui sont espacés de 3^m22 d'axe en axe, sont constitués (fig. 222):

Pour la petite arche, par deux âmes de 1.144 × 15 mm et une semelle haut et bas de 600 × 18 mm;

Pour la grande arche, par deux âmes de 1.476 × 17 mm et une semelle haut et bas de 600 × 22 mm.

Les arcs sont reliés entre eux au droit de cha-



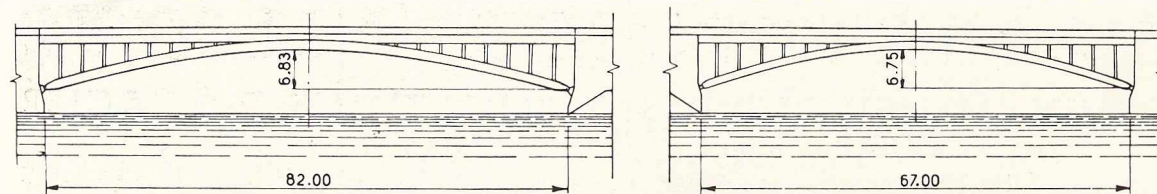


Fig. 220. Travées métalliques franchissant les deux bras de la Seine.

cune des files de montants par des entretoises très rigides ou butons. Ces entretoises, du type à caisson, ont la même hauteur que l'arc.

Les appareils d'appui, du type à rotule, sont constitués par deux balanciers en acier moulé.

Le tablier repose sur les arcs par l'intermédiaire de files de montants dont l'espacement d'axe en axe est de 3^m455 pour la petite arche et de 3^m518 pour la grande arche. Les montants ont une section rectangulaire. Le tablier métallique, qui supporte directement la dalle en béton armé de 18 cm d'épaisseur, sur laquelle repose la chaussée et les trottoirs, est constitué par un quadrillage d'entretoises et de longerons.

Qualité des aciers

Métal de base

Les constructeurs avaient élaboré un cahier des charges spécial pour la fourniture du métal de base, en acier à haute limite élastique Ac 54, et ce cahier des charges avait été soumis à l'acceptation du producteur. Il comportait, en plus des clauses du cahier des charges des Ponts et Chaussées, deux conditions particulières fixées par les constructeurs désireux de s'entourer du maximum de garanties sur la parfaite soudabilité du métal :

1° L'épreuve du pliage étant considérée comme extrêmement importante, l'angle de pliage des éprouvettes prélevées dans les épreuves réglementaires sur assemblages soudés bout à bout a été porté de 60 à 80°;

2° Au point de vue composition chimique, les teneurs maxima suivantes ont été imposées :

Carbone	0,22 %
Silicium	0,30 %
Manganèse	1,20 %
Phosphore	0,04 %
Soufre	0,04 %
Cuivre	0,50 %
Chrome	0,50 %

étant entendu que ces pourcentages constituaient des maxima et que le fournisseur devait se tenir dans toute la mesure du possible à des limites inférieures. Le cahier des charges imposait, en

outre, les caractéristiques mécaniques suivantes (aux essais de traction sur métal de base et sur éprouvettes de métal soudé) :

Tension de rupture . . .	54-64 kg/mm ²
Limite élastique	36 kg/mm ²
Allongement	20 %

En dépit des sévérités des exigences officielles, les producteurs ont pu satisfaire aux conditions imposées et toutes les coulées présentées en recette ont été réceptionnées par l'Administration et les constructeurs. En ce qui concerne le métal proprement dit, les épreuves à la traction, les essais de pliage et de poinçonnage, et les essais de fragilité ont été satisfaisants; les taux de charge de rupture et de limite élastique ont été dépassés de 1 à 2 kg/mm² et les allongements ont été de l'ordre de 25 %. Les résultats des essais de soudabilité ont été en moyenne les suivants :

- Tension de rupture : 57-58 kg/mm² (peu de résultats au-dessus de 60 kg/mm²; cassures généralement hors soudures);
- Limite élastique : 40 kg/mm²;
- Pliages à froid (sans criques à 60° et 80°; criques au-dessus de 100°; beaucoup de pliages encore sans criques à 130°).

L'analyse chimique a donné les résultats suivants :

Carbone :	de 0,18 à 0,20 %
Silicium :	de 0,20 à 0,25 %
Manganèse :	de 1,00 à 1,15 %
Phosphore :	de 0,01 à 0,035 %
Soufre :	de 0,01 à 0,03 %
Cuivre :	de 0,35 à 0,45 %
Chrome :	de 0,25 à 0,45 %

Dès le début des travaux, les constructeurs ont cependant été amenés à rebuter, en usine, des tôles ou larges plats qui, en cours d'usinage (cisailage ou rabotage) ou en cours de soudure, se dédoublaient. Il s'agissait, en l'occurrence, d'un défaut de fabrication et de laminage inhérent à l'acier Ac 54, car le même défaut a été relevé dans presque toutes les coulées; le tonnage ainsi rebuté, pour pailles ou dédoubleures, peut être évalué dans l'ensemble à 40.000 kg, soit à 2 % environ du tonnage total de la fourniture.



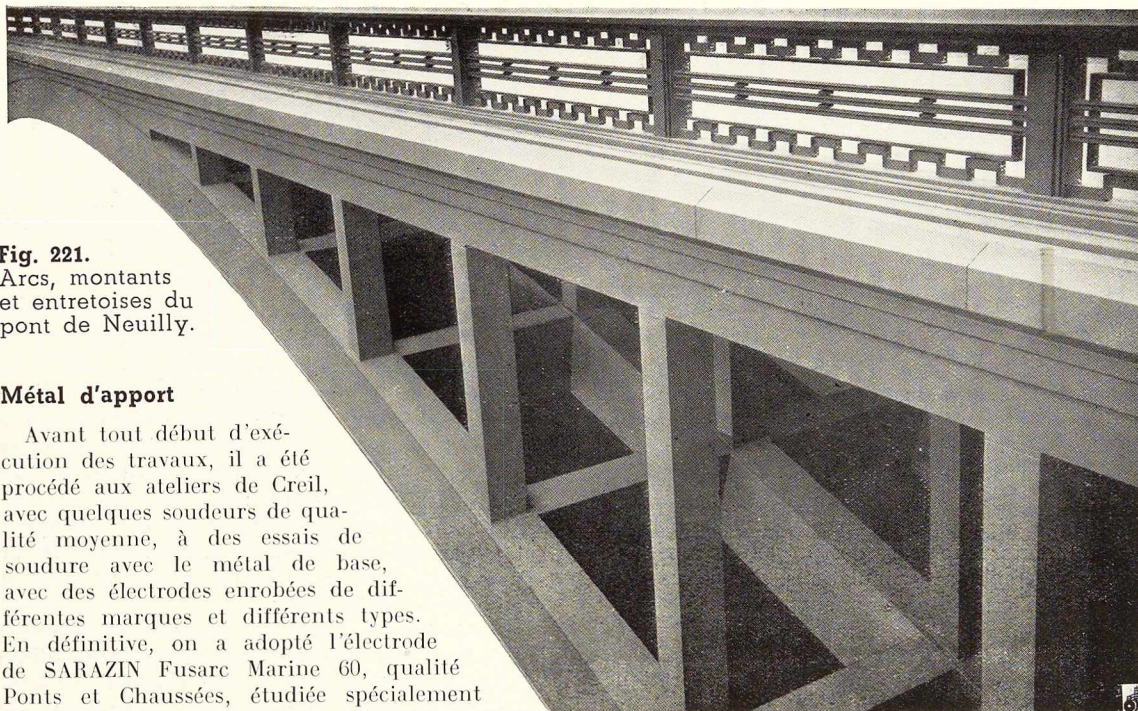


Fig. 221.
Arcs, montants
et entretoises du
pont de Neuilly.

Métal d'apport

Avant tout début d'exécution des travaux, il a été procédé aux ateliers de Creil, avec quelques soudeurs de qualité moyenne, à des essais de soudure avec le métal de base, avec des électrodes enrobées de différentes marques et différents types. En définitive, on a adopté l'électrode de SARAZIN Fusarc Marine 60, qualité Ponts et Chaussées, étudiée spécialement par le fournisseur pour la soudure du pont de Neuilly, d'après les échantillons du métal de base. Aux essais de réception, on a obtenu en moyenne :

Tension de rupture à la traction	54-62 kg/mm ²
Limite élastique	45-50 kg/mm ²
Allongement	19-26 %
Résilience (U F)	10-15 kgm.

Les pliages ont toujours été excellents, sans criques à 90° et pouvant être conduits complètement sans criques, à la presse, voire même au marteau-pilon, pour certaines éprouvettes. Il convient de noter la constance remarquable de ces résultats puisque, sur environ 900.000 électrodes, seuls deux lots représentant environ 2,2 % du total ont été refusés. Encore faut-il dire que ce refus a été prononcé pour résistance à la traction trop faible (52 kg/mm²) ou trop forte (65 kg/mm²), les autres caractéristiques étant excellentes. Le marché avec le fournisseur ne comportait, comme prévu à la circulaire de 1935 sur la soudure, qu'un essai par lot de 50.000 électrodes; mais, par mesure de sécurité, l'Administration a exigé un nombre d'essais plus important : un essai par lot de 10 à 20.000 électrodes.

Exécution en atelier

L'ouvrage ne comporte que quatre sortes de pièces : les arcs, les butons (ou entretoisements

des arcs), les montants et les pièces du tablier d'ailleurs constitués par de simples poutrelles PN 36.

Les arcs

La section de chacun des arcs articulés aux naissances, en forme de caisson, est constante sauf au voisinage immédiat des appuis à rotule. La figure 222 donne, en coupe, les sections des arcs de 67 mètres et de 82 mètres.

L'assemblage des âmes et des semelles est réalisé par des soudures d'angle continues ayant comme dimensions, pour la petite et la grande arche : 8 à 9 mm à l'extérieur du caisson, 6 à 7 mm à l'intérieur du caisson. L'indéformabilité des sections est assurée comme suit :

— Transversalement, des diaphragmes principaux doubles, situés au droit de chaque poutre transversale dite « buton » et trois diaphragmes intermédiaires simples sont assemblés sur les âmes et semelles du caisson par des cordons de soudure continus.

— Longitudinalement, un cours de cornières est fixé sur les âmes à mi-hauteur par des cordons de soudure discontinus.

Ce dispositif a été étudié pour permettre le passage d'ouvriers à l'intérieur du caisson.

Les arcs de 67 mètres ont été réalisés en ate-



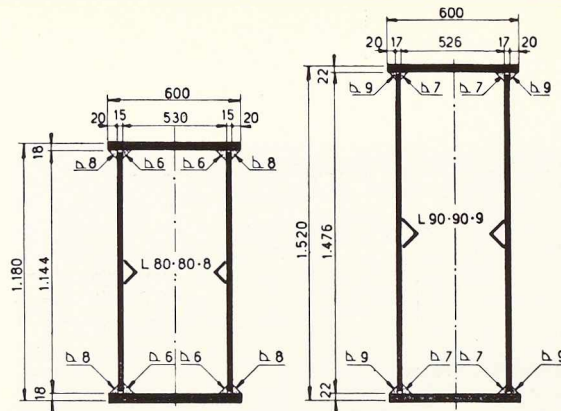


Fig. 222. Section en coupe des arcs de 67^m00 et 82^m00.

lier en trois tronçons de 22 mètres environ de longueur, et ceux de 82 mètres, en cinq tronçons de 16 mètres environ. Chaque tronçon a été lui-même constitué par des tronçons élémentaires d'environ 8 mètres de longueur, soudés bout à bout en atelier.

Pour donner une idée des précautions prises et des nombreuses manipulations de pièces auxquelles on est obligatoirement conduit, le détail des opérations réalisées aux ateliers de Creil est indiqué ci-dessous (fig. 223) :

1° Réalisation d'un plan de référence pratiquement parfait, destiné à suivre et à corriger à tout moment les déformations et en même temps à servir de banc de soudure. Ce plan de référence de dimensions 80 × 4 mètres a été constitué par 40 poutrelles de 4 mètres de longueur (PN 30), espacées de 2 mètres d'axe en axe, soigneusement dressées et nivelées et ancrées dans le béton, avec plancher jointif établi au niveau du dessus des fers;

2° Mise en place de l'âme n° 1;

3° Mise en place sur cette âme, aux emplacements du tracé, des diaphragmes préalablement soudés en série dans un montage spécial, de manière à ce que tous ces cadres aient les mêmes dimensions extérieures et à ce qu'ils ne soient pas déformés par les soudures d'assemblages;

4° Mise en place des semelles n°s 2 et 3, à l'aide de dispositifs provisoires d'entretoisement et de serrage. Pointage des semelles n°s 2 et 3 sur l'âme n° 1 et enlèvement des dispositifs provisoires. Soudure en première passe des cordons *a* et *b* à l'aide de quatre soudeurs, deux par cordon, partant du milieu du tronçon et allant vers chaque extrémité. Observation d'un léger soulèvement du milieu des semelles par rapport au plan de référence, par suite du retrait provoqué par cette première passe;

5° Mise en place et pointage des cornières raidisseuses longitudinales de l'âme n° 1;

6° Mise en place de l'âme n° 4 et pointage sur les semelles en *c* et *d*;

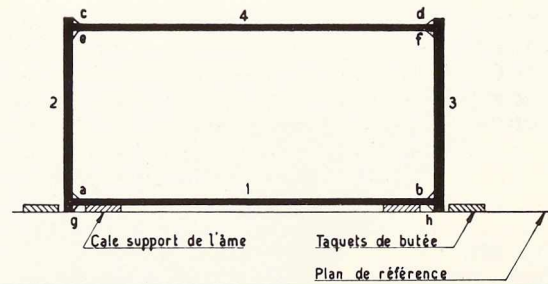


Fig. 223. Processus de montage et de soudure en atelier d'un tronçon élémentaire d'arc.

7° Premier retournement du tronçon à l'aide de cadres de manutention, de manière à ce que l'âme n° 4 soit à la partie inférieure. Mise en place et pointage des cornières raidisseuses longitudinales de l'âme n° 4;

8° Soudure en première passe des cordons *e* et *f*, par deux soudeurs soudant alternativement sur *e* et sur *f* en se déplaçant du milieu du tronçon vers les extrémités;

9° Soudure en première passe des cordons *g* et *h* à quatre soudeurs opérant comme indiqué précédemment. Deuxième retournement du tronçon, de manière à ce que l'âme n° 1 revienne à la partie inférieure;

10° Soudure en première passe des cordons *c* et *d*, à quatre soudeurs opérant toujours avec les mêmes précautions; puis soudure en deuxième passe des cordons *a* et *b*, *c* et *d*, par deux soudeurs à l'intérieur du caisson et deux soudeurs à l'extérieur; troisième retournement du tronçon, de manière à ce que l'âme n° 4 soit à la partie inférieure;

11° Soudure en deuxième passe des cordons *e* et *f*, *g* et *h*, puis soudure sur l'âme 4 des dispositifs de raidissement; quatrième retournement du tronçon ramenant l'âme 1 à la partie inférieure, soudure sur l'âme 1 des dispositifs de raidissement;

12° Après deux retournements à 90°, soudure sur les semelles des dispositifs de raidissement. Mise à longueur du tronçon élémentaire et la préparation des chanfreins d'about pour les joints d'atelier.

L'exécution du tronçon élémentaire a permis de faire trois remarques essentielles :

a) On obtient un tronçon vrillé dès qu'on modifie, en quoi que ce soit, le processus qui vient d'être détaillé, en particulier par la conduite dissymétrique des cordons longitudinaux ou par leur exécution dans un ordre quelconque ou même par une conduite symétrique à des vitesses différentes;

b) Le retrait sur toutes les cotes longitudinales,



que nous avons évalué au traçage à 0,6 mm par mètre n'a, en fait, jamais dépassé 0,3 mm;

c) On obtient des soudures d'angle extérieures plus régulières, c'est-à-dire, avec des accrochages parfaitement égaux sur les semelles et sur les âmes, en exécutant les deux passes des cordons de soudure correspondants sur la pièce posée à 45° sur des chevalets spéciaux : c'est ce qui a été fait aux ateliers de Fives.

On a procédé ensuite sur le banc de soudure à l'assemblage de deux tronçons élémentaires et à la soudure du joint correspondant dit « joint d'atelier ». La forme oblique de ce joint a été étudiée, d'une part, pour que le cordon de soudure correspondant présente la résistance demandée par le calcul (conformément aux instructions de la circulaire ministérielle française sur la soudure), d'autre part, pour réduire les chutes de métal dans toute la mesure du possible. Ces considérations justifient les formes adoptées :

en V pour les semelles,

en U pour les âmes, en raison de leur plus grande hauteur.

Les opérations de soudure ont été conduites comme suit (fig. 224) :

1° Pointage de l'ensemble du joint, puis soudure simultanée des semelles : soudures montantes en V exécutées à l'extérieur du caisson (un soudeur par semelle);

2° Soudure simultanée des âmes : les chanfreins étant en x, un soudeur à l'extérieur du caisson et un soudeur à l'intérieur;

3° Retournement à 180° du tronçon et achèvement de la soudure simultanée des âmes;

4° Soudures longitudinales des semelles sur les âmes : simultanément deux cordons à l'extérieur et deux cordons à l'intérieur, et après retournement, achèvement des quatre derniers cordons, deux à l'extérieur et deux à l'intérieur. En même temps, soudure du dispositif de raidissement au raccordement des deux tronçons élémentaires;

5° Enfin, reprise à l'envers de la soudure des semelles. On a constaté qu'il convenait de souder les joints d'atelier dans l'ordre ci-dessus, car en procédant autrement, par exemple dans l'ordre : cordons longitudinaux, âmes, semelles, on a observé la rupture des cordons longitudinaux, par suite des retraits cumulés provoqués par les soudures des âmes et des semelles.

Le retrait dû aux joints d'atelier a été de 3 à 5 mm par joint. On en a tenu compte dans la mise à longueur des tronçons à expédier au chantier, les arcs étant présentés complètement assemblés avant leur expédition.

La corde de l'arc a été matérialisée par une corde à piano tendue à ses extrémités par un

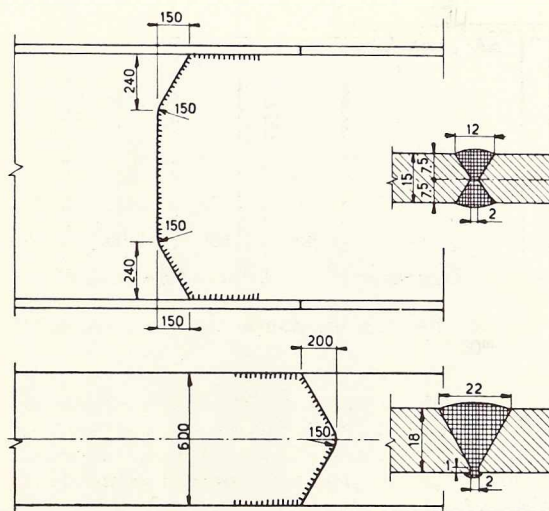


Fig. 224. Détails des joints d'atelier de l'arc de 82^m00.

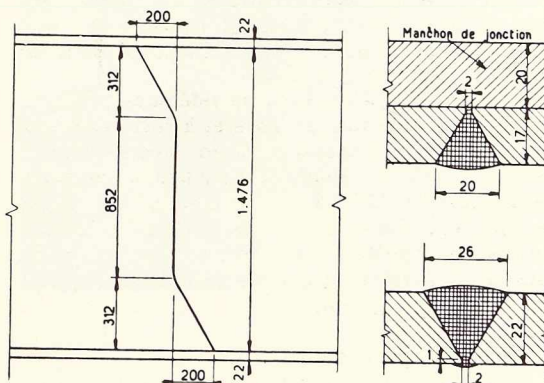


Fig. 225. Détails des soudures de chantier de l'arc de 82^m00.

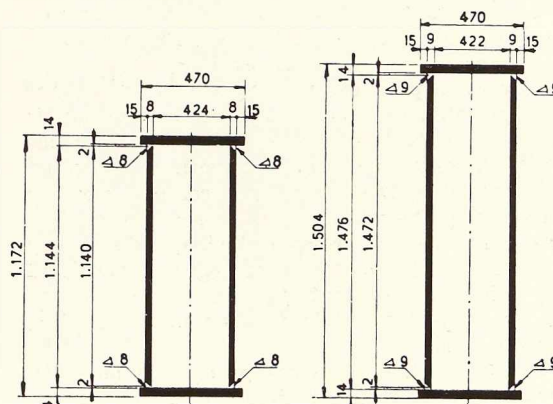


Fig. 226. Section des entretoises des arcs de 67^m00 et 82^m00

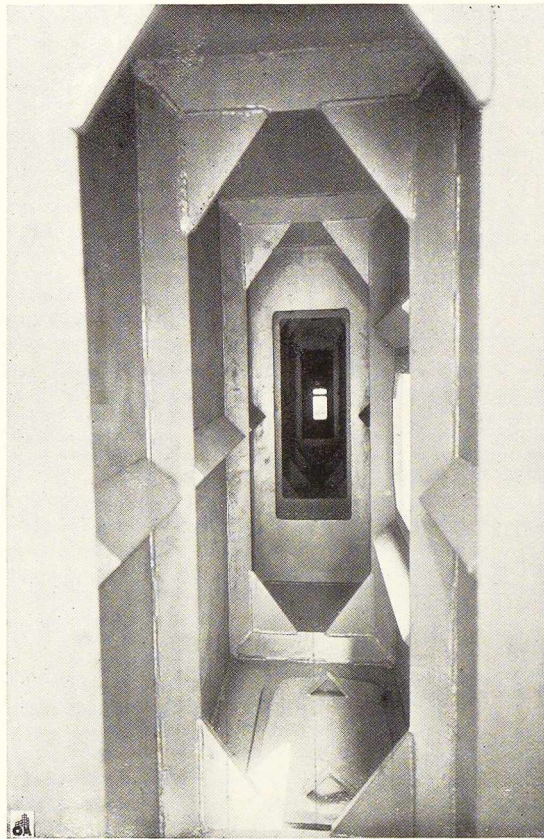


Fig. 227. Vue intérieure d'un caisson d'arc.

contrepois; le contrôle des Ponts et Chaussées pouvait ainsi vérifier la distance entre les appuis, les flèches et par suite, la courbure de l'arc.

Les butons (entretoisements des arcs)

La figure 226 donne, en coupe, la section des butons des arcs de 67 mètres et de 82 mètres. C'est une section du type à caisson formée de deux âmes et de deux semelles assemblées par soudure en chanfrein; l'angle de ce chanfrein, primitivement prévu à 60°, a été ramené en exécution à 50°, parce qu'il a été jugé trop ouvert, l'about des âmes étant alors réduit à une véritable « lame de couteau ».

Chaque bouton comporte deux cadres en cornières, lesquels ont été préalablement soudés en série dans un montage spécial d'un type analogue à celui utilisé pour les cadres raidisseurs des arcs. Après assemblage et soudure sur les âmes des cadres raidisseurs, on a monté les semelles, on a soudé les cadres raidisseurs sur les

semelles par deux soudures en bouchon haut et bas de 23 mm de diamètre, puis on a procédé à la soudure à plat des âmes sur les semelles, sur le banc de soudure.

Pour éviter toute déformation des sections d'about au cours de l'exécution de cette soudure, on a utilisé deux dispositifs de montage provisoires, chacun essentiellement constitué par un cadre aux dimensions intérieures du bouton et à l'extérieur duquel on venait brider les âmes et les semelles de la poutre. Dans ces conditions, la soudure a pu être effectuée sans difficulté ni déformation.

Le retrait étant insignifiant en raison de la faible longueur des pièces, on a exécuté les boutons à leur longueur théorique, sauf en ce qui concerne les boutons de raccordement entre les trois groupes de quatre arcs montés séparément dont la mise à longueur n'a été effectuée qu'après relevé des cotes au chantier, chaque groupe de quatre arcs ayant fait l'objet d'une phase particulière du montage.

Les montants

Egalement du type à caisson, les montants sont constitués par quatre tôles de 10 mm d'épaisseur, assemblées par une soudure en chanfrein qui ne présente aucune saillie sur le parement extérieur (fig. 228).

La largeur des montants est constante et égale à 450 mm dans le plan transversal de l'ouvrage. L'autre dimension varie avec la hauteur, de 320 à 380 mm. La section est raidie tous les mètres environ par un diaphragme plein en tôle de 8 mm soudé sur trois de ses côtés par des soudures d'angle discontinues de 6 mm et par deux soudures en bouchon de 15 mm de diamètre sur le quatrième côté.

L'exécution des soudures a été réalisée comme pour les butons, c'est-à-dire à plat sur le banc de soudure, avec un montage spécial aux deux abouts constitué par deux gabarits-cadres autour desquels on bridait les tôles de pourtour. On a procédé toujours d'après les mêmes principes : exécution simultanée de deux cordons longitudinaux, en partant du milieu et en se dirigeant vers les extrémités, par bandes de 0^m60 environ de longueur et retournement de la pièce à 180°. Enfin, les montants étant à articulations demi-sphériques haut et bas, on a terminé leur exécution par la soudure des pièces d'about en acier moulé. Les soudures des montants de rive ont été meulées.

Le tablier

Ainsi qu'il a déjà été indiqué, le tablier métallique est constitué par un simple quadrillage



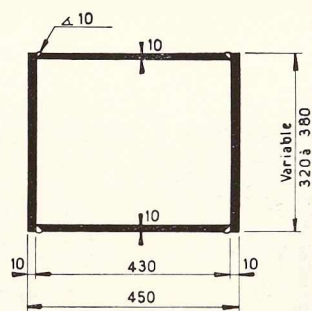


Fig. 228.
Section des montants.

d'entretoises et de longerons en I PN 36. Les entretoises axées sur les files de montants sont continues sur toute la largeur du pont; elles ont été expédiées en trois tronçons, chaque tronçon correspond à un groupe de quatre arcs et à une phase de montage. Les longerons axés sur les arcs sont assemblés sur les entretoises, mais il s'agit là d'assemblages de chantier qui seront étudiés plus loin. Il n'y a eu, à l'atelier, aucun travail de soudure pour les pièces du tablier.

EXÉCUTION DES SOUDURES

Les travaux de soudure en atelier ont été surveillés de très près et d'une façon constante par des techniciens spécialisés détachés en permanence auprès des constructeurs. Cette surveillance a été complétée dans les cordons longitudinaux par de nombreux fraisages effectués avec la pointe d'un foret ordinaire et dans les joints d'âmes par le perçage complet des tôles au droit de la soudure.

Quand les sondages révélaient des défauts très nets, inclusions ou soufflures, la soudure était burinée jusqu'à mise à nu du métal sain, puis refaite. En cas de doute, les surfaces à examiner étaient mises en apparence, après nettoyage à l'alcool pour enlever toute trace de graisse, à l'aide d'un réactif à l'iode et iodure de potassium. Les fraisages et trous étaient rebouchés par soudure après réception.

Les soudures d'atelier ont nécessité environ 630.000 électrodes, la plupart de 4 mm de diamètre pour 57.000 mètres de soudure, soit en moyenne onze ou douze électrodes par mètre de soudure.

Ainsi qu'il ressort du processus exposé plus haut, les soudures d'atelier ont été exécutées à plat en presque totalité, exception faite de quelques soudures montantes. Il n'y a eu à exécuter aucune soudure au plafond. En conséquence, l'Administration n'a exigé des soudeurs d'atelier que les épreuves de traction sur soudure bout à bout en V, exécutée à plat et sur soudure d'angle exécutée horizontalement ou verticalement, mais pas au plafond. Le nombre de soudeurs utilisés a été extrêmement variable d'une semaine à l'autre suivant les travaux; il a atteint au maximum 50 opérateurs.

Montage

Par suite de la nécessité du maintien de la circulation, le montage du nouvel ouvrage, dont l'axe correspondait à celui de l'ancien pont, a dû être réalisé en six phases, correspondant cha-

cune à un groupe de quatre arcs avec leurs entretoisements et le tablier correspondant.

1^{re} et 2^e phases : Circulation sur l'ancien pont : montage du groupe aval des arches de 67 et 82 mètres.

3^e et 4^e phases : Circulation sur la nouvelle partie aval et démolition du vieux pont : montage du groupe amont des arches de 82 mètres et 67 mètres.

5^e et 6^e phases : Achèvement de la démolition du vieux pont, circulation sur les nouvelles parties aval et amont : montage du groupe central des arches de 67 mètres et de 82 mètres.

Enfin raccordement du groupe aval et du groupe central, du groupe amont et du groupe central.

Les opérations de montage et réglage de chaque groupe comportaient l'exécution de différentes soudures, savoir : les soudures des joints d'arcs, les soudures d'attache des butons, les soudures du tablier.

Joints d'arcs

Dans chaque phase de montage, on a procédé à la soudure des joints d'arcs dès l'achèvement du montage et du réglage de deux arcs voisins et après mise en place provisoire de butons d'entretoisement de part et d'autre des joints de chantier.

On a adopté, pour les joints de chantier comme pour ceux d'atelier, la forme oblique; mais cette forme a été modifiée pour l'emboîtement des tronçons. En outre, chaque joint de chantier a été renforcé par un manchon de jonction avec dépouille, soudé à l'atelier sur un des tronçons.

Ainsi qu'il a été dit plus haut, l'arc de 67 mètres qui est en trois tronçons, comporte deux joints de chantier et celui de 82 mètres, qui est en cinq tronçons, quatre joints (fig. 225).

Après un réglage convenable, quelquefois assez difficile, de l'arc, la soudure de ces joints a été réalisée symétriquement par rapport à la clé, à l'aide de quatre soudeurs, deux par joint, opérant simultanément dans l'ordre ci-dessous : pointage des semelles supérieure et inférieure; pointage des âmes; soudure des joints de semelle aux 2/3 (soudure à plat); soudure complète des âmes (soudure montante en chanfrein); achèvement de la soudure des semelles; raccordement des cordons longitudinaux : âmes sur semelles; enfin, soudure intérieure du manchon sur le deuxième tronçon et reprise au plafond du joint de semelle inférieure.

Le retrait provoqué par la soudure d'un joint de chantier a été, comme pour les joints d'atelier, de 3 à 6 mm pour les arcs de 67 mètres et



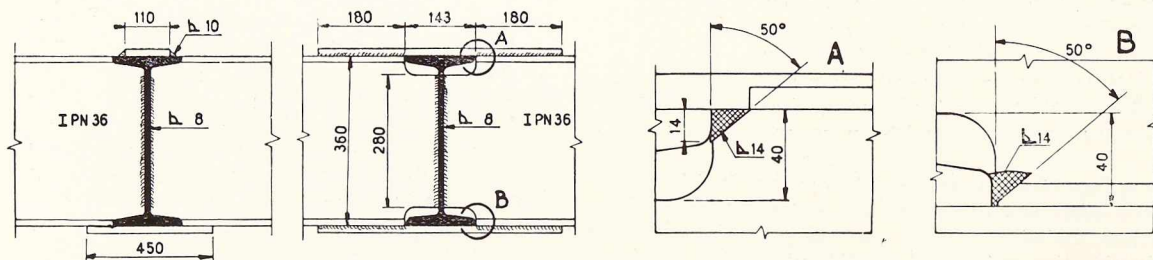


Fig. 229. Assemblage des longerons et entretoises du tablier.

de 82 mètres. On a tenu compte en donnant aux arcs, avant soudure, la contreflèche de montage correspondante, de sorte qu'après soudure, la longueur de la semelle supérieure de l'arc était égale, à 1 ou 2 mm près, à la longueur théorique du traçage.

Le jeu au fond des chanfreins étant assez faible, on a exécuté toutes les premières passes de tous les cordons de soudure de chantier avec les électrodes de 3,25 mm de diamètre et une intensité de courant assez forte, de manière à obtenir une bonne pénétration; les autres passes ont été réalisées : dans les soudures à plat, avec des électrodes de 4 mm ou de 5 mm suivant les épaisseurs des tôles, et dans les soudures montantes, avec des électrodes de 4 mm seulement.

Quant aux soudures au plafond, elles ont été entièrement exécutées avec des électrodes de 3,25 mm dont l'emploi, dans cette position, est beaucoup plus facile pour le soudeur.

Attache des butons

Deux arcs voisins étant soudés, on a terminé la mise en place de tous les butons entretoises de ces deux arcs. Les butons ont été exécutés en atelier avec leurs semelles à la longueur théorique de l'écartement de deux arcs, moins 4 mm de jeu (2 mm à chaque about), chaque about étant chanfreiné :

- en V pour soudure à plat, pour la semelle supérieur,
- en V renversé pour soudure au plafond, pour la semelle inférieure, les angles de chanfreinage étant de 50°.

D'autre part, pour la mise en place, en raison du débord de 20 mm des semelles des arcs sur les âmes, il avait été prévu sur les deux âmes des butons, d'un côté seulement, un about de 250 mm de largeur environ à mettre en place et à souder au chantier.

Dans ces conditions, au chantier, après mise en place, un bouton se présentait ainsi : du côté où manquaient les abouts d'âme, il reposait sur

l'arc par sa semelle supérieure appuyée sur deux petites cales soudées en atelier sous le débord inférieur de la semelle supérieure de l'arc; du côté opposé, il était fixé sur l'arc par quatre équerres provisoires, deux par âme, boulonnées sur l'arc et sur l'âme proprement dite du buton.

Les butons entre deux arcs ont été soudés symétriquement en partant de la clé; le processus d'exécution de la soudure d'un bouton, adopté en définitive et ayant donné satisfaction, était le suivant :

1° Après réglage du bouton en position et des arcs au voisinage immédiat du bouton, avec un surécartement de 3 mm pour compenser les retraits dus aux soudures, pointage simultané des semelles haut et bas;

2° Mise en place des abouts d'âme, après soudure à mi-hauteur du bouton d'une entretoise en fer rond coupée à longueur. Cette entretoise, qui s'était avérée indispensable, était destinée à éviter les déformations des tôles pendant la soudure des abouts dans le sens de la hauteur du bouton, hauteur de 1^m14 dans les butons des arcs de 67 mètres et de 1^m47 dans ceux de 82 mètres;

3° Soudures de raccordement des abouts d'âme avec les âmes du buton. Ces soudures montantes en chanfrein en V à angle de 70° sur tôles libres de 8 à 9 mm d'épaisseur étaient d'une exécution assez difficile : on a dû les confier aux soudeurs les plus expérimentés, car avec des soudeurs moyens, il n'a pas été possible d'obtenir des soudures saines, ayant un bel aspect, et surtout sans déformation des tôles. Le processus ayant donné les meilleurs résultats était le suivant :

Exécution d'une première passe à l'aide d'électrodes de 3,25 mm de diamètre, après avoir eu soin de faire rentrer l'extrémité côté arc, de l'about d'âme, de 3 mm vers l'intérieur du bouton et sur toute sa hauteur : ce résultat était obtenu à l'aide de boulons et d'équerres provisoires soudés en position convenable sur l'âme de l'arc.

Après exécution de cette première passe, desserrage des boulons des équerres provisoires :



l'âme revenait alors dans sa position normale et butait contre les équerres. Achèvement de la soudure de l'about d'âme sur l'âme, par une deuxième passe à l'aide des mêmes électrodes;

4° Soudures de l'about d'âme sur les semelles haut et bas (soudures en chanfrein en V à l'angle de 50°);

5° Pointage des âmes du buton sur les arcs;

6° Soudure des semelles supérieures et inférieures simultanément à quatre soudeurs;

7° Soudure des âmes (soudures en chanfrein en V à angle de 50°) simultanément à quatre soudeurs;

8° Exécution d'un cordon d'angle de raccordement de la semelle du buton à la semelle de l'arc, dans le but de réaliser au mieux la transition progressive des tôles et des cordons de soudure et de supprimer ainsi toute amorce de fissure. Ce cordon avait, comme dimensions : sur chaque côté, la hauteur correspondant à la largeur maximum du chanfrein de la semelle du buton et, comme épaisseur, celle de ladite semelle.

Le tablier

Après mise en place et soudure sur les arcs des appuis inférieurs des montants, soudures à plat en chanfrein ne présentant aucune difficulté, on a procédé au montage des montants et de la superstructure, constituée par le quadrillage d'entretoises et de longerons en poutrelles PN 36, dont il a déjà été parlé plus haut.

Les entretoises ont été expédiées en un seul tronçon pour un groupe de quatre arcs, de sorte qu'au chantier, on n'a eu à souder que les assemblages des longerons sur les entretoises et les assemblages des longerons et des entretoises sur les goussets de tête des montants sur lesquels avaient été soudés, à l'atelier, les appareils d'appui mâles de la partie supérieure des montants.

EXÉCUTION DES SOUDURES

Les travaux de soudure de chantier ont été suivis de plus près encore que ceux d'atelier, d'ailleurs par les mêmes techniciens spécialisés, mais le nombre des soudeurs de chantier ayant toujours été très inférieur à celui des soudeurs d'atelier, on peut dire que non seulement chaque cordon, mais chaque passe de cordon a été examinée avec soin aussitôt après son exécution.

Dès le début des travaux, on a opéré une sélection très sévère de la main-d'œuvre : non seulement on a exigé des soudeurs de chantier que les résultats de leurs épreuves réglementaires au complet (soudures bout à bout en V exécutées à plat, soudures d'angle exécutées en montant et au plafond) soient satisfaisants, en tant que

chiffres, mais on a exigé d'eux l'exécution de cordons réguliers et d'un bel aspect, dans quelque position que ce soit, sans caniveaux, ni manque de pénétration.

Sur 20 soudeurs, on peut dire que 16, soit 8 par équipe, présentaient des qualités professionnelles remarquables, mais leur recrutement a été long et difficile. Les quelques soudeurs de l'équipe moins habiles et moins expérimentés étaient occupés aux soudures à plat, puis aux soudures montantes faciles et enfin, s'ils faisaient des progrès, aux soudures montantes plus difficiles et aux soudures au plafond.

Les soudures de chantier ont nécessité environ 280.000 électrodes pour 9.000 mètres théoriques de soudure, soit environ 30 électrodes par mètre de soudure, chiffre presque trois fois plus élevé que celui obtenu pour les soudures d'atelier, ceci en raison de soudures supplémentaires imprévues au projet, mais surtout du supplément de soudure nécessité par les surécarterments des pièces au montage, prévus pour compenser les retraits et, enfin, de la tendance des ouvriers à exécuter des cordons plus importants que ceux théoriquement demandés par suite du contrôle des épaisseurs, contrôle plus sévère qu'en atelier.

Sur les 280.000 électrodes utilisées, 60 % environ étaient de 3,25 mm de diamètre, 36 % en 4 mm et seulement 4 % en 5 mm; cette forte proportion d'électrodes de faible diamètre s'explique du fait qu'il n'y avait pas de soudures de tôles de fortes épaisseurs; par contre, beaucoup de soudures en chanfrein nécessitant l'emploi en première passe d'une petite électrode. En outre, comme il a déjà été dit, l'emploi de l'électrode de 3,25 mm facilitait l'exécution des soudures montantes et des soudures au plafond, tout en présentant en plus, l'avantage de réduire au minimum les déformations et les tensions dues aux effets calorifiques dans les tôles, au voisinage des soudures.

ACTION DE LA PLUIE ET DU FROID

Les travaux de soudure de chantier se sont échelonnés sur plusieurs années, de sorte que l'on a été amené à souder en plein hiver, notamment au cours de l'hiver 1938-1939 où la température est descendue jusqu'à -15°. Il est certain que le froid, le vent et la neige ou la pluie ont une action néfaste et sur le soudeur et, par suite, sur la soudure. Conformément au règlement, on a abrité les ouvriers en utilisant des sortes de cabines à toitures en bois, bâchées sur les côtés. Par mesure de sécurité, l'Administration des Ponts et Chaussées avait décidé d'interrompre totalement les travaux de soudure, soit en cas de forte pluie, soit par température infé-



rieure à 0°, bien que la circulaire ministérielle précise qu'on puisse souder jusqu'à -5° inclus.

En ce qui concerne la pluie, il convient absolument d'abriter les pièces en cours de soudure : par des essais effectués en atelier, sur des éprouvettes sciées dans de l'acier Ac 54 de l'ouvrage, on a, en effet, constaté que cet acier prenait fortement la trempe à l'eau.

En ce qui concerne le froid, il est bien certain qu'il a une action sur la soudure parce qu'il paralyse le soudeur, mais il semble qu'il n'ait pas une action directe sur la soudure, tout au moins jusqu'à -5° ou -10°, la durée de refroidissement de la soudure et du métal n'étant pas, en fait, sensiblement modifiée.

Au cours de l'hiver 1938, on a procédé, sur la demande même de l'Administration, à des essais de soudures bout à bout en V ou en X sur plaques d'épaisseurs moyenne et forte : 10 et 27 mm en chambre froide au Laboratoire du Bâtiment et des Travaux publics, et par températures successives de 0°, -3°, -6°, -10°, avec un soudeur de chantier de deuxième catégorie; des éprouvettes témoins avaient été soudées à +15° dans une salle voisine.

Aux essais de traction, tous les résultats de charge de rupture ont été satisfaisants; les résultats obtenus sur les éprouvettes soudées à -10° cassées hors soudure et dans soudure ont été, en moyenne, de 55 kg/mm² à 62 kg/mm² comme pour les éprouvettes témoins. Il ne semble donc pas que l'acier Ac 54 subisse une trempe à l'air pour les températures en question.

Tensions internes

Quelques mots maintenant au sujet des tensions internes introduites dans les éléments de la construction, par l'exécution des soudures : l'Administration avait pensé, avec juste raison d'ailleurs, qu'en particulier les soudures d'attache des butons devaient développer dans les tôles, au voisinage immédiat des soudures, des efforts importants, du fait que les pièces étaient pour ainsi dire complètement bridées, et elle a demandé d'essayer de se rendre compte de la valeur de ces efforts et de voir, au cas où cette valeur serait importante, si par martelage entre chaque passe, on ne pourrait la réduire.

On a utilisé, à cet effet, le tensiomètre SARAZIN et appliqué la méthode de repérage décrite par cet ingénieur dans son ouvrage *La Soudure à l'arc*, chapitre « Mesure des tensions internes ».

Sur un buton de l'arche de 82 mètres, des repères (par groupe de dix en trois lignes verticales : deux de quatre et une de deux) ont été placés à chaque attache, sur la face de l'arc et sur la face du buton, d'une part, à mi-hauteur du bu-

ton, d'autre part, à la partie supérieure, à 15 cm environ en dessous des semelles; la première ligne verticale de quatre repères était distante de 25 mm du bord du cordon de soudure et l'intervalle entre les repères était de 25 mm. Les lectures ont été faites au comparateur de l'appareil à chaque attache avant soudure. Puis on a procédé à la soudure de l'attache verticale des âmes, d'un côté en deux passes avec électrodes de 3,25 mm sans martelage et de l'autre, avec martelage entre chaque passe et on a refait de nouvelles lectures à l'appareil.

On admet généralement que pour l'acier Ac 54 comme pour l'acier Ac 42, il se produit, à la première mise en charge de l'ouvrage, sinon l'élimination complète des tensions, du moins un équilibre des tensions internes par déformation à froid. Aux points où la limite élastique est dépassée, il doit y avoir, comme on le pense généralement, un allongement permanent qui provoque une augmentation de charge des éléments voisins et, par suite, le soulagement des éléments primitivement surchargés. Il faut bien qu'il en soit ainsi, sinon les résultats des essais d'écrasement obtenus sur des pièces soudées devraient être très inférieurs à ceux du calcul. Or, ce n'est pas le cas et les essais effectués au Laboratoire du Bâtiment et des Travaux publics sur un tronçon d'arc de 82 mètres et sur un montant en exécution des prescriptions du cahier des charges ont été particulièrement rassurants. Ces résultats peuvent être résumés comme suit :

1° Un tronçon de 2^m06 de longueur a été réalisé dans les mêmes conditions qu'un tronçon courant d'arc de 82 mètres. Les faces d'about normales à la tangente à la fibre moyenne au milieu du tronçon avaient été dressées de manière à bien porter, par toute leur surface sur les plaques d'appui de la presse. Le tronçon comportait trois cadres courants de raidissement, un à chaque about et un dans le milieu, plus le dispositif de raidissement longitudinal des âmes.

De légères déformations provoquées par les soudures ont été constatées sur les quatre parois, avant exécution des essais.

Afin de déterminer les déformations des âmes au cours des essais, deux fleximètres enregistreurs RICHARD avaient été reliés chacun à un piston fixé au centre des deux parois.

On a appliqué des charges de 700 t., 800 t., 960 t., 1.500 t., et 1.800 t. De légers craquements ont été entendus sous les charges de 1.500 t., et 1.800 t. Sous la charge de 1.855 t., le flambage s'est produit et la pression n'ayant pu être maintenue, l'essai a été arrêté. Pour 1.500 t., les flèches étaient de 1,35 et 3,3 mm.

Après essai, on a constaté, sur une des parois



des âmes de la pièce, une poche de 0^m50 de largeur environ et de 45 mm de profondeur, à 0^m50 de l'arase supérieure; sur l'autre paroi, une poche identique, de 40 mm de profondeur; par contre, sur les parois des semelles, des bombements de 35 mm, mais aucune cassure ni décollement de parois ou de cordons de soudure de liaison des âmes et semelles. La charge maximum en service des tronçons d'arc de 82 mètres étant de 540 t., on voit qu'on a obtenu un coefficient de sécurité au flambage de 3,4 ce qui est très satisfaisant;

2° Les dimensions du montant essayé étaient de 0,35 × 0,45 × 2,76. On a appliqué les charges successives de : 65 t., 100 t., 300 t., puis 500 t.

Sous cette dernière charge, le flambage s'est produit et l'essai a été arrêté. Sur chacun des grands côtés, on a relevé une poche de 0^m30 de largeur et de 32 à 35 mm de profondeur, à 0^m25 au-dessus de l'axe, ainsi qu'une bosse à mi-hauteur du caisson, de dimensions : largeur 0^m30, épaisseur 22 mm tandis que, sur chacun des petits côtés, on relevait seulement un bombement au niveau des poches des grands côtés. On n'a observé ni cassure, ni décollement des parois ou des cordons de soudure.

La charge maximum en service des montants étant seulement de 34 t., on voit qu'on a obtenu un coefficient de sécurité au flambage de 15. Ce résultat est plus que suffisant, mais au point de vue esthétique, la section des montants déjà assez grêle ne pouvait être réduite.

Epreuves réglementaires

Le groupe de quatre arcs aval avec le tablier correspondant des arches de 67 mètres et 82 mètres a pu être essayé avant d'être mis en service. Cet ouvrage a été soumis à des épreuves par poids mort avec surcharges partielles et surcharges totales : surcharge totale de 460 t. pour le groupe de l'arche de 67 mètres, surcharge de 510 t. pour le groupe de l'arche de 82 mètres; surcharges réalisées respectivement par 36 et 40 camions SITA de la ville de Paris.

Les résultats de ces épreuves ont été satisfaisants. Les flèches obtenues à la clé, pour le cas de surcharge totale ont été environ les 8/10 de celles calculées; par contre, aux reins, les flèches obtenues dans le cas de surcharges partielles ont été très voisines de celle du calcul. Les efforts mesurés à l'aide d'appareils MANET-RABUT ou HUGGENBERGER ont été environ les 6/10 de ceux du calcul. Il n'a été constaté aucune déformation permanente et un examen sérieux des soudures n'a donné lieu à aucune observation particulière.

L'étude du projet et la surveillance des travaux

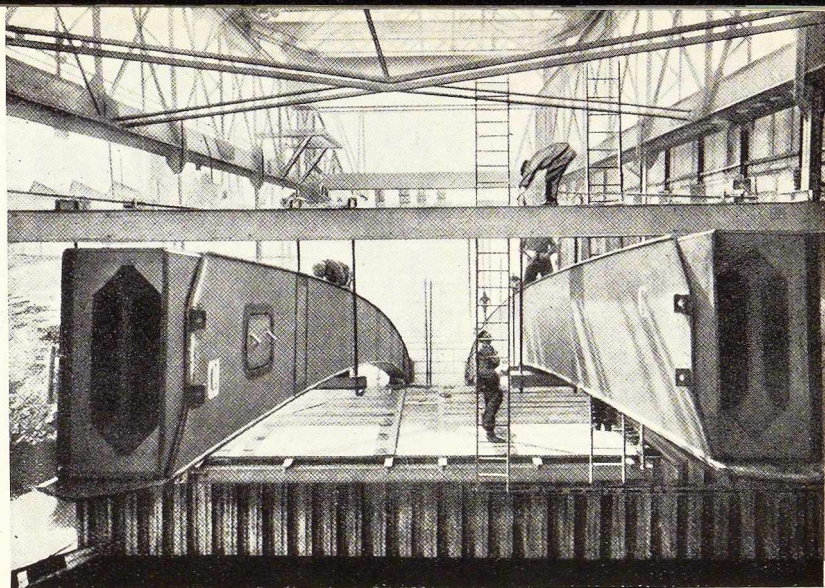


Fig. 230. Montage des arcs métalliques.

ont été assurées par le service des Ponts et Chaussées du Département de la Seine. M. BIGOR, architecte en chef du Gouvernement, membre de l'Institut de France, a établi les études architecturales.

L'usinage de la charpente de l'ouvrage a été réalisée aux ateliers des Etablissements DAYDE à Creil et aux usines de Fives de la Compagnie de FIVES-LILLE, sensiblement par moitié. Le montage a été exécuté par les Etablissements DAYDE pour le compte commun des deux constructeurs; commencé en avril 1938, il a pu être terminé — sauf les raccords — en juin 1940. Alors que l'exécution de la tranche aval avait nécessité environ sept mois de délai, la tranche amont a pu être réalisée avant septembre 1939 en quatre mois et la tranche milieu, malgré la guerre, en quatre mois et demi.

La guerre et l'occupation ennemie ayant considérablement retardé les travaux de génie civil, l'ouvrage n'a pu être mis en service sur la totalité de sa largeur, avec sa chaussée définitive, qu'en décembre 1942.

En raison des circonstances, les épreuves réglementaires de la totalité de l'ouvrage n'ont pu être effectuées; ces épreuves nécessitaient des moyens qu'il était impossible de réunir; ces épreuves n'auraient fait qu'apporter la confirmation pure et simple de la bonne tenue de l'ouvrage, qui n'a donné lieu, jusqu'à présent, à aucun aléa.

BIBLIOGRAPHIE

- A. HOUEL, *Travaux*, décembre 1940.
- J. MACAREZ, *Génie Civil*, 15 janvier et 1^{er} février 1943.
- J. BESNARD et J. CAMPART, *Institut technique du Bâtiment et des Travaux publics*. Circulaire, série G, n° 8, 28 avril 1944.

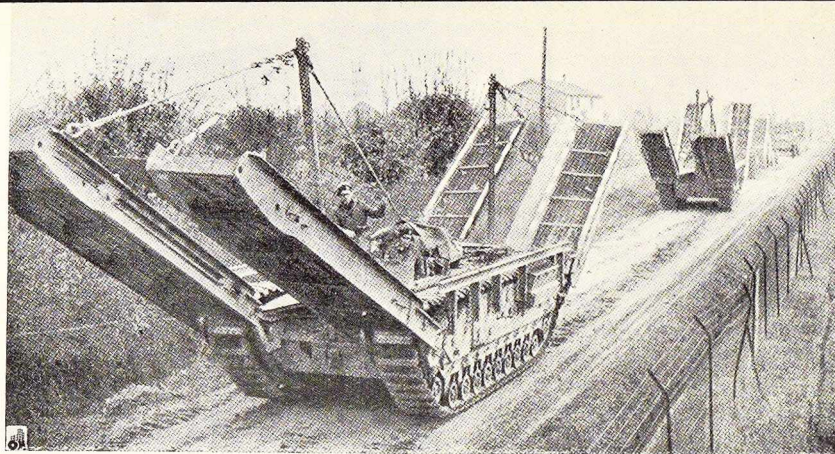
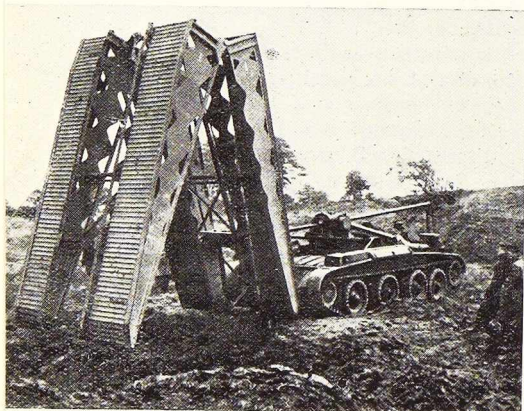


Fig. 231. Ponts mobiles du type « Arche » utilisés par les blindés britanniques pour permettre aux chars de franchir les fossés anti-tanks jusqu'à 3 mètres de profondeur.

L'acier au service des armées



Au cours de la deuxième guerre mondiale, les Alliés ont utilisé un important matériel mécanisé. L'acier a trouvé de nombreux champs d'application, notamment dans la construction de ponts de tous genres.

Fig. 232.

Ponts provisoires du type « Ciseaux » permettant aux chars de traverser des ouvrages d'art dont une travée est endommagée ainsi que des ravins.

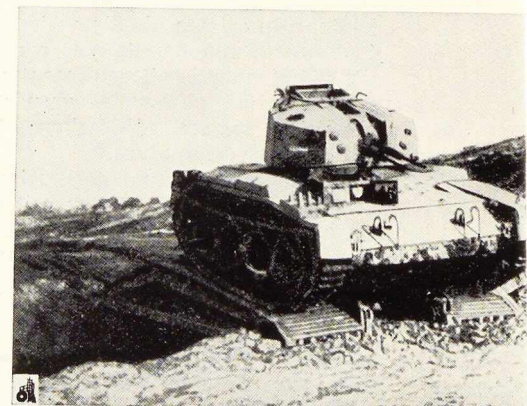


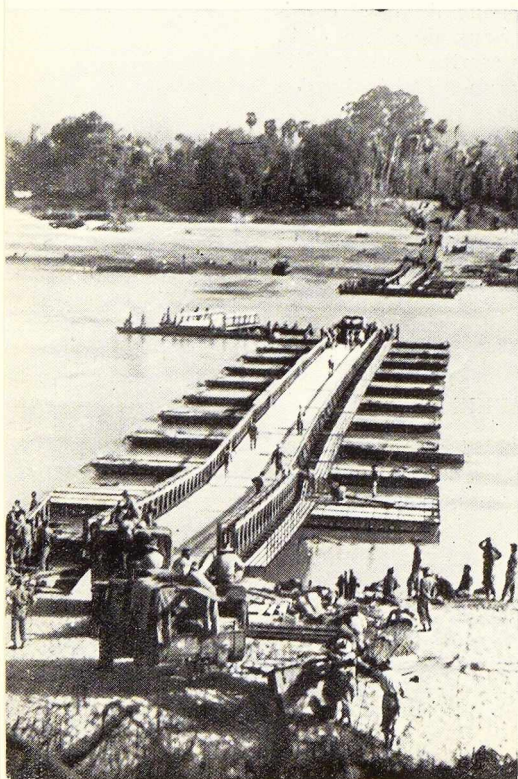
Fig. 233.

Lancement d'un pont Bailey de 330 mètres par la 14^e Armée britannique en Birmanie.

Tanks britanniques traversant une route endommagée, grâce à des rampes en acier.

Fig. 234.

Fig. 235.



A côté des ponts Bailey permettant de franchir des portées relativement considérables, les Alliés ont eu recours à d'autres moyens de passage des tranchées et ravins dont la largeur était de l'ordre de 10 mètres. Il s'agit de tanks-pontoniers, qui ont rendu de grands services, spécialement pendant la campagne d'Italie. Les photographies de cette page donnent quelques exemples de ces engins.



(Photos British War Office)

Le pipe-line « Pluto »

Origine

Parmi les secrets militaires jalousement gardés par les Britanniques, un des plus importants est constitué par le pipe-line, sous la Manche, désigné par le terme PLUTO (Pipe-Line Under The Ocean).

L'idée originale de ce « pipe-line » sous-marin est attribuée à Lord MOUNTBATTEN, Chef des Opérations combinées de débarquement. Suite à sa suggestion, M. A. C. HARTLEY, ingénieur en chef de la *Anglo-Iranian Oil Company*, a estimé qu'un pipe-line pouvait être posé si l'on suivait les méthodes de pose de câbles transatlantiques. M. Lloyd, Ministre chargé des questions pétrolières a immédiatement autorisé la construction d'un tronçon expérimental d'une conduite de 50 mm de diamètre qui a été réalisé avec la collaboration de la firme Siemens Frères de Woolwich.

Ainsi a commencé le premier pipe-line sous-marin. Une quinzaine de jours plus tard, le tronçon expérimental de conduites de 50 mm de diamètre fut achevé et posé à travers la Tamise par un bateau poseur de câbles. Les résultats furent si encourageants qu'après consultation avec Lord MOUNTBATTEN et les représentants des trois services, M. Lloyd a fait un rapport sur le problème au Premier britannique. M. CHURCHILL lui a donné des instructions d'activer le travail et a promis son appui personnel. Le ravitaillement en essence des forces alliées après le débarquement sur le Continent a été reconnu comme un des problèmes les plus importants de la guerre et la solution par le pipe-line permettait d'éviter la perte de vies humaines, car l'ennemi aurait fait tout pour empêcher l'arrivée du carburant par bateaux.

Deux systèmes constructifs entièrement diffé-

rents ont été adoptés. Le premier conçu par analogie avec un câble téléphonique transatlantique comprend une canalisation souple en plomb armé, le second est en tubes d'aciers.

Canalisation en plomb armé

Cette canalisation dite « Hais » (Système Hartley Anglo-Iranian Oil Company, Siemens) a été difficile à résoudre, ces problèmes étant tout à fait différents de ceux relatifs aux câbles transatlantiques. Finalement, le projet initial de 50 mm de diamètre fut modifié et un diamètre de 75 mm a été adopté au lieu du diamètre initial. Un tronçon expérimental a été posé en décembre 1942 à travers le canal de Bristol, de Queen's Dock (Swansea), jusqu'à Watermouth. Les conditions de courants et de marées dans le canal de Bristol ressemblaient très fort à celles existant dans la

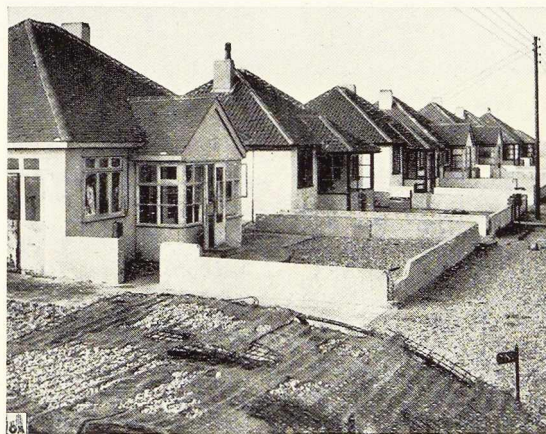


Fig. 236. Stations de pompage camouflées en cottages.

Manche. A l'origine la conduite avait été faite en plomb et posée sous une pression interne dans le but d'éviter des déformations. Cela a produit des difficultés considérables qui ont été toutefois surmontées, grâce au travail des firmes chargées de l'entreprise.

La figure 238 montre une section d'une conduite Hais ayant un diamètre théorique de 75 mm et un diamètre réel de 78 mm. Bien que la section transversale de cette conduite plus large soit seulement 2,25 fois plus grande que celle de la conduite originale de 50 mm de diamètre, le frottement réduit résultant de l'accroissement du diamètre permet un débit d'essence trois fois supérieur que dans la petite conduite. L'épaisseur de la paroi en plomb est de 5 mm. Les revêtements protecteurs successifs comprennent : deux couches de ruban de papier et une de coton, tous enroulés

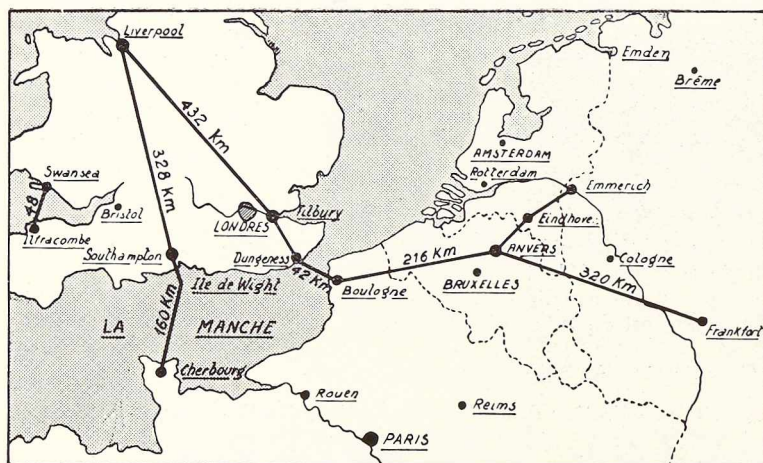


Fig. 237. Plan général du réseau des pipe-lines reliant l'Angleterre au continent.

et imprégnés de bitume; au-dessus du ruban de coton on a posé quatre couches de feuilards en acier de 50 mm de largeur et de 0,5 mm d'épaisseur. Dans le projet original, cette armature en feuilards d'acier était appliquée en deux couches, chacune consistant en deux rubans placés côte à côte. L'expérience a montré que les couches étaient susceptibles de modifier leur position relative lorsque le câble était plié. De cette façon, il y avait un risque de dénuder le fourreau de plomb entre les rubans lorsque la pression intérieure complète était appliquée. Cette méthode a été abandonnée par conséquent en faveur de quatre enroulements simples à recouvrement. Ceci est fait en les coupant en sifflets et en les soudant ensemble. Au-dessus des feuilards, il y a une toile de jute formant couche de fond pour l'armature extérieure, composée de fils en acier galvanisé et enrobé dans du bitume. Les fils ont un diamètre de 5 mm avec une résistance de 40-48 kg/mm². La couche finale consiste en une toile de jute bitumée. Le diamètre total du câble est de 114 mm et il pèse, rempli d'eau, pour la pose, environ 36 tonnes par km. Dans sa forme finale, le câble Hais, qui a été fait en longueurs de 48 km, devait résister à une pression de travail de 105 kg/cm², mais lorsqu'on l'a essayé jusqu'à la destruction, la pression d'éclatement a atteint 245 kg/cm². Pendant les essais, une partie des câbles a été immergée assez profondément dans l'eau pour provoquer l'affaissement des gaines de plomb en dépit de la pression intérieure qui a été maintenue durant la pose. L'eau de mer a pénétré à l'intérieur de la conduite, à travers les couches de jute,

l'armature et les différentes couches de ruban. Le plomb ne s'est toutefois pas fissuré, et lorsque la pression de travail complète a été appliquée, le fourreau qui s'était affaissé est revenu à sa section circulaire primitive, ce qui est un témoignage de la qualité du plomb étiré. Les machines fabriquant l'armature des câbles aux Usines Callender travaillaient 24 heures par jour et 7 jours par semaine. Pour produire 400 km de câbles, il a été mis en œuvre 6.893 tonnes de plomb, 2.500 tonnes d'acier, 4.250 tonnes de fil d'acier galvanisé, 250.000 mètres de toile de coton, 240 tonnes de jute et 1.100 tonnes de produits bitumineux.

Au total, les conduites Hais ont exigé quelque 12.000 tonnes de plomb et 5.600 tonnes d'acier (feuilards et fils).

Pendant qu'on procédait à l'armature des câbles, il était nécessaire de maintenir une pression dans les conduites Hais en vue d'empêcher tout affaissement. Aucune pression n'était nécessaire durant l'étirage, mais chaque longueur de conduite, lorsqu'elle était terminée, était soumise à une épreuve de pression de l'air de 5 kg/cm² pendant 24 heures. Lorsque la conduite subissait cette épreuve avec satisfaction, la pression d'air était réduite à 1,8 kg/cm² pendant qu'on procédait à l'armature. Pendant la pose des conduites, elles étaient remplies d'eau à une pression de 14 kg/cm² en vue de contrecarrer l'effet de la poussée extérieure et de consolider les différents revêtements protecteurs.

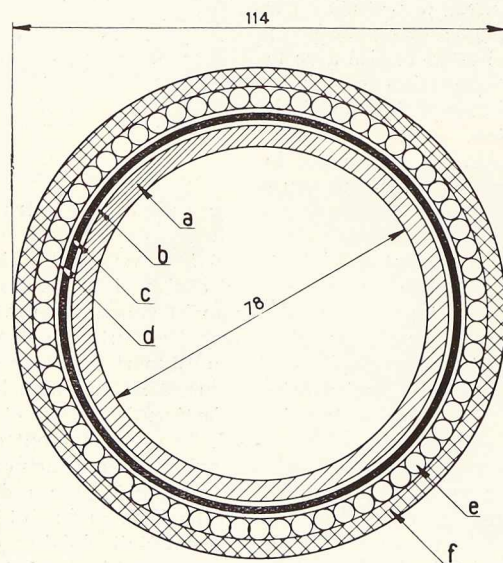


Fig. 238. Section de la conduite Hais :

a. plomb; b. rubans de papier et de coton; c. feuilards; d. jute bitumineux; e. fils d'acier; f. jute bitumineux.



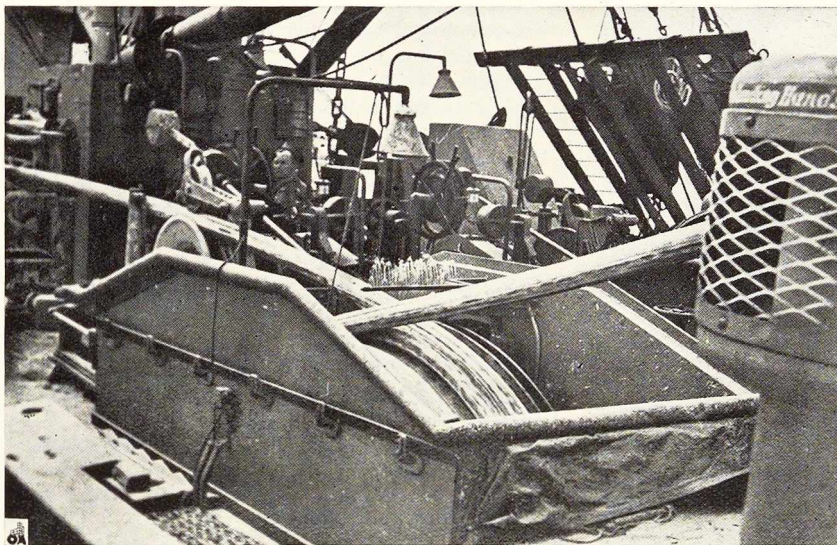


Fig. 239. Essais de flexion des conduites Hamel.

Canalisation en tubes d'acier

Entre temps, un nouveau progrès a été accompli par la construction de la conduite HAMEL; elle a été le résultat d'une communication faite vers la fin du mois d'avril 1942 par M. B. J. ELLIS, Ingénieur en Chef de la *Burmah Oil Company*, en collaboration avec M. H. A. HAMMICK, Ingénieur en chef de la *Iraq Petroleum Company*, lesquels ont proposé de travailler tous deux avec le *Petroleum Warfare Department*. Ils ont employé une conduite en acier faite de tronçons de faible longueur

soudés bout à bout et enroulés sur un tambour. (Le nom de HAMEL a été formé des premières syllabes des noms des inventeurs, Hammick et Ellis.)

Après des essais faits au Laboratoire de Physique de Teddington, il fut reconnu que les tronçons de 6 mètres de longueur convenaient le mieux. On a adopté des conduites en acier de 75 mm. de diamètre, assemblés par soudure. De telles conduites sont suffisamment souples pour être bobinées sur des tambours ayant au moins 9^m50 de diamètre.

La mise au point des conduites Hamel a soulevé

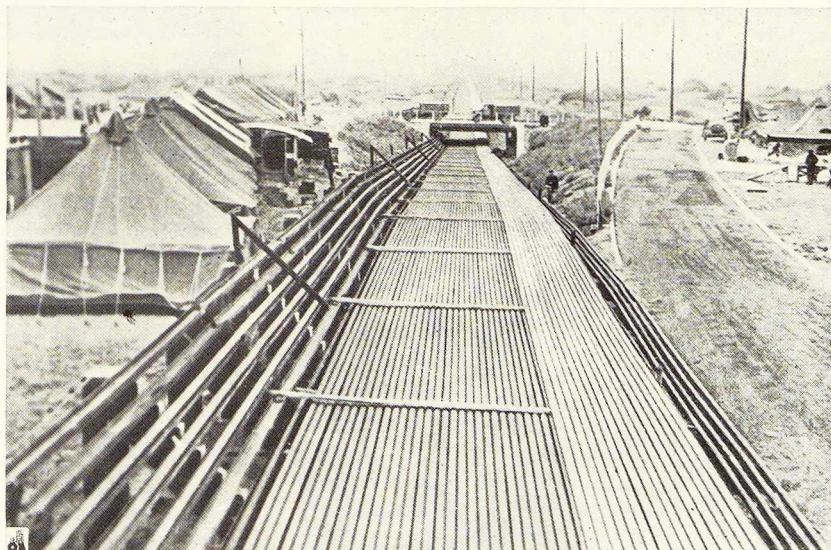


Fig. 240. Stockage des conduites Hamel aux docks de Tilbury, en Angleterre.

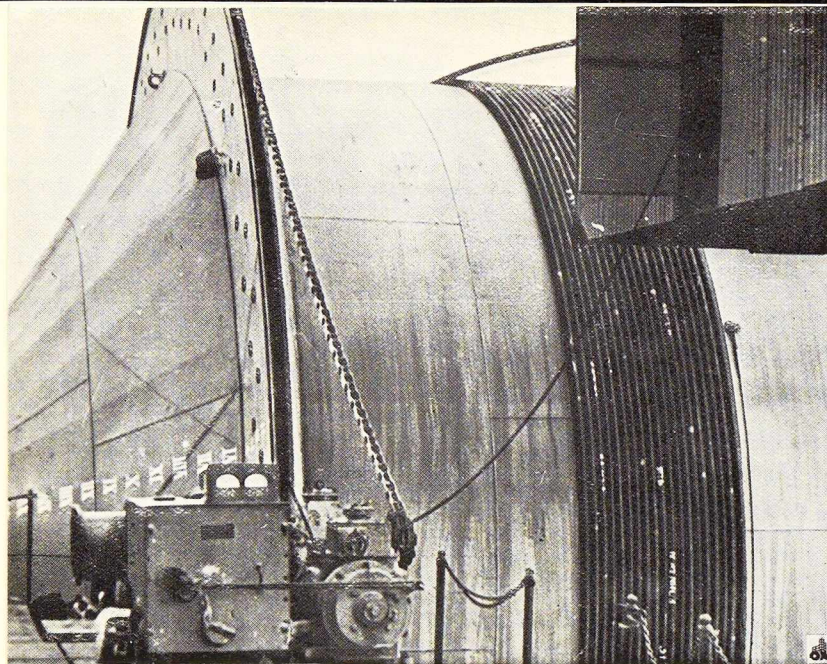


Fig. 241. Enroulement des conduites en acier sur un tambour.

des problèmes techniques délicats. En effet, l'idée de bobiner des conduites en acier sur un tambour paraissait, au début, assez révolutionnaire et exigeait des preuves expérimentales avant d'être mise en pratique. Le travail de recherches nécessité par ce problème commença en juillet 1942 aux Usines STEWARTS & LLOYDS, Ltd, où des tronçons de conduites soudées à la main furent essayés. L'essai consistait à poser des conduites sur les terrains, à soulever une extrémité en l'air en l'attachant à la benne d'une pelle mécanique.

Il a été constaté que le tronçon de conduite soudée résistait avec satisfaction à cette épreuve. On devait ensuite procéder à l'essai de la résistance des conduites aux déformations consécutives à leur enroulement sur le tambour, ainsi qu'à leur dé-

Fig. 242. Pose d'une vanne du pipe-line terrestre à Boulogne, en octobre 1944.



roulement. Dans ce but, on avait fabriqué une roue horizontale de 9^m10 de diamètre, avec une gorge suffisamment profonde pour une demi-douzaine de spires. Cette roue était montée par son axe vertical à côté d'une voie de chemin de fer et pouvait être mise en rotation lente au moyen d'un câble entourant la périphérie et attaché à une locomotive se déplaçant sur la voie. La course de la locomotive provoquait l'enroulement de la conduite. Ces essais se sont révélés concluants et ont démontré la parfaite flexibilité de la conduite en acier.

Le travail expérimental et le développement de la production technique furent confiés aux Usines STEWARTS & LLOYDS et aux Acieries CORBY. La tuyauterie utilisée pour le pipe-line avait un diamètre de 75 mm et une épaisseur de 5 mm. Les conduites provenaient de l'Usine de Glasgow de la Société STEWARTS & LLOYDS en tronçons de 6 à 7^m30 et des Usines de CORBY en tronçons de 12 m.

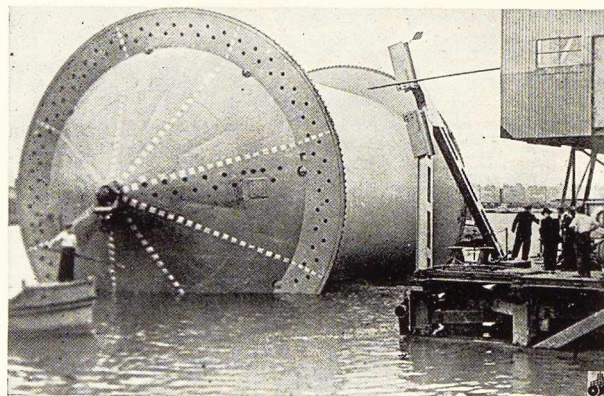


Fig. 243. Tambour flottant pour l'enroulement des conduites en acier.

Ces tronçons furent assemblés par des soudures bout à bout (par étincelles) en utilisant des machines à souder de l'A. I. WELDING COMPANY. Environ 5 % de toutes les soudures furent soumis aux essais destructifs, la rupture avait toujours lieu dans le métal de base et non dans le métal d'apport. Soumise aux épreuves hydrauliques, la conduite Hamel s'est rompue sous une pression de 565 kg/cm².

Pendant qu'on procédait à des travaux préliminaires, on aménageait un chantier aux docks de Tilbury pour la fabrication des conduites destinées au pipe-line. Ce chantier possédait deux installations de fabrication A et B, chacune contenant 7 lignes de soudure. Les tubes étaient amenés par chemin de fer. La manutention des conduites se

faisait au moyen de transporteurs. Le chantier possédait des chevalets de stockage prévus pour 600 km de conduites. La soudure des conduites Hamel se faisait de la façon suivante : chaque tronçon de conduite se dirigeant vers le tambour suivait un chemin droit à travers l'atelier. Les machines à souder étaient placées d'un côté de cette ligne droite; de cette façon, la conduite était mise latéralement dans la machine à souder et retournait ensuite à son alignement primitif. L'usine de Tilbury a commencé la production dans l'atelier le 9 mars 1943. Les premiers 32 kilomètres de conduites soudées de 7,5 cm de diamètre furent enroulés dans l'atelier sur un tambour monté à bord du navire H.M.S. PERSEPHONE. Entre temps en juin 1943, commençait la construction du premier tambour flottant. Le travail à l'atelier B fut mis en route en septembre 1943 et la première soudure effectuée le 3 février 1944. La soudure des conduites en tronçons de grande longueur continua jusqu'en septembre 1944. Au total, il fut exécuté près de 200.000 soudures; 17.000 tonnes de conduites en acier de 75 mm de diamètre furent assemblés pour former 1.550 km de canalisations, composées de 1.338 tronçons de 1.150 mètres environ, pesant près de 13 tonnes. Les tambours flottants utilisés pour la pose du pipeline furent au nombre de six. Leur fût de forme cylindrique, avait un diamètre de 12^m20 et une longueur de 18^m30. Des bords, de 1^m50 de profondeur, furent soudés au tambour, l'ensemble constituant une énorme bobine pour l'enroulement des conduites en acier. Les conduites étant livrées en longueurs de 1.200 mètres, il y avait lieu de procéder à la soudure des tronçons, la durée de cette opération étant de 5 minutes seulement. Généralement, les tambours portaient 130 km de conduites bobinées en 6 jours. Pour la pose des conduites Hamel, le tambour était traîné par deux remorqueurs.

Mise en place des différents pipe-lines

Au lendemain du débarquement allié et aussitôt que les approches de la presqu'île du Cotentin furent débarrassés des champs de mines mouillées par les Allemands, PLUTO entra en action et presque immédiatement des stations de pompage furent installées en Normandie. Bientôt la pose des tuyaux au fond de la mer, dont la profondeur atteint 55 mètres, put commencer.

Le premier pipe-line du type Hais établi, traverse la Manche en un des points où elle a 160 km de largeur. Bientôt quatre pipe-lines furent posés à cet endroit; il y avait tout intérêt à en établir de nouveaux dans l'endroit le plus étroit, aussitôt que la chose serait possible. Cette éventualité se

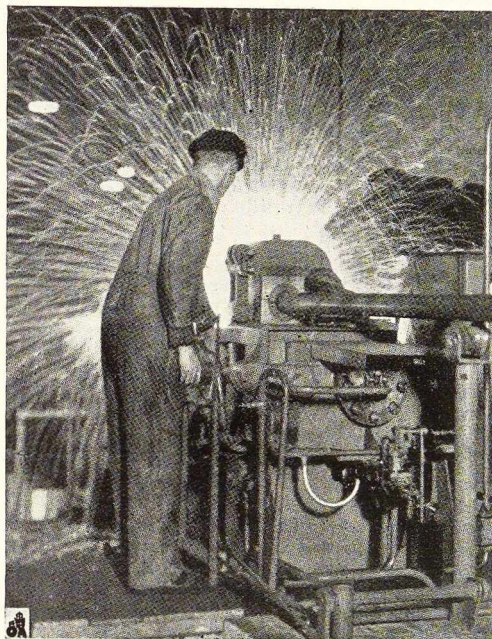


Fig. 244. Soudeuse électrique utilisée pour l'assemblage des conduites en acier.

présenta après la prise de Boulogne et le nettoyage du grand champ de mines installé par l'ennemi entre cette ville et le phare de Dungenen. De Boulogne d'ailleurs, le réseau des pipe-lines Hamel fut ensuite continué à terre par les soins des unités du génie britannique, d'abord jusqu'à Anvers, puis jusqu'à Eindhoven et Emmerich. A partir d'Anvers, un deuxième réseau fut installé à travers la Belgique vers l'Allemagne et finit par atteindre Francfort. Très rapidement, on put ainsi pomper quotidiennement plus de 4.000.000 litres de carburant de Liverpool au Rhin. Entre le jour du débarquement et le jour de la capitulation allemande, les différentes armées alliées reçurent, par cette voie, près de 500.000 tonnes de carburant.

Les services de l'armée britannique avaient créé une unité spéciale chargée de veiller à la sécurité du réseau, ainsi qu'à son bon fonctionnement.

Les photographies qui illustrent cet article nous ont été obligeamment communiquées par la Section d'Information de l'Ambassade de Grande-Bretagne à Bruxelles.

BIBLIOGRAPHIE

- Engineering*, 1, 8, 15, 22 et 29 juin 1945.
Welding, juillet 1945.
The National Builder, juillet 1945.

Construction de ponts-rails militaires

Lors de l'avance rapide des Alliés en Europe occidentale en 1944 et 1945, le Génie militaire américain utilisa à côté des ponts Bailey des profils européens pour la réfection de ponts-routes et de ponts de chemins de fer. Les ponts de chemins de fer devaient être capables de porter un train de marchandises attelé de 2 locomotives du type 2-8-0 avec 16 tonnes de charge par essieu-moteur.

Le présent article donne des détails techniques sur la construction de ces ponts militaires.

Comme maîtresses poutres, le génie adopta les poutrelles à larges ailes et ses services techniques emploient généralement des Hr 100; on place trois poutrelles par rail pour les portées de 30 mètres, deux pour les portées de 24 mètres et une pour celles de 17 mètres. Les traverses en bois sont fixées aux poutrelles au moyen de boulons à crochet. Les poutrelles doubles ou triples sont réunies entre elles par soudure intermittente des ailes. Les groupes de poutrelles sont entrecroisés par deux fers U réunis entre eux par deux cornières. On soude des cornières sous l'aile supérieure des poutrelles intérieures, formant avec les U des entretoises un contreventement horizontal (voir fig. 248). On avait préparé à l'atelier trois types d'entretoises pour 2, 4 et 6 poutrelles, pouvant servir aussi pour des poutrelles de 80 et 90 cm. de hauteur, employées pour les portées inférieures à 17 mètres.

Les piliers de ponts, de hauteur variable suivant les lieux devaient être préparés d'avance et se monter rapidement. En collaboration étroite avec le génie de l'armée américaine, les Etablissements Paul Wurth à Luxembourg créèrent un tronçon de pilier standard interchangeable. Juxtaposés ou superposés, ces tronçons permettaient l'érection de piliers dont la hauteur pouvait varier de 3^m50 à 24^m50 et plus. Le tronçon standard est représenté à la figure 247. L'élément principal *a* est un panneau soudé, ayant comme montants des poutrelles à larges ailes (Hx 24) de 7 mètres de long, entretoisés de cornières et pesant 1.570 kg. Sur les deux bouts des montants sont soudées des plaques de 20 mm d'épaisseur avec 4 trous de boulon, servant à les réunir entre eux, à les fixer sur les traverses de base et à y fixer les cadres de tête. Cet élément

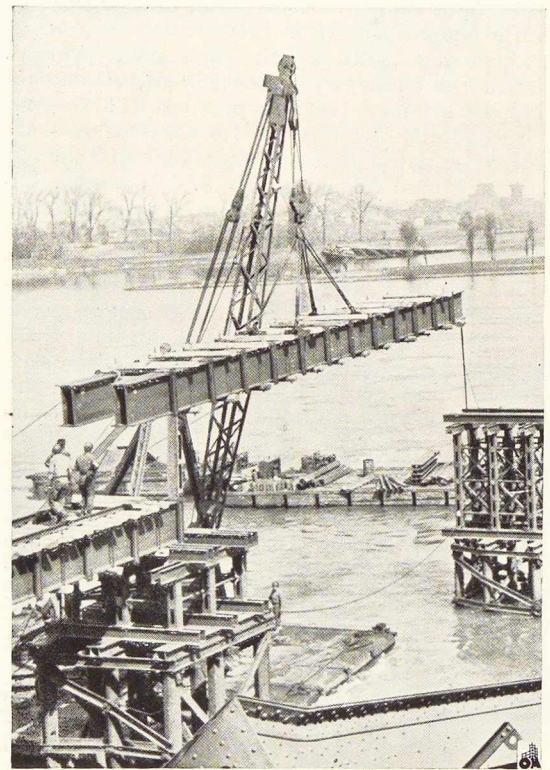


Fig. 245. Montage d'un pont-rails militaire.

est doublé par un élément semblable *b*, mais qui n'a que 3^m50 de hauteur. La hauteur des piliers varie donc par échelons de 3^m50, les hauteurs intermédiaires sont obtenues en variant la hauteur du bloc en béton qui forme fondation. Ces panneaux reposant sur des éléments de base, sont réunis par cinq types d'entretoises boulonnées au montage et portent les éléments de tête qui distribuent la charge des poutres du pont sur les montants des piliers. Les entretoises horizontales sont formées par deux cornières. Ces T sont boulonnés sur l'aile ou sur l'âme des montants selon le type de pilier et portent des trous pour recevoir les diagonales dont il n'existe qu'un type *c*, une simple cornière avec deux trous de boulon à chaque bout. Il y a des horizontales



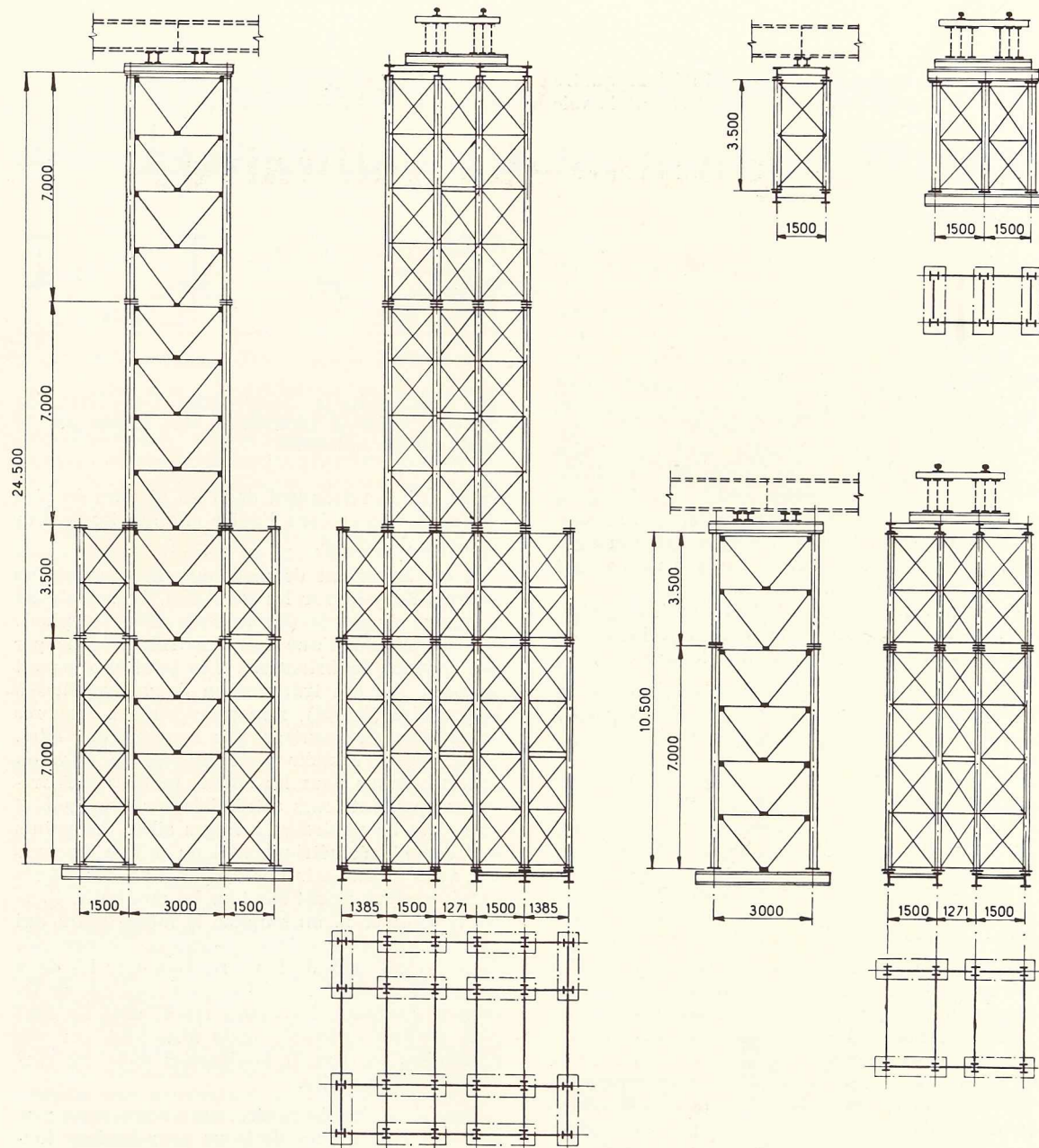


Fig. 246. Vue schématique de quelques types de piliers.

du type *e* qui peuvent recevoir quatre diagonales et d'autres du type *d* qui n'en portent que deux. On a créé encore deux contreventements du type *f* en triangle avec des T à chaque coin, l'un plus large que l'autre.

La figure 246 représente quelques types d'appui.

Pour les types A et B (hauteur de 3^m50 et 7 mètres) on dispose trois panneaux dans le sens de la voie sur des traverses de base. On les relie entre eux par des horizontales boulonnées sur les ailes et des diagonales.

Pour les types C et D (hauteur de 10^m50 et

14 mètres) on dispose à l'étage inférieur quatre panneaux perpendiculairement au sens de la voie sur les mêmes traverses, posées dans le sens de la voie. On ajoute une seconde série de quatre panneaux. Dans le sens de la voie, les panneaux sont reliés par les entretoises en triangle boulonnées sur les ailes et qui forment un contreventement en K. Dans l'autre sens, ils sont reliés par des horizontales boulonnées sur l'âme et des diagonales.

Pour augmenter la hauteur et avoir une stabilité latérale suffisante, on dispose autour des quatre panneaux inférieurs, placés comme avant sur des traverses, huit panneaux en plus, dont quatre orientés dans le sens de la voie et quatre autres perpendiculairement (types E, F, G). Pour les relier, certaines horizontales sont boulonnées d'un côté sur l'âme et de l'autre côté sur l'aile des montants. Pour relier entre eux les panneaux extérieurs orientés dans le sens de la voie, il faut employer des entretoises triangulaires plus larges que les autres, parce qu'elles sont boulonnées dans l'âme des montants.

Pour augmenter encore la hauteur, il faut élargir la base et disposer une nouvelle ceinture de panneaux sur des traverses plus longues.

Les éléments de base sont des poutrelles à larges ailes, renforcées par des nervures qui portent sur une aile des plaques avec les groupes de

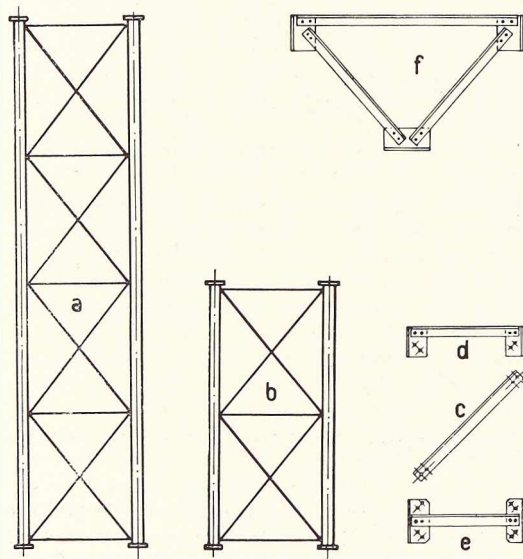


Fig. 247. Eléments constitutifs des piliers.

a : montant de 7 mètres, b : montant de 3m50, c : diagonale, d et e : horizontales pouvant recevoir deux ou quatre diagonales; f : contreventement en triangle.

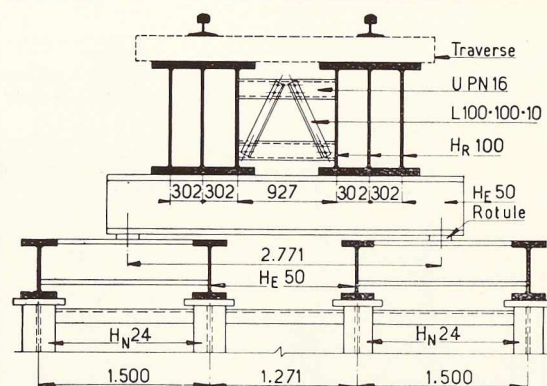


Fig. 248. Détails constructifs des têtes de piliers. Noter la répartition des forces par le système de balancier.

trous qui se retrouvent dans les plaques de pied des montants et dans l'autre aile des trous pour boulons d'ancrage.

Il est important de distribuer les charges des poutres de pont sur les montants. Pour les piles à quatre montants (hauteur de 10^m50 et plus), cela est réalisé d'une manière irréprochable par un système de balanciers. Les poutres de pont reposent sur des traverses en deux poutrelles à larges ailes (H_E 50), renforcées par des nervures et réunies au montage par soudure des ailes. Elles y sont soudées pour les appuis fixes ou glissent dessus pour les appuis mobiles. Les traverses appuient leurs extrémités sur deux points de cadres en poutrelles à larges ailes. Ces points se trouvent géométriquement au milieu des axes des quatre montants et la répartition des efforts se fait uniformément sur tous les montants. Dans les types A et B, on emploie le même cadre qui répartit l'effort sur trois panneaux. Le panneau intérieur est chargé plus fortement que les deux panneaux extrêmes. Les traverses sont encore les mêmes que pour les autres types, elles ne sont plus soudées ensemble mais distancées par des entretoises en fers U boulonnées dans les nervures des poutrelles.

Dans tous les éléments, nous retrouvons partout le même groupe de trous pour boulons toujours identique, ce qui permet de relier à un même endroit des éléments différents. Les panneaux peuvent être retournés dans tous les sens, les groupes de trous se présentent à tous les éléments qui viennent s'y fixer. Il est évident qu'à l'extérieur des piliers les trous restent vides.

Notons pour terminer, que de nombreux ponts-routes ont été également construits d'après le même principe, les profils employés pour les ponts-routes étant évidemment plus légers.



La soudure oxy-acétylénique des canalisations d'acier dans le bâtiment

par G. Ancion,

Directeur de l'Oxyhydrique Internationale

La reconstruction immobilière va poser, dès qu'elle pourra être amorcée, des problèmes qui préoccupent très sérieusement les sphères dirigeantes intéressées. Il faudra aller vite, construire à bon compte et de préférence avec des matériaux disponibles dans le pays, adopter des solutions constructives incorporant une quantité de main-d'œuvre aussi réduite que possible, en raison de sa pénurie probable. Cependant, il faudra se garder de tomber dans le travers qui consisterait à ériger des constructions, hâtivement et sous une forme essentiellement provisoire, qui risqueraient fort de durer quelque dix ou vingt ans.

L'attention des architectes et des ingénieurs a été surtout attirée jusqu'ici par les problèmes de la structure même de l'immeuble. Ils se sont généralement moins préoccupés, semble-t-il, de l'aménagement des diverses canalisations : eau, gaz, chauffage, évacuation, etc... qui représentent cependant une part très appréciable de la main-d'œuvre requise pour achever l'habitation.

Divers matériaux ont été proposés pour l'établissement de ces canalisations. Parmi eux se place l'acier; produit essentiellement national et disponible dans la métropole, l'acier se caractérise par son prix avantageux, sa résistance et sa limite d'élasticité relativement élevées, les grandes longueurs droites suivant lesquelles il peut être fourni, sa facilité de transport et de manutention et enfin, son excellente soudabilité. Cette dernière présente une importance qui ne peut être sous-estimée, car il en découle la possibilité d'assemblage par soudure autogène.

Or, si l'on veut tirer complètement parti des avantages de l'acier et, grâce à ses caractéristiques, atteindre pleinement les buts que nous signalons ci-dessus, il faut presque obligatoirement recourir à l'assemblage par soudure. L'adoption de ce procédé amène un autre avantage complétant les précédents : la facilité d'assemblage sur place.

C'est à la soudure oxy-acétylénique que nous faisons allusion ici, procédé spécialement approprié à l'assemblage des éléments tubulaires et tout

particulièrement indiqué pour les travaux sur chantier; l'adjonction aisée du chalumeau coupeur intervient, elle aussi, en facilitant la préparation des assemblages, aussi bien en atelier que sur chantier, et en permettant par la suite les travaux de démontage, de réparation et de modification.

Quelles sont les objections encore opposées par certains installateurs à l'emploi de la soudure ?

a) La canalisation soudée est monobloc et, par suite, non démontable. Nous répondrons qu'il est aisé, et d'ailleurs recommandable, de prévoir un petit nombre de joints mécaniques démontables. En tout cas, les modifications éventuelles d'une installation peuvent se faire aisément, même en l'absence de joints mécaniques, par l'emploi de l'oxy-coupage qui s'effectue d'ailleurs, au chalumeau près, avec le même matériel que la soudure.

b) La main-d'œuvre doit être formée en vue de la soudure. C'est évident, mais cela ne présente pas de difficulté réelle. D'ores et déjà, des cours professionnels de soudure ont été créés, et les écoles professionnelles ayant organisé des cours de montage de chauffage central y enseignent la soudure. (C'est le cas par exemple de l'Ecole de Mécanique et d'Electricité de la Ville de Bruxelles.) D'autre part, des patrons avisés ont enseigné eux-mêmes la soudure à leurs monteurs, en organisant un apprentissage. L'expérience a prouvé que pour les deux cas, de très bons résultats étaient obtenus. Il ne faut d'ailleurs pas exagérer la charge que représente cette formation. Comme beaucoup de spécialistes et notamment M. Meslier⁽¹⁾ l'ont fait remarquer à propos du chauffage central, le monteur de canalisations dans le bâtiment ne doit pas être un soudeur « complet », mais un soudeur spécialisé dans l'assemblage des tuyauteries; pourvu que l'on parte d'éléments jeunes et malléables ayant une expérience de quelques années comme monteurs, leur apprentissage peut être de courte durée.

c) La formation de gouttes de métal à l'intérieur

⁽¹⁾ Les numéros entre parenthèses renvoient à la Bibliographie à la fin de l'article.



du tuyau compromet le passage du fluide qui le traverse et augmente les pertes de charge. A notre avis, cette objection se trouve automatiquement éliminée si l'on répond à la précédente, car si le soudeur est convenablement entraîné, il ne doit pas « faire de gouttes ». Il existe d'ailleurs divers moyens, suivant le cas, d'empêcher la formation de ces gouttes : bague intérieure pour les jonctions en ligne droite, raccords soudables dans les autres cas, mais ils ne nous paraissent pas indispensables.

Il est bon de noter, d'autre part, que les gouttes rencontrées en pratique ne paraissent pas occasionner de pertes de charge mesurables, même pour le cas de tuyaux de faible diamètre. Il résulte, en effet, d'une longue série d'essais effectués en France par une commission de spécialistes du chauffage central (2) en présence de représentant d'organismes de contrôle tels que le Bureau Veritas, qu'aux vitesses d'écoulement généralement en usage dans les tuyaux de chauffage central, il n'y a pas lieu de tenir compte des joints dans le calcul des pertes de charge.

En face de ces objections, auxquelles il est parfaitement possible de répondre comme nous venons de le voir, quels sont les avantages de l'assemblage soudé ?

a) Possibilité d'emploi de tuyaux plus minces par suite de l'utilisation de toute l'épaisseur de la paroi du tube, contrairement au cas des tubes filetés dont seule l'épaisseur utile, c'est-à-dire à fond de filet, peut être considérée dans les calculs.

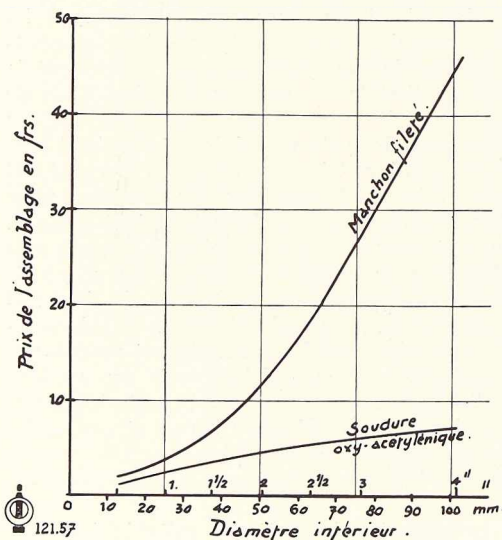


Fig. 249. Prix moyen des assemblages par manchon fileté et par soudure bout à bout.

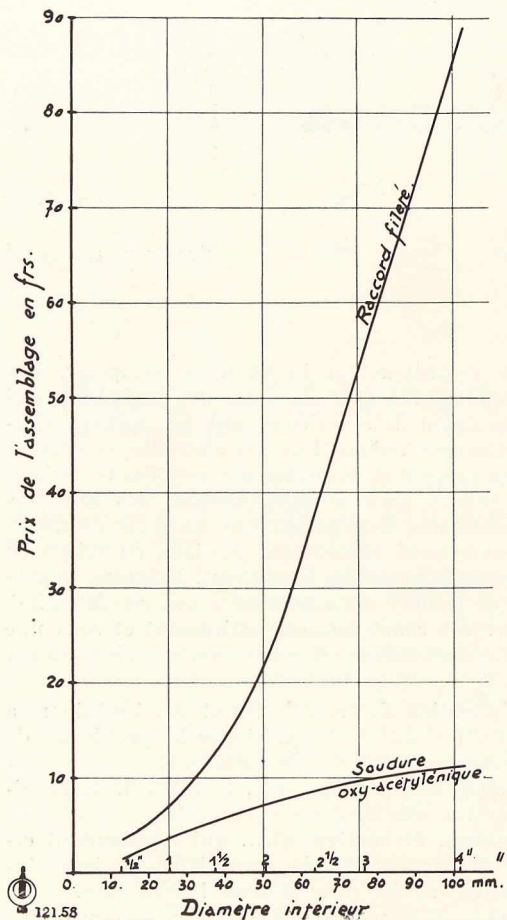


Fig. 250. Prix moyen des assemblages en T symétrique par raccord fileté et par soudure.

On conciliera facilement l'emploi des tubes minces, par exemple de tubes bouilleurs, avec la nécessité de quelques joints démontables en fixant par soudure aux extrémités à visser un manchon en tube gaz préalablement fileté. De tels manchons peuvent être exécutés en atelier et sont supérieurs aux manchons taraudés sur place.

b) Même à égalité d'épaisseur, et à fortiori par l'emploi pour le soudage d'un tube à paroi plus mince, *coût moindre de l'assemblage soudé* en raison d'une part, du prix élevé des raccords filetés, et d'autre part, de la main-d'œuvre plus importante nécessitée par ce mode d'assemblage (voir c). Nous reproduisons figures 249 et 250 des graphiques établis à cet égard sur la base des prix 1938; l'instabilité des prix actuels ne permet pas d'établir une comparaison d'une valeur sérieuse,



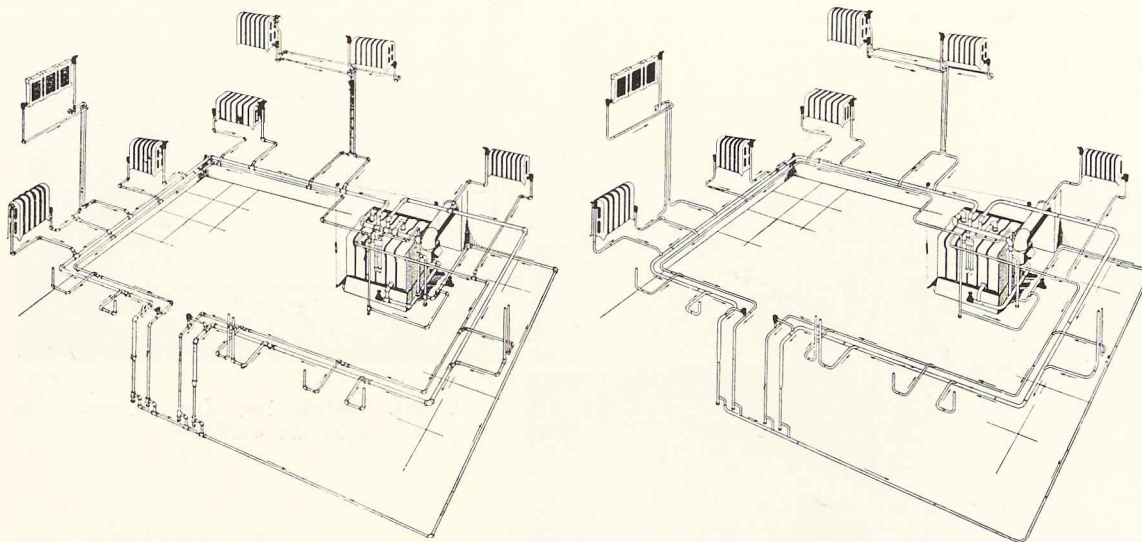


Fig. 251 et 252. Schémas comparés d'une installation de chauffage central à la vapeur assemblée par manchonnage et par soudure.

mais il est certain que l'avantage de l'assemblage soudé subsiste dans la même proportion. Les figures 251 et 252 font également ressortir, à titre d'exemple, la simplification résultant de la substitution de la soudure aux raccords filetés dans une installation de chauffage central.

c) *Main-d'œuvre* incorporée au travail d'assemblage *notablement réduite*. Il est indiscutable, en effet, que le temps nécessaire au taraudage, à l'ébavurage et au vissage du joint fileté est beaucoup plus élevé que celui nécessaire au soudage, et que cet avantage croît avec le diamètre du tuyau. Une telle considération est très importante lorsqu'on l'envisage sous l'angle de la reconstruction immobilière, ainsi que nous l'avons exposé dans notre introduction.

d) *Étanchéité et résistance*. Ces avantages sont bien connus et ce sont peut-être les plus importants. On se rappellera que la soudure oxy-acétylénique est généralement utilisée pour l'établissement des conduites de chauffage urbain et qu'elle l'a été notamment pour la réalisation de la conduite de vapeur alimentant la Ville de Verviers ⁽³⁾; de nombreux bâtiments industriels, commerciaux ou administratifs, sont pourvus d'installations soudées. Alors qu'aujourd'hui les éléments tubulaires de chaudières à 150 kg par cm² sont couramment soudés au chalumeau, il serait hors de saison d'émettre des craintes quant à la tenue en service du tuyau assemblé par ce procédé, et tout

autant d'imposer aux assemblages soudés, par exemple ceux des tuyaux de chauffage central, des modes de renforcement spéciaux dont l'expérience a prouvé l'inutilité.

e) *Aspect* : Les efforts des architectes tendant, avec raison, à laisser apparaître le moins possible les conduites, l'emploi de la soudure doit être considéré par eux avec faveur. Grâce à elle, en effet, les tuyaux restent lisses et les joints sont aussi peu apparents que possible.

f) *Souplesse d'utilisation de la soudure* : la tendance actuelle, tout au moins dans l'installation des bâtiments neufs, est à la préparation en atelier, donc à un prix de revient moindre, d'éléments préfabriqués par soudure, qui sont assemblés sur place par un petit nombre de joints, soit soudés, soit vissés. Il n'en reste pas moins de nombreux cas où des piquages, branchements, coudes, réductions doivent se faire sur place. L'emploi du chalumeau permet alors l'exécution de tous ces travaux avec un même matériel simple et peu encombrant. Une autre conception de l'installation réside dans l'emploi des « raccords soudables » dont il existe aujourd'hui différents types utilisés, notamment pour les tuyauteries de chauffage central : en acier, en fonte malléable décarburrée à cœur. L'emploi de ces raccords relève naturellement le poste « matières » du prix de revient, mais réduit le poste « main-d'œuvre », rend la soudure d'une exécution plus facile et d'un

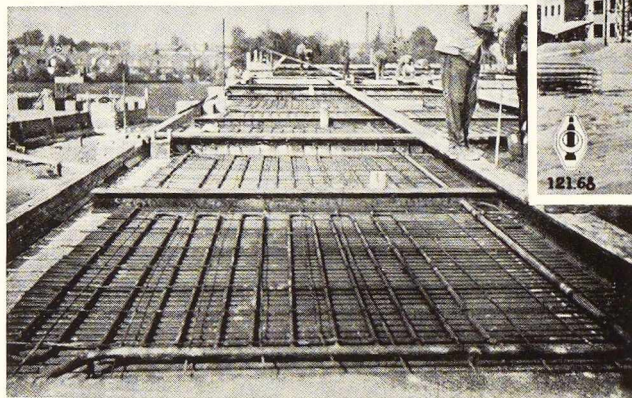


Fig. 253. Installation des casernes de Turnhout, système « Crittall ».

plus bel aspect, et dans le cas des piquages, évite qu'il subsiste des gouttes de métal d'apport à l'intérieur. Le choix de la réalisation, avec ou sans raccords soudables, dépend donc essentiellement de circonstances particulières et notamment de la qualité de la main-d'œuvre utilisée : c'est à l'installateur lui-même qu'il appartient de juger s'il doit ou non faire appel à l'emploi de ces raccords.

Application des tuyauteries d'acier soudées dans le bâtiment

1° Installations de chauffage central

L'emploi du tube d'acier noir pour ces installations a donné depuis longtemps toute satisfaction. Aucune corrosion ne se produit parce que l'eau ou la vapeur se déplace généralement en circuit fermé (la consommation d'eau d'appoint est négligeable même pour les installations de chauffage à la vapeur munies de purgeurs d'eau condensée).

Aux avantages signalés il faut ajouter, pour le cas spécial des conduites à vapeur ou d'eau surchauffée, la *facilité d'isolation*. En effet, les tuyaux étant lisses et les joints à peine apparents, le placement de revêtements calorifuges sur des joints soudés est incontestablement plus facile et plus économique; il peut être exécuté d'une manière plus complète et plus rationnelle.

Dans les installations de chauffage par rayonnement (4) l'assemblage par soudure est le seul qui

puisse être envisagé. Le fait de son utilisation pour des tuyaux conduisant de la vapeur à haute pression et qui, après épreuve à 50 kg par cm², sont enrobés dans la paroi ou le plancher (fig. 253), suffit par lui-même à témoigner de la confiance accordée à l'assemblage soudé par les exploitants de ces systèmes.

2° Conduites d'eau d'alimentation

Les tuyauteries destinées à l'eau d'alimentation peuvent être réalisées en plomb, en cuivre, en acier noir ou en acier galvanisé.

La tendance actuelle est à l'exécution en cuivre ou en acier noir et, pour les locaux où se produisent des condensations : salles de bains, cuisines, buanderies, etc... en acier galvanisé.

Pour les conduites contenant de l'eau en permanence, l'acier a montré à l'expérience une excellente tenue à la corrosion. Celle-ci a permis l'établissement d'un vaste réseau de conduites de tous diamètres en Belgique même, tant pour les distributions interurbaines que pour les raccordements particuliers.

Dans certains pays comme en Suisse, au Luxembourg, en Allemagne, les règlements administratifs, régionaux ou municipaux rendent souvent obligatoire l'emploi du tuyau d'acier pour les conduites d'eau des habitations. Le problème à résoudre paraît être bien plus celui de la protection *extérieure* que celui de la protection *intérieure*. Il admet plusieurs solutions :

a) la peinture pure et simple : celle-ci donne



dans la plupart des cas des résultats satisfaisants;

b) l'emploi de tuyaux galvanisés, alors assemblés par soudo-brasage; l'expérience montre que malgré la possibilité de formation d'un couple électrolytique fer zingué-laiton d'apport, la tenue de ce joint à la corrosion, probablement par suite de la passivation du zinc oxydé, est parfaitement satisfaisante;

c) le revêtement par asphaltage; celui-ci, qui bénéficie de l'expérience réalisée en matière de conduites souterraines, pourrait être admis dans tous les cas où la conduite n'est pas apparente: conduites en caves, colonnes montantes placées dans les aëras, conduites installées dans des gaines (à condition qu'elles soient suffisamment écartées des tuyaux de chauffage central pour ne pas être chauffées). Ce dernier système semble particulièrement intéressant et de nature à se développer dans l'avenir pour les constructions nouvelles. Il se concilie remarquablement bien avec la conception des installations suivant des ensembles préfabriqués par soudure, qui seraient asphaltés en atelier, et ensuite montés sur place au moyen d'un petit nombre de joints vissés, protégés eux-mêmes finalement par asphaltage ou peinture. Une telle solution s'intègre parfaitement dans la conception de la « maison préfabriquée ».

3° Conduites d'évacuation

L'acier devrait pouvoir être utilisé dans ce domaine concurremment avec les autres matériaux préconisés jusqu'ici.

Parmi ses avantages généraux, la rigidité, la solidité (facteur important notamment du point de vue des travaux de débouchage), l'imperméabilité, le petit nombre de supports, la réduction considérable du nombre de joints par application de l'assemblage soudé et surtout le coût relativement faible méritent d'être pris en considération.

On pourrait croire, à première vue, que la corrodabilité relative de l'acier est un obstacle à l'emploi de ce matériau. Dans ce cas, il n'en est rien et cela pour deux raisons: d'une part, les eaux usées, celles de W. C. comme les eaux ménagères et de toilette, possèdent une réaction alcaline assez marquée et sont de ce fait fort peu agressives pour l'acier; d'autre part, toutes ces eaux déposent rapidement sur les parois des tuyaux un enduit gras qui isole le métal et assure sa protection.

En fait, en Suisse et en Allemagne, de nombreux immeubles ont été équipés de tuyaux de chute et d'évacuation en acier⁽⁵⁾ et l'on y a examiné des portions de tuyaux installés depuis 20 ans et dont le comportement a été reconnu excellent. La figure 254⁽⁶⁾ montre un de ces tuyaux sectionné: on y distingue bien la couche rugueuse auto-protectrice dont il a été question plus haut. Enfin,

la plupart des tuyaux de descente, y compris les ventilations secondaires, sont réalisés aux Etats-Unis entièrement en tubes d'acier⁽⁷⁾. Déjà en 1913⁽⁸⁾, les tuyaux d'acier étaient d'un usage courant aux Etats-Unis pour les conduites d'évacuation. Il existe également en France d'assez nombreuses références à cet égard. A Paris notam-

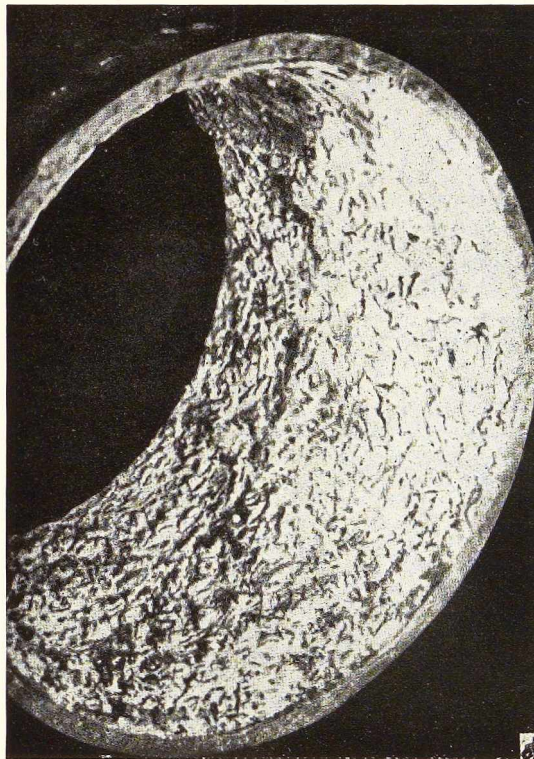


Fig. 254. Section d'un tuyau de chute en acier, en service depuis vingt ans.

ment, plusieurs hôtels possèdent de telles installations en tube noir, qui fonctionnent depuis 20 à 30 ans, sans avoir jamais donné lieu à des ennuis.

4° Conduites de gaz

Pour les conduites de gaz, le tube d'acier conserve tous ses avantages déjà décrits dans notre introduction. L'étanchéité, la résistance à l'écrasement, la réduction du nombre de supports, l'obstacle apporté aux piquages clandestins, sont particulièrement à retenir.

Le tube d'acier noir suffit dans la plupart des cas, étant donné l'épuration satisfaisante du gaz actuellement distribué. Il est déjà couramment utilisé. Cependant, son assemblage par soudure

autogène n'est pas aussi généralisé que dans le cas des réseaux de chauffage central. On ne voit pas pour quelles raisons, car ce mode d'assemblage offre les mêmes avantages dans les deux cas et dans celui des conduites de gaz l'étanchéité présente une importance peut-être plus grande encore. Le tube d'acier galvanisé peut être égale-



Fig. 255. Soudure d'une tuyauterie de vapeur.

ment utilisé; ses assemblages se font alors le plus rationnellement par soudo-brasure.

5° Eléments fabriqués en atelier

Avant de terminer, nous voudrions envisager le cas de la préfabrication en atelier. Qu'il s'agisse de conduites d'eau, chaude ou froide, neuve ou usée, de vapeur ou de gaz, et de leur installation dans les immeubles neufs, il est recommandable, pour atteindre le plein avantage du tuyau d'acier, d'adopter ce système.

Celui-ci n'est pas une nouveauté. Depuis des années, en effet, et même du temps où existait seul l'assemblage par raccords filetés, certains installateurs, aux Etats-Unis notamment, en avaient reconnu tout l'intérêt. Ils relevaient donc sur place, soit par dessin coté, soit par gabarits,

la disposition de toutes les tuyauteries à placer; les assemblages nécessaires étaient exécutés en atelier, c'est-à-dire dans des conditions plus commodes, plus économiques et plus aisément contrôlables que sur le chantier. L'assemblage final sur place se limitait à un petit nombre de joints.

Cette méthode s'adapte parfaitement à l'assemblage par soudure. Les éléments, ainsi préfabriqués, sont amenés sur place et montés, soit par soudure, soit, si le démontage doit pouvoir se faire, par raccords filetés ou, pour les gros diamètres, par brides. Dans le premier cas, la soudure s'exécute dans de meilleures conditions en atelier grâce à la possibilité d'emploi de montages et d'outillages plus perfectionnés que ceux dont on peut disposer sur le chantier; la position du soudeur est plus commode, les joints à assembler sont parfaitement accessibles sur tout leur pourtour, et le travail de soudure, exécuté dans de meilleures conditions et d'ailleurs plus facilement contrôlable, atteint sa qualité maximum.

Pour le montage, une méthode fort utilisée aux Etats-Unis consiste à procéder au montage complet des canalisations, puis à leur épreuve, avant garnissage des murs, cloisons, plafonds et planchers. Le tracé des tuyauteries peut être de cette manière étudié d'une façon approfondie et rationnelle et l'on évite les percements et remises en état des parois.

Actuellement, notamment dans la conception des maisons préfabriquées en série, — conception qui est, comme on le sait, à l'ordre du jour — les architectes adoptent de préférence le système des gaines, espaces réservés entre une cloison normale et une seconde cloison spéciale qui lui est parallèle, et dans lesquels sont installées toutes les tuyauteries d'alimentation, d'évacuation et de chauffage. Les installations de tuyauteries sont ainsi préfabriquées sous la forme d'« unités », — généralement une par appartement ou par étage, — et leur montage sur le chantier se trouve considérablement simplifié et accéléré.

G. A.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) *Revue de la Soudure Autogène*, 1938, n° 289, pages 368-370.
- (2) ROUSSELET et MESLIER, *Rapport de la Commission des Spécialistes du Chauffage Central sur l'utilisation de la soudure* (B.S.I.S., n° 23, pages 821-834).
- (3) *Technique de la Soudure et du Découpage*, 1937, n° 36, pages 673-678.
- (4) *Technique de la Soudure et du Découpage*, 1938, n° 42, pages 810-812.
- (5) KEEL, *Journal de la Soudure*, 1935, n° 4.
- (6) D'après STURBERG, *Autog. Metallb.*, 1937, n° 13, pages 203-210.
- (7) *Tubes et Tuyaux*, mai-juillet 1937, pages 1 à 47.
- (8) CLOQUET et COBBAERT, *Traité d'Architecture*. t. III, p. 150.



Résultats des études effectuées dans le domaine de la protection de l'acier contre la corrosion

par Maurice Van Rysselberge, Dr. Sc.,

Secrétaire de la Commission Belge pour l'Etude de la Protection de l'Acier contre la Corrosion (ABEM IV)

Généralités sur la corrosion

La corrosion est l'ennemi éternel qui, depuis l'origine du monde, s'attache à détruire les œuvres humaines. D'autres ont montré, avant nous, l'énorme importance de ces forces destructives d'origine chimique qui, en même temps que les actions mécaniques, s'acharnent à mettre hors d'usage les différents matériaux utilisés par l'homme. Une seule parmi les très nombreuses statistiques,

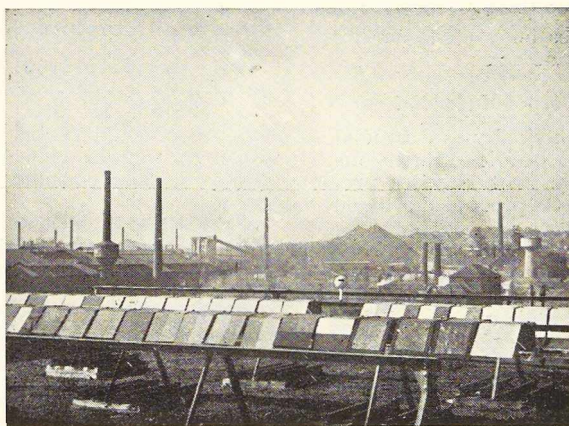


Fig. 256. Vue d'une station d'essais. (Usines des A. C. E. C., Charleroi.)

d'ailleurs parfois assez divergentes, publiées pour montrer l'ampleur du phénomène, sera retenue: celle qui, portant sur une période de trente-trois ans, fixe le tonnage d'acier disparu à 700 millions de tonnes pour une production correspondante d'un milliard et demi de tonnes.

Les phénomènes de la corrosion sont d'une grande complexité et dépendent de nombreux facteurs que l'on classe généralement en trois groupes :

Facteurs dépendant du milieu d'attaque :	Facteurs dépendant de la nature du métal :	Facteurs dépendant des conditions d'emploi :
<p><i>Milieu liquide</i></p> <p>Concentration; pH; Concentration en oxygène; Température; Impuretés.</p> <p><i>Milieu gazeux</i></p> <p>Concentration; Température; Pression; Impuretés (humidité); Particules solides; Vitesse du courant gazeux.</p>	<p>Composition de l'alliage; Constituants secondaires; Impuretés; Tensions internes; Traitements thermiques et mécaniques. Traitements d'affinage dont dépendent :</p> <p>a) l'homogénéité, b) la finesse du grain, c) la cohésion intercrystalline, d) la répartition des impuretés.</p>	<p>Forme de la pièce; Etat de la surface; Conditions d'immersion; Jonction avec d'autres métaux; Charge appliquée à la pièce; Efforts alternés appliqués à la pièce; Soudure; Courants parasites.</p>

Ces phénomènes peuvent se produire dans l'atmosphère, où ils sont accélérés par la présence des gaz agressifs des régions industrielles ou urbaines. Ils peuvent se passer en milieu humide ou dans le sol.

La vitesse de corrosion de l'acier varie beaucoup avec la région d'exposition; elle atteindrait par an pour l'Europe septentrionale, orientale et centrale les profondeurs suivantes :

Jusqu'à 0,01 mm dans les contrées isolées subissant de longues périodes de gel;

De 0,01 à 0,05 mm dans les contrées modérément peuplées;

De 0,05 à 0,1 mm dans les grandes agglomérations et dans les villes industrielles de moyenne importance;

De 0,08 à 0,15 mm dans les grandes villes industrielles;

De 0,06 à 0,17 mm au voisinage de la mer.

Chaudron a proposé un classement des phénomènes de corrosion d'après leurs effets sur les propriétés mécaniques des métaux :

1° Attaque superficielle uniforme du métal

Dans ce cas, les qualités intrinsèques du métal ne sont pas modifiées tandis que les dimensions géométriques de l'échantillon sont réduites proportionnellement au temps. Ce procédé d'attaque est très général.

On sait que si deux métaux sont mis en contact dans une solution conductrice, celui qui émet le plus d'ions sera corrodé. Le métal vil devient *anode* et sera détruit, tandis que le métal le plus noble ou *cathode* sera protégé. Ces métaux peuvent être séparés dans l'électrolyte et constituer les électrodes d'une pile réunies ou non par un circuit extérieur. Ils peuvent aussi être joints dans l'électrolyte.

Une autre catégorie de couples peut se former à la suite d'une différence de concentration en oxygène au sein de la solution (Piles Evans). On constate, dans ce cas, que le métal non aéré se corrode et qu'un courant prend naissance à l'intérieur de l'électrolyte de la lame non aérée (anodique) à la lame aérée (cathodique).

2° Attaque superficielle par piqûre ou attaque localisée

La présence des impuretés nobles, de plus en plus nombreuses au cours de la dissolution des métaux, explique la période d'induction et l'augmentation de la vitesse de dissolution généralement constatées.

3° Attaque interne ou granulaire

On ne constate pratiquement, dans ce cas, aucune diminution de poids, le métal devenant très fragile par corrosion intergranulaire.

Il existerait, suivant Beilby, à la limite des grains métalliques, une zone amorphe ou mal cristallisée qui serait plus rapidement attaquée que le métal normal. Cette attaque peut être accélérée par les tensions internes ou externes, par

les tensions résiduelles provenant des opérations de soudure et, dans certains cas, par l'effet du revenu.

Examinons, à titre d'exemple, le cas de l'acier au chrome : le carbone n'est soluble dans la solution homogène d'austénite de l'acier 18/8 qu'à la condition que le métal ait subi une trempe vers 1100°. La précipitation de carbure de chrome à la limite des grains, par élévation de température, peut entraîner une telle diminution de la concentration en chrome, que des phénomènes de corrosion deviennent possibles. On peut les éviter soit en réduisant la teneur en carbone de l'acier (0,02 %) soit en ajoutant des éléments, tels que le titane, le tantale, le niobium, qui forment eux-mêmes avec le carbone des carbures complexes et rendent ainsi moins dangereuses les opérations de soudure.

Procédés de protection contre la corrosion

Trois moyens peuvent être utilisés, pour arrêter ou ralentir les phénomènes de corrosion :

a) Modifier le métal en lui incorporant des teneurs plus ou moins importantes d'un ou de plusieurs métaux choisis de façon à réaliser un alliage dont la résistance à la corrosion soit très grande;

b) Modifier le milieu extérieur par des traitements appropriés. La minéralisation de certaines eaux acides ou oligométalliques, par passage au travers de lits de marbre ou de produits spéciaux, s'impose, dans certains cas, pour éviter l'attaque des canalisations de plomb et de fer;

c) Modifier le contact métal-milieu par des procédés qui consistent à recouvrir la surface du métal considéré soit au moyen d'un autre métal, soit au moyen de substances non métalliques telles que les peintures et les enduits.

Les méthodes de protection usuelles peuvent être classées en quatre grands groupes :

1° Les revêtements métalliques;

2° Les peintures;

3° Les enduits divers;

4° Les traitements chimiques de préparation du métal le plus souvent associés aux revêtements du deuxième ou du troisième groupe.

Nous n'envisagerons dans la présente étude que les cas de la protection par les peintures, les autres groupes n'étant cités que pour mémoire.

Les revêtements métalliques

Ils comprennent :

Les revêtements appliqués par trempage à chaud; les revêtements électrolytiques; les revêtements appliqués par pulvérisation; les procédés de cémentation; les procédés de laminage à chaud.

Une étude comparative de dépôts galvanoplastiques de même épaisseur de nickel, de cuivre, d'étain, de plomb, de cadmium et de zinc a montré que le recouvrement de cuivre présentait la porosité la plus faible. Le recouvrement de zinc est supérieur à celui de cuivre lorsque les con-



ditions de l'essai varient; le cuivre résiste mieux que le zinc lorsque les conditions d'attaque restent invariables. Parmi tous les métaux, c'est le zinc qui est toujours le plus utilisé soit en galvanisation, soit en schoopinisation. Son action protectrice serait due à la formation d'une couche superficielle de carbonate qui se transformerait en sulfate basique de zinc par l'action de l'acide sulfureux. L'efficacité de ce recouvrement, qui durerait jusqu'au moment de la transformation de tout le carbonate de zinc en sulfate basique, semble pouvoir être augmentée par phosphatation, par l'action des chromates, par l'application de couches de vernis ou par précipitation électrolytique de particules de résines synthétiques. Bien que le principe en soit tout à fait différent, un procédé de protection aurait été réalisé en projetant de la poussière de zinc sur un recouvrement presque sec de minium de plomb.

D'intéressantes suggestions ont été proposées dans le domaine des revêtements métalliques dans le cours de ces dernières années :

On serait parvenu à provoquer, vers 1000°, à partir des vapeurs de chlorures d'aluminium ou d'alliages de chrome et d'aluminium, des précipités métalliques sur l'acier qui présenteraient, à côté d'un grand éclat métallique et d'une bonne adhérence, une résistance considérable à la corrosion. La possibilité d'obtenir des recouvrements semblables avec les alliages chrome-nickel a été envisagée.

On a proposé également de remplacer les pistolets au mélange acétylène-oxygène, utilisés pour la pulvérisation des métaux, par des appareils à arcs. Les électrodes en forme de fils sont fondues dans un arc continu ou alternatif de 50 V et 200 A et le métal est pulvérisé dans un courant d'air comprimé de 6 à 7 atmosphères.

Le recouvrement par pulvérisation au plomb prend un grand développement et présente, sur les procédés par fusion et par électrolyse, l'avantage de pouvoir être appliqué sur des endroits ou des pièces qui peuvent être difficilement protégés d'une autre façon.

Enfin, on a essayé, dans ces derniers temps, d'économiser l'étain en étamant des tôles légèrement nickelées ou en recouvrant d'un vernis chauffé à 180° et 200° les tôles simplement phosphatées.

Les peintures

L'industrie millénaire des peintures et vernis s'est développée d'une façon prodigieuse au cours de ces dernières années. Les progrès réalisés dans le domaine des matières premières, l'utilisation des vernis cellulose, l'introduction dans les fabrications d'huiles de bois de Chine (huiles de Tung et d'Abrasin), d'huiles polymérisées ou standolies, de résines synthétiques (réduisant l'importance des résines naturelles qui, elles, nécessitent l'opération de la pyrogénéation) et du caoutchouc chloré ont complètement modifié la technique de l'industrie des peintures autrefois basée sur des

recettes empiriques et des tours de main ancestraux.

L'emploi de plus en plus fréquent des résines synthétiques constitue la principale cause de cette révolution industrielle; les plus importantes sont :

Les résines formo-phénoliques dont les produits de condensation avec les acides abiétique ou maléique sont connus sous le nom d'*Albertols*;

Les résines glycéro-phthaliques utilisées en combinaison avec l'acide abiétique, les acides résinique ou ricinoléique;

Les résines vinyliques résultant de la polymérisation du chlorure ou de l'acétate de vinyle;

Les résines acryliques dérivées des esters de l'acide acrylique;

Les résines formo-carbamiques polymérisables par la chaleur et donnant des solutions absolument incolores;

Les résines coumaroniques résultant de la polymérisation de la coumarone et de l'indène, sous-produits de la distillation du goudron.

Les films de vernis à base de résines artificielles peuvent être classés, d'après leur forme constructive, en deux grands groupes :

1° *Les films élastiques mais peu résistants*, dont les atomes des macromolécules sont disposés suivant de longues chaînes linéaires;

2° *Les films résistants mais peu élastiques*, dont les molécules enchevêtrées ont leurs atomes orientés suivant deux directions.

Les méthodes industrielles modernes exigent l'emploi de peintures ayant une durée de séchage bien déterminée. Aussi l'essence de thérébentine, considérée autrefois comme le dissolvant irremplaçable, a-t-elle fait place au « white-spirit », à différentes fractions, aux caractéristiques bien définies, provenant de la distillation du pétrole, aux hydrocarbures benzéniques (les seuls à pouvoir être utilisés dans le cas des vernis oléoglycérophthaliques) et enfin aux diluants de synthèse. De nouveaux et remarquables résultats ont été enregistrés au cours de cette évolution progressive. On a notamment tenté de remplacer les huiles de bois, qui possèdent des qualités exceptionnelles de grande siccativité, de résistance à l'eau et aux agents chimiques, par des huiles synthétiques qui s'en rapprochent autant que possible. Certaines huiles, fabriquées à partir de l'acide ricinoléique, présentent même des avantages réels sur les huiles de bois. Leur vieillissement est, par exemple, beaucoup moins rapide. On est également parvenu à réaliser des huiles siccatives en mettant en contact, en présence de chlorure d'aluminium, des hydrocarbures acétyléniques avec des huiles minérales riches en aromatiques.

LE DÉVELOPPEMENT DES TRAVAUX DE LABORATOIRES SUR LES PEINTURES

Le rapide exposé qui vient d'être fait de l'évolution constante de la fabrication des peintures montre l'importance dans cette branche de l'industrie, des laboratoires et des services de recher-



ches. Il ne s'agit pas seulement de s'assurer de la qualité des matières premières et de contrôler la constance des fabrications; il faut surtout suivre les peintures en service et les perfectionner constamment de façon à pouvoir répondre à toutes les exigences de la clientèle.

Il fut une époque où l'on commandait n'importe quelle peinture pour n'importe quel travail. Le règne des peintures universelles est actuellement révolu et les laboratoires d'usines doivent pouvoir, en s'appuyant sur une expérience résultant de nombreuses années d'observations, conseiller, à bon escient, l'emploi d'une peinture ou d'un groupe de peintures pour une application particulière.

On peut concevoir les peintures comme étant des systèmes polydispersés à deux phases. La phase interne comporte des corps solides très finement divisés groupés sous le nom de pigments. La phase externe, qui permet l'application et provoque l'accrochage des particules du pigment entre elles et leur adhérence au support, est formée par la dispersion de substances colloïdales (résines, éther cellulosique, produits de transformation des huiles siccatives, cires, bitume, chaux, caséine, silicate de soude, colle, etc.).

L'analyse chimique détermine la nature et la pureté des produits, évite l'emploi des substances réagissant chimiquement les unes sur les autres et empêche l'utilisation de certains pigments qui sont incompatibles avec des liants déterminés. Les méthodes d'examen des peintures peuvent être classées en trois groupes :

a) *Les méthodes physiques :*

Viscosité;
Mesure d'absorption du milieu dispersif par le milieu dispersé;
Opacité;
Brillance;
Pouvoir couvrant;
Pouvoir réfléchissant de la lumière;
Colorimétrie (Tintometer de Lovibond);
Perméabilité.

b) *Les méthodes chimiques :*

Résistance à l'eau, aux solutions et aux vapeurs agressives;
Résistance à l'action des huiles, des goudrons et des dissolvants;
Résistance à la lumière;
Inflammabilité.

c) *Les essais mécaniques :*

Durée de séchage;
Dureté;
Résistance à la traction;
Mesure de l'allongement;
Mesure de la souplesse et de l'adhérence du film sur métal par l'essai d'emboutissage (machine d'Erichsen) (1);

(1) Cet essai peut être effectué efficacement sur des peintures ayant subi des essais de vieillissement naturel ou artificiel.

Flexion;

Résistance à l'abrasion.

Ces différents essais, dont il semble inutile de souligner l'importance et qui sont généralement bien connus, ne seront ni décrits, ni discutés. Par contre, les méthodes permettant de déterminer la résistance au vieillissement des peintures seront examinées plus longuement.

Les phénomènes de vieillissement et d'altération des matériaux présentent un caractère de grande généralité. Comme pour les métaux, des manifestations de fatigue, consistant en modifications de la structure moléculaire, ont été mises en évidence dans les matériaux organiques (caoutchouc, fibres, peintures, huiles) entraînant la désagrégation puis la destruction de la substance. Les produits organiques, généralement utilisés dans la technique, notamment les huiles isolantes et lubrifiantes, les peintures et les vernis, vieillissent, plus ou moins rapidement, par suite de leur transformation chimique due à l'absorption d'oxygène. Les réactions avec l'oxygène donnent naissance à des produits intermédiaires, puis à des produits finaux qui sont les mêmes pour toutes les substances mentionnées, et qui sont analogues aux produits de la combustion : anhydride carbonique, oxyde de carbone, acide formique, formaldéhyde.

Le vieillissement et la fatigue précèdent la décomposition moléculaire définitive. Plus spécialement, le vieillissement des films protecteurs constitue l'ensemble des phénomènes chimiques, physiques et colloïdaux qui se produisent dans les peintures et les vernis depuis la formation du film jusqu'à sa destruction.

La première modification chimique se passe tout au début de la vie du film de peinture. De l'oxygène se fixe au cours de son séchage sur chacune des doubles liaisons de l'huile avec formation d'un peroxyde. Les variations constatées au cours du séchage d'huiles de différentes origines peuvent être expliquées par la position des doubles liaisons qui auront d'autant moins de tendance à absorber l'oxygène qu'elles seront plus proches du groupe carboxyle. La formation du film provoque, en premier lieu, une diminution de la fluidité ou mobilité. L'élévation de la valeur de la viscosité dans les milieux colloïdaux est accompagnée, au cours du séchage, d'une augmentation de l'élasticité. Les oxydations et les polymérisations se poursuivent, après séchage, d'une manière ralentie en même temps qu'augmente la dureté et que diminue la souplesse. Le vieillissement commence lorsque l'élasticité diminue. Ces phénomènes d'oxydation sont beaucoup moins importants lors du vieillissement des films de standolie ou d'huiles de bois. Dans ce cas, la polymérisation prédomine.

Les influences extérieures peuvent provoquer des déplacements des courbes de vie et faire apparaître des irrégularités. Les films protecteurs peuvent, en effet, être détruits soit par des actions mécaniques extérieures (chocs ou déformation du support) soit, beaucoup plus souvent, par des



déformations résultant des différences de température, par des modifications du degré hygrométrique et par l'action de la lumière.

Des phénomènes de contraction se produisent normalement au cours du séchage (par évaporation du solvant) et au cours du vieillissement (par oxydation et polymérisation), tandis que des phénomènes de gonflement et de dégonflement successifs sont constatés sur les films soumis à des conditions variables d'humidité. La répétition de ces actions diminue fortement la résistance à la rupture des films et accélère leur destruction, tandis que les changements de température font se contracter ou se dilater les films de peinture beaucoup plus que le support. C'est surtout lorsqu'elles se produisent à basse température que ces déformations peuvent provoquer des dégradations définitives.

Tous les procédés de mesure capables d'apprécier le passage d'un système liquide en un système solide, ainsi que les modifications des propriétés mécaniques peuvent être utilisés pour suivre le vieillissement : évaporation, viscosité, pouvoir agglutinant, plasticité, élasticité, augmentation de la dureté au cours du vieillissement, etc.

LES ESSAIS DE VIEILLISSEMENT NATUREL

Il semble, à première vue, d'une simplicité élémentaire de peindre des tôles avec des produits déterminés et d'observer la résistance de ces peintures après exposition à l'air et aux intempéries, pendant un temps plus ou moins long. Les causes d'erreurs sont toutefois nombreuses et les résultats incertains si les essais ne sont pas effectués exactement dans les mêmes conditions par les mêmes observateurs utilisant les mêmes méthodes et si les peintures ne sont pas appliquées de la même façon.

Des essais systématiques et comparatifs ont été réalisés par des organismes officiels dans de nombreux pays.

En France, les peintures sont appliquées par M. Vila de l'Office National des Recherches et Inventions sur des tôles en acier de différentes qualités et exposées sur les toits de l'Institut de Bellevue et du Laboratoire Maritime du Collège de France à Concarneau, ou immergées dans les eaux de la Seine ou dans l'eau de mer.

En Angleterre, le « Corrosion Committee of the Iron and Steel Institute » expose, dans plusieurs endroits de l'Empire, des échantillons d'aciers et de fers commerciaux, présentant différents états de surface protégés ou non par des peintures. Sept stations ont été installées dans les Iles Britanniques; sept autres ont été réparties en Europe (Suède), en Afrique et en Asie. Les résultats les plus remarquables des essais trouvent leur expression dans les recommandations qui découlent de deux notions fondamentales :

1° Importance du décapage complet du matériau par sablage ou immersion en bain acide suivi immédiatement de l'application de la première couche de peinture;

2° Importance de l'utilisation d'une sous-couche de peinture inhibitrice.

Aux Etats-Unis, différentes stations d'exposition aux agents atmosphériques ont été établies par l'« American Society for Testing Materials » avec la collaboration de plusieurs comités.

Les Pays-Bas, qui ont pris dans le cours de ces dernières années la tête du mouvement dans de nombreux domaines (recherches sur les colloïdes, les combustibles, l'asphalte, la chimie des huiles et des peintures, la polymérisation...), ont appliqué à l'étude de la corrosion les méthodes de travail pleines d'originalité, de rigueur et de discipline qui sont le propre de leurs savants et de leurs techniciens. Les derniers résultats qui ont été communiqués sont d'un intérêt remarquable. Il semblerait, notamment, que le classement des stations d'essai d'après leur agressivité soit le même que celui utilisant comme critère la conductibilité des eaux de pluie recueillies en ces endroits. D'autre part, la classification des stations d'essais vaut non seulement pour la moyenne des peintures d'une série déterminée, mais aussi pour chacune d'entre elles prise séparément. C'est ainsi que l'on n'a jamais constaté dans une atmosphère agressive et de mauvais dans une autre atmosphère agressive. Cette constatation a permis de limiter le nombre des stations d'essais.

En ne prenant pas en considération, à titre provisoire, les peintures à base de résines phtaliques et de caoutchouc chloré, les résultats les plus favorables ont été obtenus avec une peinture au minium de plomb et à l'huile de lin crue. Les essais ultérieurs ont montré que les peintures au minium et au caoutchouc chloré présentaient une meilleure résistance que celles à l'huile de lin, tandis que les peintures à base de résines phtaliques se comportaient presque aussi bien que celles à base d'huile de lin crue. Les peintures composées de minium de fer et de standolie résistent mieux que celles à base d'huile de lin crue, mais moins bien que le minium dispersé dans l'huile de lin crue. Pour ce qui est des peintures de surface, des résultats à peu près semblables ont été obtenus, après trois ans et demi d'exposition, avec l'aluminium dispersé soit dans un mélange 3/1 de standolie d'huile de lin et de standolie d'huile de bois, soit dans un liant à base de résine phtalique ou dans le caoutchouc chloré. La céruse, le blanc de zinc et un mélange des deux pigments à poids égal dispersés dans la standolie d'huile de lin ont donné, jusqu'à présent, des résultats à peu près comparables.

En Allemagne, en plus de nombreux instituts scientifiques dépendant des Universités (Institut für Anstrichforschung — Technische Hochschule de Berlin), ce sont les laboratoires d'essais des matériaux qui ont mis à leur programme la question de la protection contre la corrosion : le « Staatliche Materialprüfungsamt » de Berlin-Dahlem, le « Physikalisch-Technische Reichsan-



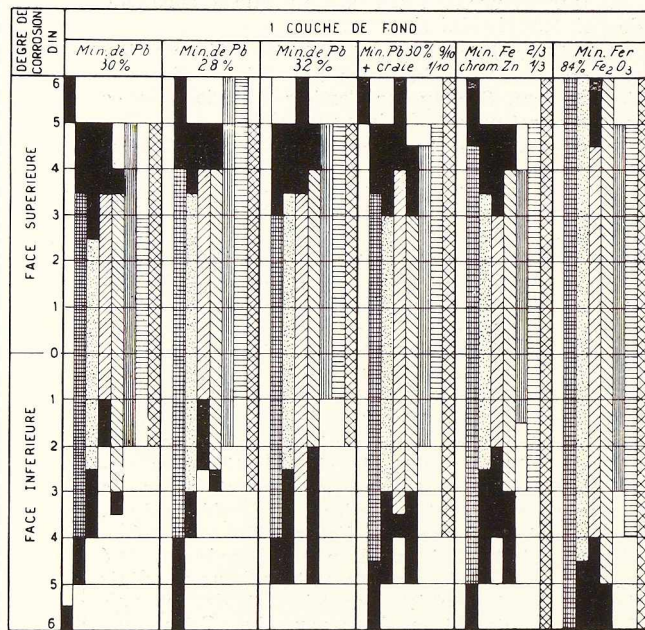


Fig. 257. TABLEAU I.

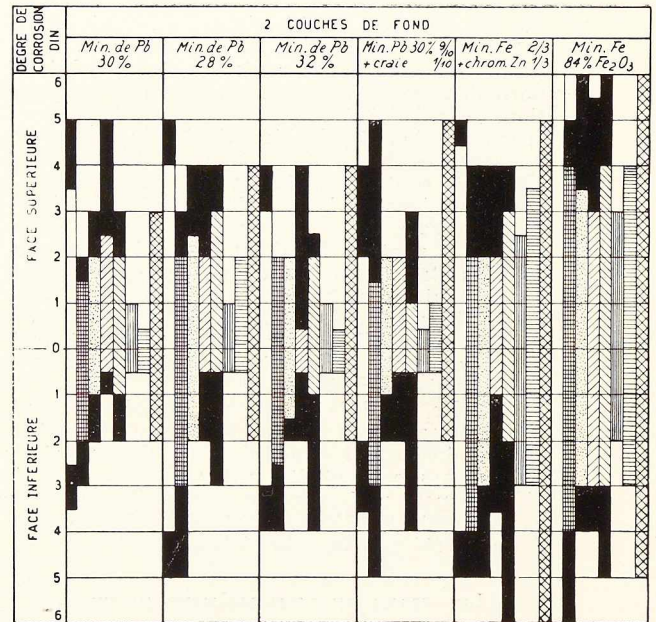


Fig. 258. TABLEAU II.

Graphiques montrant l'état d'altération des peintures exprimé en degré D.I.N. après quatre et six ans d'exposition.

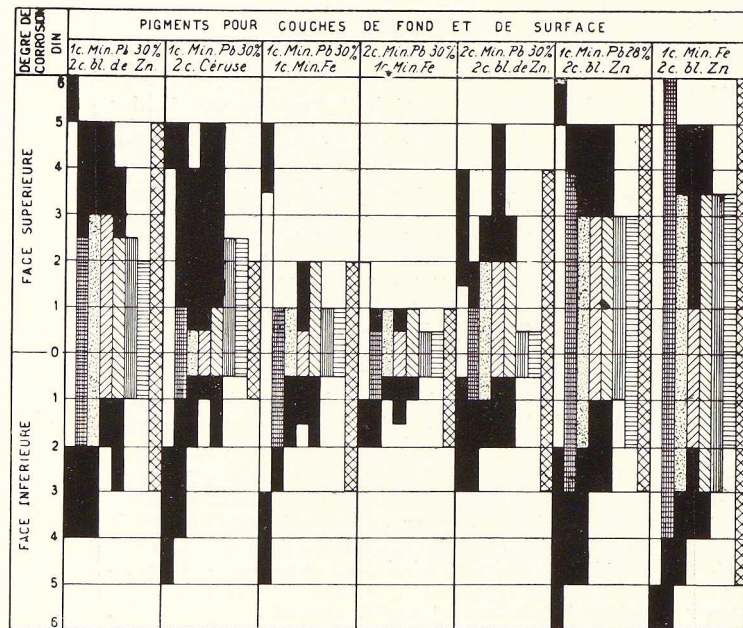
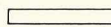










Fig. 259. TABLEAU III.

LÉGENDE :

-  Atmosphère chimique (Marly).
-  Atmosphère urbaine (Sofina).
-  Atmosphère très industrielle (Charleroi).
-  Atmosphère industrielle et chimique (Ruysbroeck).
-  Atmosphère industrielle (Liège).
-  Atmosphère peu industrielle (Moll-Donck).
-  Atmosphère campagnarde (Bee-lingen).
-  Atmosphère de fumées (Remise à locomotives de Schaerbeek).
-  Progression de la corrosion pendant les deux dernières années.



stalt », le « Chemisch-Technische Reichsanstalt » et le « Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt ».

Les associations telles que le « Verein Deutscher Ingenieure », le « Verein Deutscher Chemiker » et le « Verein Deutscher Eisenhüttenleute » ne sont pas restées étrangères à cette grave question de la protection des pièces métalliques contre la corrosion.

Les Chemins de fer allemands, conjointement avec d'autres organismes, ont étudié systématiquement la protection contre la rouille par les peintures en organisant six stations d'exposition représentant les conditions climatiques susceptibles d'être rencontrées en Allemagne.

La Belgique, pays à la fois producteur et consommateur d'acier, qui réunit, dans un espace restreint, des conditions climatologiques ou locales très diverses, ne pouvait pas rester indifférente aux travaux importants et systématiques réalisés à l'étranger et se devait d'apporter, dans la mesure de ses moyens, tant pour des raisons d'économie nationale que de prestige, une contribution dans le cadre de cet effort général. Onze stations d'essais installées dans les atmosphères les plus remarquables de la Belgique, une station d'essais immergés au Canal Albert et trois stations situées au Congo Belge sont actuellement contrôlées par la Commission pour l'Etude de la Protection contre la Corrosion, de l'Association Belge pour l'Etude, l'Essai et l'Emploi des Matériaux. Des combinaisons de peintures classiques servant de témoins et de nombreux produits présentés par les firmes productrices ont été essayés comparativement. Les prestations de certaines peintures ont été remarquables; parfois aussi, les qualités exceptionnelles, vantées à l'aide de tapageuses références, n'ont pas été vérifiées. Les résultats suivants ont, dès à présent, pu être réalisés :

1° Classement des différentes régions du pays d'après l'agressivité de leur atmosphère;

2° Classement des peintures de fond classiques en une et en deux couches après quatre ans d'exposition;

3° Classement des peintures de finition classiques;

4° Comparaison des peintures présentées par les firmes productrices;

5° Etude comparative de la résistance d'aciers contenant des teneurs croissantes en cuivre, protégés par diverses combinaisons de peintures;

6° Résistance des revêtements métalliques;

7° Etude de l'influence du décapage (sable, flamme oxyacétylénique, solvants spéciaux) et de la préparation des surfaces avant peinture;

8° Classement des peintures spéciales pour travaux immergés.

Malgré les difficultés matérielles qui n'ont cessé de croître pendant les cinq années de guerre, la Commission Belge pour l'Etude de la Protection de l'Acier contre la Corrosion a continué son activité et a pu assurer un contrôle régulier de la plupart de ses stations d'essais. D'autres stations n'ont pas pu être visitées, soit pour des raisons

militaires, soit par suite des difficultés d'accès; d'autres ont été détruites partiellement ou complètement par faits de guerre ou bombardements. Les essais de corrosion atmosphériques entrepris jusqu'à présent sont groupés en deux séries: l'une commencée en 1938 et comptant actuellement six années d'exposition, l'autre commencée en 1941 et comptant trois années d'exposition. Les diagrammes reproduits ci-contre, à titre d'exemple, résument quelques constatations intéressantes faites dans le cours des dernières années.

L'état d'altération des peintures protégeant les éprouvettes est exprimé en degrés D. I. N., le degré 6, indiqué sur les diagrammes, correspondant à la destruction totale du revêtement. Différents procédés graphiques sont utilisés pour représenter les stations d'essais, l'augmentation du degré de corrosion pendant les deux dernières années étant représentée par le noircissement complet des surfaces correspondantes. Le tableau I (fig. 257) résume les degrés de corrosion d'éprouvettes protégées au moyen d'une seule couche de peinture de fond; le tableau II (fig. 258) les degrés de corrosion d'éprouvettes protégées au moyen de peintures de fond appliquées en deux couches; le tableau III (fig. 259) les degrés de corrosion d'éprouvettes protégées au moyen de couches de fond et de surface.

La Commission a également étudié les enduits protecteurs à base de bitume ou d'asphalte, les revêtements métalliques ainsi que les procédés de décalaminage et de dérouillage par la flamme oxyacétylénique. La protection contre la corrosion de l'acier, soumis à une immersion continue ou à des immersions alternées d'immersions a été examinée expérimentalement à la station érigée à l'écluse de Oolen (Canal Albert). Seuls des produits spéciaux, préparés pour résister aux sollicitations chimiques, ont donné, parmi les quinze combinaisons de peintures essayées, d'excellents résultats après deux ans et demi d'immersion. D'autres peintures, spécialement préparées ont cessé, après deux ans, de conférer une protection suffisante aux éprouvettes immergées de façon continue, leur résistance aux essais alternés continuant à être favorable. La protection par métallisation au zinc est restée impeccable.

Ces quelques résultats, trop rapidement esquissés, montrent imparfaitement une partie de l'activité de la Commission Belge pour l'Etude de la Corrosion qui parvient à se maintenir, grâce à l'appui éclairé du Fonds National pour la Recherche Scientifique et à la générosité de quelques groupements, au niveau des Commissions étrangères disposant de crédits et de budgets impressionnants.

LES ESSAIS ACCÉLÉRÉS DE VIEILLISSEMENT

Les fabricants et les consommateurs de peintures et de vernis ont un égal intérêt à connaître, le plus rapidement possible, la résistance probable des produits qu'ils mettent sur le marché ou qu'ils utilisent. Il leur est difficile d'attendre les



résultats des essais, naturellement longs, d'exposition atmosphérique. La tendance à utiliser des essais accélérés a nettement augmenté, dans le cours de ces dernières années, par suite du désir légitime de contrôler, avant l'emploi, les nombreux produits nouvellement présentés par l'industrie et au sujet desquels on ne possède aucune expérience pratique.

C'est en Amérique que l'on a commencé à réaliser des appareils de vieillissement artificiel réunissant les principales causes de destruction des films protecteurs :

- 1° Action réciproque du support et du film;
- 2° Procédé d'application;
- 3° Variation de température provoquant des différences de dilatation du film et du support. Notons, à titre d'exemple, que la dilatation linéaire des laques cellulósiques est sept fois plus grande que celle du fer, celle des laques alkyphénoliques treize fois. De plus, les films de peintures deviennent presque tous plus fragiles à basse température. Les laques nitrocellulosiques sont surtout sensibles aux gelées sèches, tandis que les vernis gras ou phtaliques le sont aux gelées humides;
- 4° Condensation et évaporation successives de l'humidité;
- 5° Influence de la lumière solaire agissant par son action calorifique, par ses radiations visibles et invisibles;
- 6° Action abrasive des poussières et des eaux;
- 7° Action des gaz se trouvant normalement dans l'atmosphère : ozone par exemple;
- 8° Action des poussières, des fumées et des gaz agressifs se trouvant surtout dans les atmosphères urbaines et industrielles.

Certains facteurs entraînent des modifications chimiques de la pellicule, d'autres ont une action dissolvante et, jusqu'à un certain point, érosive, d'autres enfin détruisent le film par les efforts de dilatation et de contraction. La fréquence et l'ordre des sollicitations, la durée des expositions aux différents facteurs ont une influence importante sur la rapidité des détériorations. On a notamment constaté que l'ordre « irradiation-chauffage » laissait le film dans un état de plasticité plus favorable que l'ordre « chauffage-irradiation ». On a essayé de rendre les facteurs utilisés aussi semblables que possible aux sollicitations naturelles. Un dosage précis des divers facteurs est la condition essentielle pour obtenir des résultats comparables à ceux produits par l'exposition dans les stations atmosphériques.

L'exemple suivant montre, par la différence de comportement de deux produits commerciaux, la grande complexité du problème

1. Les peintures à l'huile peuvent être, suivant leur teneur en pigment :

- a) Modérément sensibles à l'action de la lumière;
- b) Très sensibles aux variations de l'humidité; l'humidité absorbée accélère les effets destructeurs de la lumière et fait varier l'élasticité;
- c) Peu sensibles aux changements de tempéra-

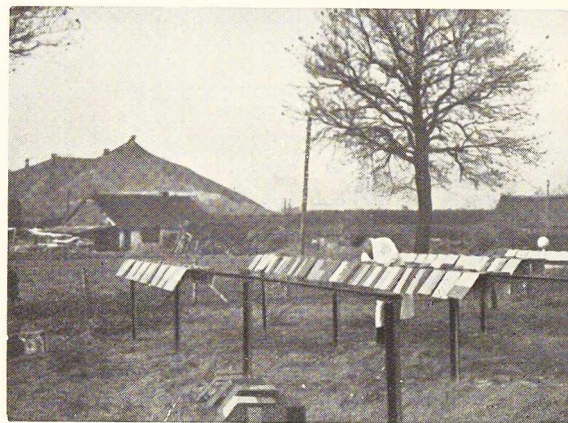


Fig. 260. Station de la propriété Stall-Coersel (Beerlingen-Campine).

ture surtout si le film a absorbé de l'humidité et si l'oxydation n'a pas supprimé toute élasticité.

2. Les films de peintures cellulósiques sont :

- a) Sensibles à la lumière, même aux longueurs d'onde dont l'action sur les peintures à l'huile est relativement lente;
 - b) Relativement non hygroscopiques et par conséquent insensibles à l'humidité et aux changements de température. L'absorption d'humidité entraîne une très faible augmentation de la dilatation;
 - c) Relativement enclins à la formation de craquelures par suite des changements de température à moins que les peintures ne soient rendues plastiques par une addition suffisante de plastifiant.
- Ces peintures deviennent très fragiles à basse température.

Des essais de vieillissement accéléré ont été proposés et sont utilisés normalement dans de nombreux pays. On a cherché à obtenir presque partout, au début de leur emploi, des résultats très rapides en se bornant à apprécier la destruction du film par la formation de rouille.

Les essais de vieillissement accéléré des peintures effectués par la Commission Belge à l'aide d'appareils basés sur le principe de la roue de Gardner ont été interrompus par suite de l'incertitude des résultats obtenus.

La tendance actuelle consiste à rendre les sollicitations moins sévères, plus proches de la réalité et à mesurer les modifications des propriétés physiques et mécaniques des films. Le même souci d'objectivité se retrouve chez la plupart des chercheurs qui estiment que la comparaison du vieillissement accéléré tel qu'il est généralement réalisé et du vieillissement naturel est à priori impossible car il s'agit de comparer deux probabilités.



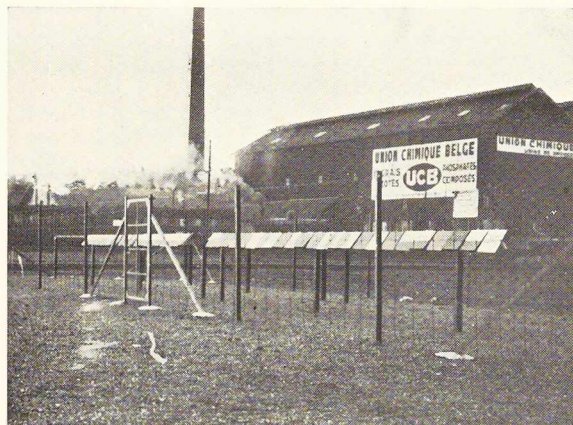


Fig. 261. Station des A. C. E. C.
(Usines de Ruysbroeck).

Des conclusions intéressantes peuvent cependant être tirées de ces études à condition d'abandonner le seul critère de l'aspect final des revêtements et d'examiner, comparativement, point par point, l'évolution du vieillissement dans les deux méthodes. C'est en étudiant systématiquement la température qui convient le mieux pour physiques et mécaniques au cours des vieillissements naturel et artificiel que l'on pourra mettre au point une méthode d'altération qui donnera des résultats comparables à ceux de la pratique. On a aussi préconisé d'utiliser, dans les cas d'urgence, la seule chaleur comme agent d'altération, à condition de rechercher expérimentalement la température qui convient le mieux pour l'essai des divers types de peintures et de vernis. Cette méthode thermique, déjà intéressante pour le fabricant, peut devenir pour le consommateur capable d'interpréter les résultats obtenus, un procédé simple d'étude et de contrôle. Un autre critère, utilisé d'ailleurs par la Commission Belge pour la Protection contre la Corrosion, consiste à mesurer la perméabilité aux ions des films de peintures en étudiant la variation, en fonction du temps, de la densité du courant d'électrolyse prenant naissance, dans une solution saline, entre deux électrodes métalliques dont l'une est protégée au moyen du produit à essayer.

Malgré l'opposition que certains affectent envers le vieillissement accéléré, on ne peut pas rejeter, à priori, une méthode si précieuse qui peut constituer, à condition d'être employée avec discernement, un excellent outil entre les mains d'expérimentateurs suffisamment objectifs. L'étude du vieillissement accéléré des peintures n'est, somme toute, qu'un chapitre d'un problème beaucoup plus vaste et plus général, celui de la mesure de l'altérabilité des matériaux organiques. La résistance au vieillissement artificiel des huiles minérales, pour ne citer qu'un exemple, a déjà fait l'objet de très nombreux travaux

qui ont montré qu'il importait surtout de ne pas exagérer la valeur de certaines sollicitations. Cependant, les huiles minérales spéciales ou lubrifiantes sont des produits relativement simples qui ne diffèrent entre eux que par l'origine et par le degré de raffinage. La complexité de la composition des peintures, l'action réciproque de leurs constituants, l'influence du support et l'action du milieu extérieur rendent l'étude de leur altération accélérée encore beaucoup plus délicate.

L'industrie belge des peintures est en pleine évolution; les recherches scientifiques et techniques pourront avoir, sur son développement, une influence prépondérante et définitive. Ces études systématiques et objectives, effectuées en dehors de toute contingence commerciale, l'aideront à regagner le retard dû aux années de guerre et à répondre à cette impérieuse exigence nationale : l'absolue nécessité de fabriquer des produits de qualité.

M. V. R.

BIBLIOGRAPHIE

- BLOM, *Die Filmbildung in Theorie und Praxis* (Ed. E. P. F., Zurich, 1930).
- SUIDER-SALVATERRA, *Rostschutz und Rostschutzanstrich* (Technisch-Gewerbliche Bücher, Ed. J. Springer, Vienne, 1931).
- NAUROY, A., *Les essais de vieillissement accéléré* (Congrès de Chimie industrielle, Paris, mars 1932).
- LINDERMAYER, O., *Arbeiten und Erfolge der Deutschen Reichsbahn auf dem Gebiete des Korrosionsschutzes durch Anstriche* (V. D. I., n° 15, 1933).
- MAC KAY, R. et WORTHINGTON, R., *Corrosion Resistance of Metals and Alloys* (Ed. Reinhold Publishing Corporation, New-York, 1936).
- BLOM, *Die Bedeutung der Feinstruktur von Oelfarbfilmen für die Prüftechnik* (A. I. E. M., Congrès de Londres, avril 1937).
- ROSSMANN, E., *Die Prüfung von Anstrichfilmen in Deutschland* (A. I. E. M., Congrès de Londres, avril 1937).
- JORDAN, L. A., *The physical attributes of paint and varnish films* (A. I. E. M., Congrès de Londres, avril 1937).
- EVANS, *Metallic Corrosion passivity and protection* (Ed. Arnold, Londres, 1937).
- CHÉPIN, S., *Les théories modernes de la fabrication scientifique des peintures* (La Chimie des Peintures, janvier 1938).
- HACKENBURG, H., *Constitution physique et chimique des peintures* (La Chimie des Peintures, janvier 1938).
- CLÉMENT et RIVIÈRE, *Le développement de l'industrie des peintures et vernis* (Ed. Science et Industrie, numéro spécial La technique des industries chimiques, Paris, 1938).
- KONIG, W., *Kontraktionserscheinungen und mechanische Zerstörungsvorgänge bei Anstrichfilmen* (Farb. Zeit., nos 45, 244, 261, 275, 1940).
- HUDSON, *The Corrosion of Iron and Steel* (Ed. Chapman et Hall Ltd, Londres, 1940).
- SCHIKORR, G., *Korrosion und Metallschutz* (p. 305, 1941).
- VAN EYNSBERGEN, J. F. H., *Quelques considérations sur le vieillissement accéléré et autres méthodes de vieillissement des pellicules de vernis et peintures modernes* (Conférence au Bond voor Materialenkennis, Utrecht, 25 février 1942).
- CHAUBRON, *Quelques principes de la corrosion en milieu humide des métaux et alliages* (Revue de Métallurgie, n° 7, 1943).
- RABATÉ, *Les actions de surface dans l'industrie des pigments, des vernis et des peintures* (Cours — Conférences du Centre de perfectionnement technique. Ed. Maison de la Chimie, Paris).

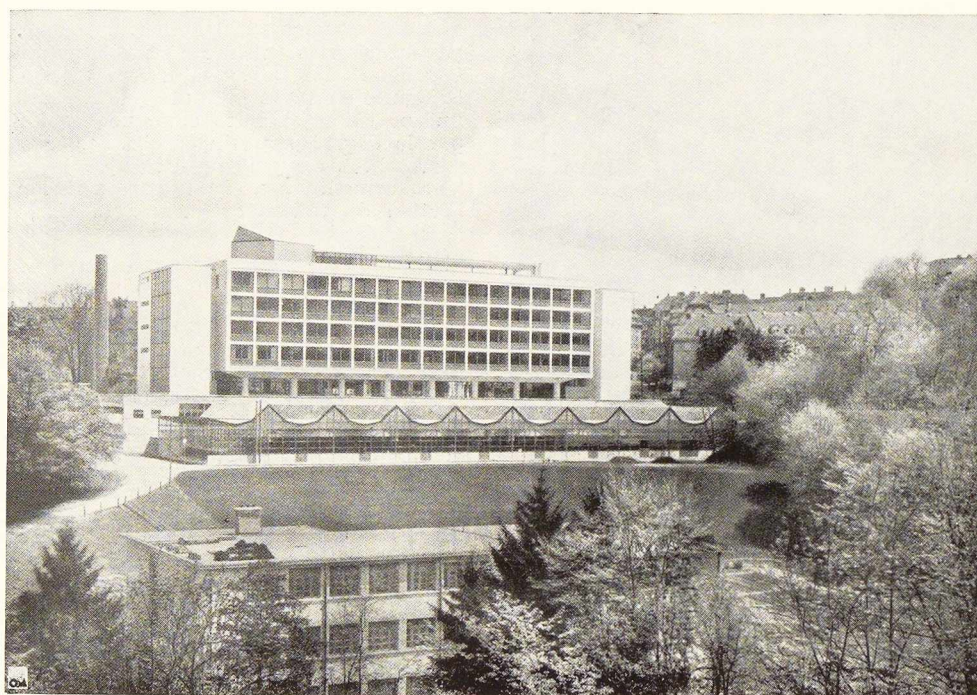


Fig. 262. Vue générale de l'Ecole des Arts et Métiers de Berne.

(Photo F. Henn, Berne.)

Les ateliers d'apprentissage de l'Ecole des Arts et Métiers de Berne

Parmi les nombreux établissements d'enseignement de la capitale fédérale suisse figure une école des arts et métiers, dont la fondation remonte à l'année 1826. En présence du nombre toujours croissant d'élèves et du développement pris par la technique, l'édilité bernoise décida, il y a quelques années, de construire une nouvelle école pour remplacer l'ancienne. Cette tâche, confiée à l'architecte Hans Brechbühler, est aujourd'hui terminée. La nouvelle *Gewerbeschule* de Berne constitue un ensemble très réussi, tant au point de vue de l'art qu'à celui de la conception fonctionnelle. Le bâtiment scolaire, dont l'ossature est en béton armé, comporte quatre étages, un rez-de-chaussée et deux sous-sols.

A l'école proprement dite sont adjoints les ateliers d'apprentissage, logés dans un bâtiment spé-

cial, à charpente métallique. Nous en donnons la description ci-après.

Ateliers d'apprentissage

Les ateliers de mécanique, qui occupent une superficie de 2.000 m², constituent une vaste construction sans étage, couverte par une toiture en shed.

En raison de la mauvaise nature du terrain, composé, sur une profondeur de 30 mètres, d'argile sableuse gorgée d'eau, le bâtiment a dû être fondé sur pieux travaillant par frottement.

Le système portant de la halle des ateliers est constitué par des fermes en treillis métalliques. Ces fermes ont une portée de 23 mètres et une hauteur de 2^m20; elles sont distantes entre elles de 9^m00 d'axe en axe. Leur contreventement est



Fig. 263. Vue intérieure des ateliers d'apprentissage. (Photo F. Henn, Berne.)

assuré par des poutres transversales en treillis, disposées tous les 4^m60.

L'étude de l'ossature métallique fut confiée à l'ingénieur W. Tobler, de Berne. L'originalité de son projet réside essentiellement dans la conception des toitures, étudiées pour obtenir le rendement maximum d'éclairage. Des lanterneaux garnis de doubles vitrages alternent avec des terrasses horizontales revêtues de plaques en Eternit ondulé.

La grande salle, qui mesure 69^m00 × 31^m00, comporte trois parties : l'atelier proprement dit de 23^m00 de largeur, un corridor de 3 mètres environ et une série d'annexes abritant des vestiaires, des lavabos, des W. C., etc. La halle est pourvue d'un quai de déchargement et d'un pont roulant de 1 tonne. Dans les caves sont établis une forge et des magasins.

Le chauffage de l'école et des ateliers est assuré

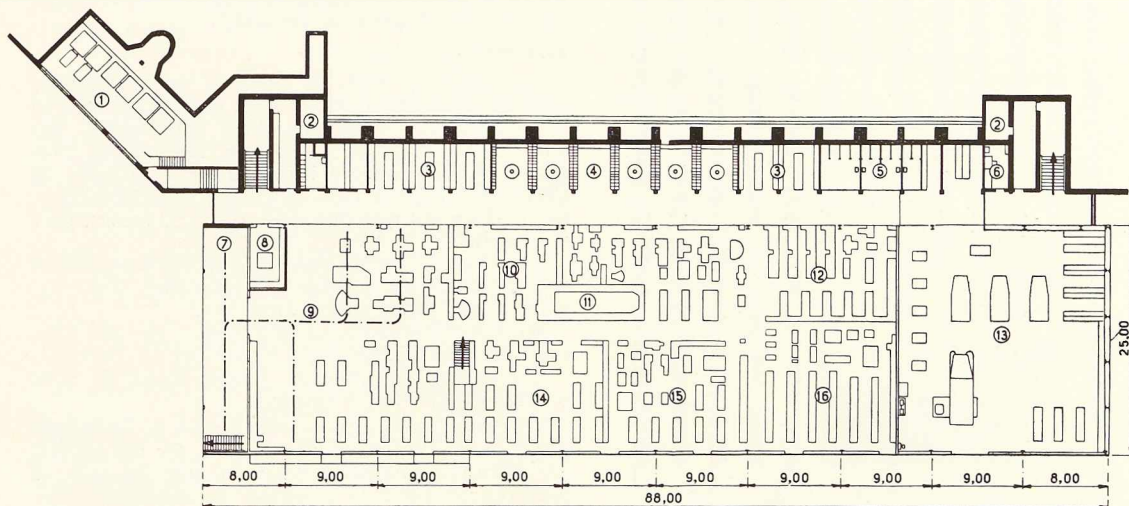


Fig. 264. Plan des ateliers d'apprentissage :

1. Chaufferie; 2. Ascenseur; 3. Outillage; 4. Vestiaire et lavabos; 5. W. C.; 6. Infirmerie; 7. Quai de déchargement; 8. Chef d'atelier; 9. Chemin de roulement du palan; 10. 2^e et 3^e année d'étude; 11. Distribution matériel et outils; 12. Cours du jour et du soir; 13. Section de la mécanique automobile; 14. Construction machines-outils; 15. Electro-mécaniciens; 16. 1^{re} année d'étude.

par une installation à eau chaude; cette installation sert en même temps de modèle et de champ d'expérience aux élèves-installateurs de chauffage. Certaines salles, et notamment la grande halle

des machines, sont pourvues d'une installation de conditionnement de l'air.

Le montage de l'ossature métallique et la pose de vitrages ont été achevés en trois mois de temps.

CHRONIQUE

Le marché de l'acier pendant les mois de juin et juillet 1945

La production d'acier-lingot en Belgique a été de 52.477 tonnes en juin et 57.186 tonnes en juillet 1945.

Pour les aciéries luxembourgeoises les chiffres correspondants sont de 11.479 et 2.795 tonnes.

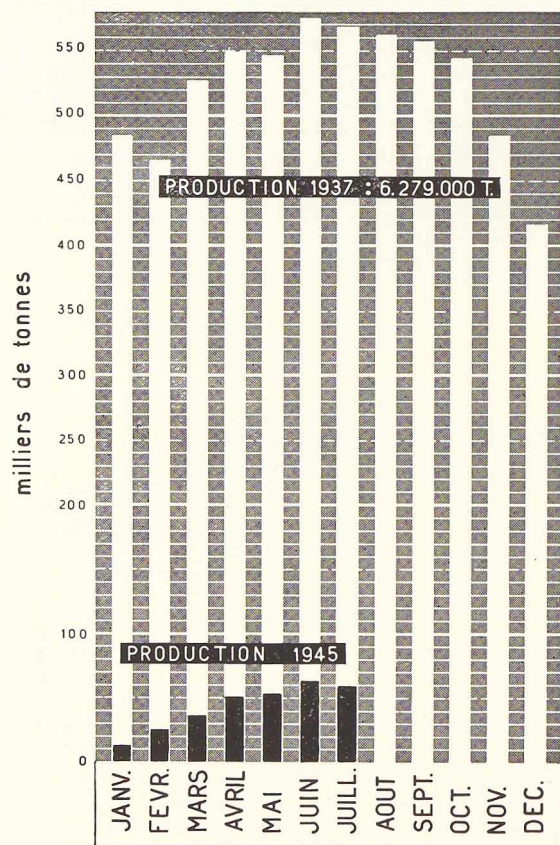


Fig. 265. Production actuelle des aciéries belges et luxembourgeoises, comparée à celle de 1937.

Au Ministère des Travaux Publics

M. R. De Naeyer, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, vient d'être nommé Secrétaire Général du Ministère des Travaux Publics.

M. R. De Naeyer a fait ses études universitaires à Gand et est sorti en 1914 comme Ingénieur des Constructions Civiles.

Après la guerre 1914-1918, il entra comme Ingénieur au service Escaut fluvial à Gand. En 1941, il devint le successeur de M. Mallems, à la direction du même service. Il est l'auteur de divers travaux publics ainsi que d'un projet de travaux d'amélioration au canal de Gand-Terneuzen, décrits dans les *Annales des Travaux Publics de Belgique*, n° 1, 1945.

La reconstitution du parc de matériel de la S. N. C. F.

La situation du matériel de la S.N.C.F. s'améliore de jour en jour grâce à l'effort considérable qu'elle a fait pour remettre en état le matériel avarié, et également en raison des apports de locomotives et wagons étrangers. La S.N.C.F. a prévu des commandes de matériel neuf qui contribueront, au fur et à mesure de leur livraison, à faciliter le développement du trafic.

Locomotives

Au début de mai, le nombre de locomotives s'élevait à 12.330 contre 17.000, dont 6.720 étaient utilisables. La différence était représentée par 3.310 locomotives en attente de réparations normales et 2.300 encore immobilisées par suite de graves dégâts pour faits de guerre. A la libération, on ne disposait que de moins de 3.000 locomotives utilisables.

Il y a lieu de noter l'existence de 470 locomotives qui nous ont été prêtées par les Alliés, dont 300 américaines et les autres anglaises.

En Alsace-Lorraine, on n'a trouvé que 250 locomotives contre 1.200 qui y existaient en 1939.

Les locomotives neuves proviendront de trois sources différentes, à savoir :

1°) Les commandes passées avant la libération par la S.N.C.F. et les chemins de fer allemands, ces dernières reprises pour compte français et comprenant pour la première 43 machines (des types 141 P et 150 P) en cours de fabrication et 30 locomotives 141 P non encore entreprises et pour les seconds 171 locomotives type 150;

2°) De commandes dites de démarrage passées à l'industrie française et qui comprennent 247 locomotives des types 141 P, 150 P, 050 TQ et 241 P. Ces machines devraient être livrées dans un délai de deux ans à partir du moment où les matières seront à pied d'œuvre dans les usines;

3°) De la commande aux Etats-Unis au titre de la loi prêt-bail, et sous réserve de son maintien, de 1.340 locomotives type 141, construites sur



plans français, et de 75 locomotives Diesel électriques de manœuvre de 660 CV.

La très grande majorité de locomotives dont la S.N.C.F. prévoit la construction sont du type 141. Il s'agit là de machines mixtes, à vitesse limite de 105 km à l'heure, qui sont aptes à remorquer aussi bien des trains de marchandises que des trains express lourds, en particulier sur des lignes à profil relativement accidenté.

Wagons

Au moment de la libération, la S.N.C.F. disposait de 230.000 wagons (y compris les wagons allemands abandonnés par l'occupant lors de son départ), dont 60.000 environ étaient avariés par suite de faits de guerre, inutilisables, mais réparables.

A l'heure actuelle, grâce à l'afflux de wagons en retour de chargement d'Allemagne, on compte en France 300.000 wagons, dont 260.000 sont utilisables, 40.000 restant encore à réparer (20.000 le seront encore d'ici la fin de l'année). Cette augmentation des disponibilités est due à l'apport de 50.000 wagons américains et d'environ 20.000 wagons étrangers ramenés sur notre territoire.

Bien entendu, avec ce matériel, nous devons assurer les transports militaires des armées alliées.

Etant donné la nécessité où elle est d'augmenter son parc et de prévoir l'amortissement assez rapide des wagons américains qui, construits pour la guerre, sont de fabrication peu solide, la S.N.C.F. a prévu d'importantes commandes comprenant :

1°) L'achèvement des commandes passées sous l'occupation, tant pour son propre compte (340 wagons) que pour celui des chemins de fer allemands (2.400 wagons) et qui n'étaient pas terminées au moment de la libération. On doit y ajouter 800 wagons (dont 180 wagons frigorifiques) dont l'exécution n'était pas encore commencée au mois d'août dernier;

2°) Des commandes de démarrage à l'industrie française portant sur 10.600 wagons;

3°) Une commande en Angleterre de 10.000 wagons-tombereaux de 16 tonnes; parmi ceux-ci, 3.000 du type anglais sont déjà en France et font l'objet de certaines modifications, tandis que les 7.000 autres seront du type normal S.N.C.F.;

4°) Une demande aux États-Unis au titre de la loi prêt-bail, et sous réserve de son maintien, de 38.250 wagons, dont 30.000 du type unifié français et 8.250 du type militaire américain, ces derniers susceptibles d'être livrés rapidement.

Voitures à voyageurs et fourgons

En 1940, la S.N.C.F. disposait de 36.000 voitures et fourgons, dont 11.200 à boggies et le reste à essieux. A la libération, on n'en a retrouvé que 17.750, dont 7.100 sont à réparer. Ce dernier chiffre est tombé à 4.880 au début de mai et sera réduit à 3.300 à la fin de l'année. Les disponibilités ont en outre été réduites, depuis la libération, de plusieurs centaines de voitures métalliques prélevées pour la construction de rames sanitaires mises à la disposition des armées alliées.

La S.N.C.F. n'a, pour le moment, prévu qu'une

commande de démarrage de 440 voitures métalliques, dont 140 de grandes lignes et 300 destinées aux lignes secondaires, ces voitures étant d'un modèle nouveau étudié depuis 1940.

On remarquera que tous les chiffres donnés ne font pas état d'une reprise éventuelle de matériel sur le parc des chemins de fer allemands qui comporte notamment un nombre important de locomotives, wagons et voitures appartenant à la S.N.C.F. qui ont été enlevés sous l'occupation. Des pourparlers sont en cours à ce sujet.

Quoi qu'il en soit, c'est avant tout la pénurie de locomotives qui gêne le plus à l'heure actuelle la S.N.C.F. pour faire face aux nécessités de son trafic. Grâce à l'amélioration progressive de la rotation des wagons par suite des efforts faits en vue de la remise en état du réseau et à la réduction des transports militaires, on peut dire que, dans un délai probablement assez court, ce ne sera plus le manque de wagons qui gênera les transports français.

Activité du Chantier Naval Cockerill, de Hoboken

Le chantier naval de Cockerill est actuellement en grande activité, de nombreux navires commandés et commencés lors de l'occupation allemande n'ayant jamais été achevés à temps; de ce fait, il y a actuellement 12 navires (de 5 à 12.000 tonnes) à flot, alors que les chantiers de finissage ne sont prévus que pour 3 navires; l'activité tend à redevenir celle d'avant-guerre, le nombre d'ouvriers atteignant 60 % de celui de pleine activité. En ce qui concerne les navires en montage dans les deux cales sèches (respectivement de 150 et 200 mètres) et sur les 5 pistes de lancement (2 pour navires de 9.000 tonnes et 3 pour navires de 20.000 tonnes) notons la construction de 2 navires de 5.000 tonnes, d'un autre de 11.000 tonnes ainsi que d'un bateau transbordeur; citons enfin 5 bateaux pilotes de 30 tonnes achevés ainsi que 3 malles congolaises dont la construction va être commencée incessamment.

Tout le montage se fait par rivage et soudage de pièces de 20 tonnes maximum, dont l'assemblage a été obtenu par la soudure à l'arc électrique.

Pour terminer cet aperçu rapide et pour montrer la diversité des travaux effectués au chantier, signalons encore la réparation d'un pétrolier norvégien endommagé par une mine magnétique, qui lui a causé un trou, en dessous de la ligne de flottaison, de 200 m² de surface.

Une exposition de maisons préfabriquées, à Bruxelles

Le Comité Permanent du Logement et de l'Habitation organise, sur les Chantiers de la Jonction Nord-Midi, à Bruxelles, une exposition de logements d'attente.

L'inauguration de l'exposition est prévue pour le 15 octobre 1945.



Bibliothèque

Nouvelles entrées (1) :

Constructional Engineer's Compendium (Aide-mémoire de l'ingénieur-constructeur)

Un volume relié de 705 pages, format 12×19 cm, illustré de nombreuses figures. Edité par Appleby-Frodingham Steel Company Ltd, Scunthorpe (Angleterre), 1941. Prix : 21 shillings.

En publiant leur manuel, les Aciéries Appleby-Frodingham ont voulu mettre à la disposition des ingénieurs et dessinateurs de bureaux d'études un ouvrage leur permettant d'entreprendre leur tâche quotidienne sans devoir se référer constamment à plusieurs ouvrages techniques. Le Compendium constitue en effet une véritable petite bibliothèque en un seul volume.

A côté d'un catalogue complet des profils laminés anglais (acier doux et acier à haute résistance), l'ouvrage contient des chapitres détaillés sur les assemblages, les fermes, la soudure à l'arc électrique, les palplanches, le béton armé et le bois. La section réservée à la soudure donne les renseignements suivants : Electrodes (types caractéristiques mécaniques, analyses chimiques types, etc.). — Dimensions des joints soudés (soudure d'angle et soudure bout à bout). — Essais mécaniques des soudures. — Tensions admissibles. — Calcul des joints soudés. — Etc...

Dans la section relative aux palplanches, on trouve les caractéristiques des palplanches Frodingham, des notes sur le calcul des murs de soutènement et des batardeaux, le découpage sous eau des palplanches métalliques, etc.

L'ouvrage se termine par une section d'information générale contenant les matières suivantes : Formules de résistance pour différents cas de charges de poutres simplement appuyées et poutres continues. — Colonnes chargées excentriquement. — Poids spécifiques de différents matériaux. — Conversion des mesures simples et complexes anglaises en mesures métriques et inversement.

Edité avec le plus grand soin, le Compendium Appleby-Frodingham ne manquera pas de rendre d'excellents services aux ingénieurs-constructeurs.

Comment lancer un produit par la publicité

Une brochure de 54 pages, format 14×21 cm. Editée par Caboni, Bruxelles 1945. Prix 30 francs.

Ce petit opuscule consacré au lancement d'un produit par la publicité contient notamment les chapitres suivants :

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

On peut acquérir le catalogue de notre bibliothèque, édition 1944, au prix de 40 francs.

Généralités — La publicité et lancement — Lancement de produits et de services — Les modes de distribution.

Steel in house construction (L'acier dans la construction des habitations)

Une brochure de 39 pages, format 20×25 cm, illustrée de nombreuses figures. Editée par la British Steelwork Association, Londres.

Cette brochure passe en revue les systèmes de maisons développés pendant l'entre-deux-guerres. Les systèmes représentés, et qui ont été judicieusement choisis, proviennent des pays suivants : Grande-Bretagne, Etats-Unis, France, Allemagne. Pour chaque maison, la brochure donne une ou deux photographies, les caractéristiques principales ainsi que quelques détails constructifs.

Steel Sheet Piling (Palplanches métalliques)

Un volume relié de 184 pages, format 12×19 cm, illustré de plusieurs figures. Edité par Appleby-Frodingham Steel Company Ltd, Scunthorpe (Angleterre), 1941.

Ce manuel donne les caractéristiques des palplanches métalliques Frodingham. On y trouve également les règles complètes et des données sur le calcul d'ouvrages en palplanches tels que murs de soutènement, avec et sans ancrages, batardeaux, etc. Différents tableaux (mathématiques, résistance des matériaux, mesures anglaises et leurs équivalents métriques), complètent cet ouvrage bien présenté, véritable cours de la construction des batardeaux que le praticien consultera avec profit.

Housing Manual 1944 (Manuel pour la construction des maisons)

Un ouvrage de 102 pages, format 15×24 cm, illustré de 102 figures. Edité par H. M. Stationery Office, Londres 1944. Prix : 2 shillings.

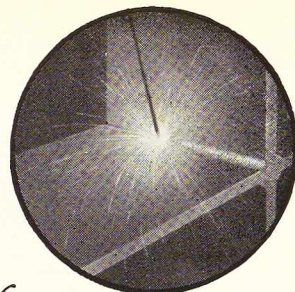
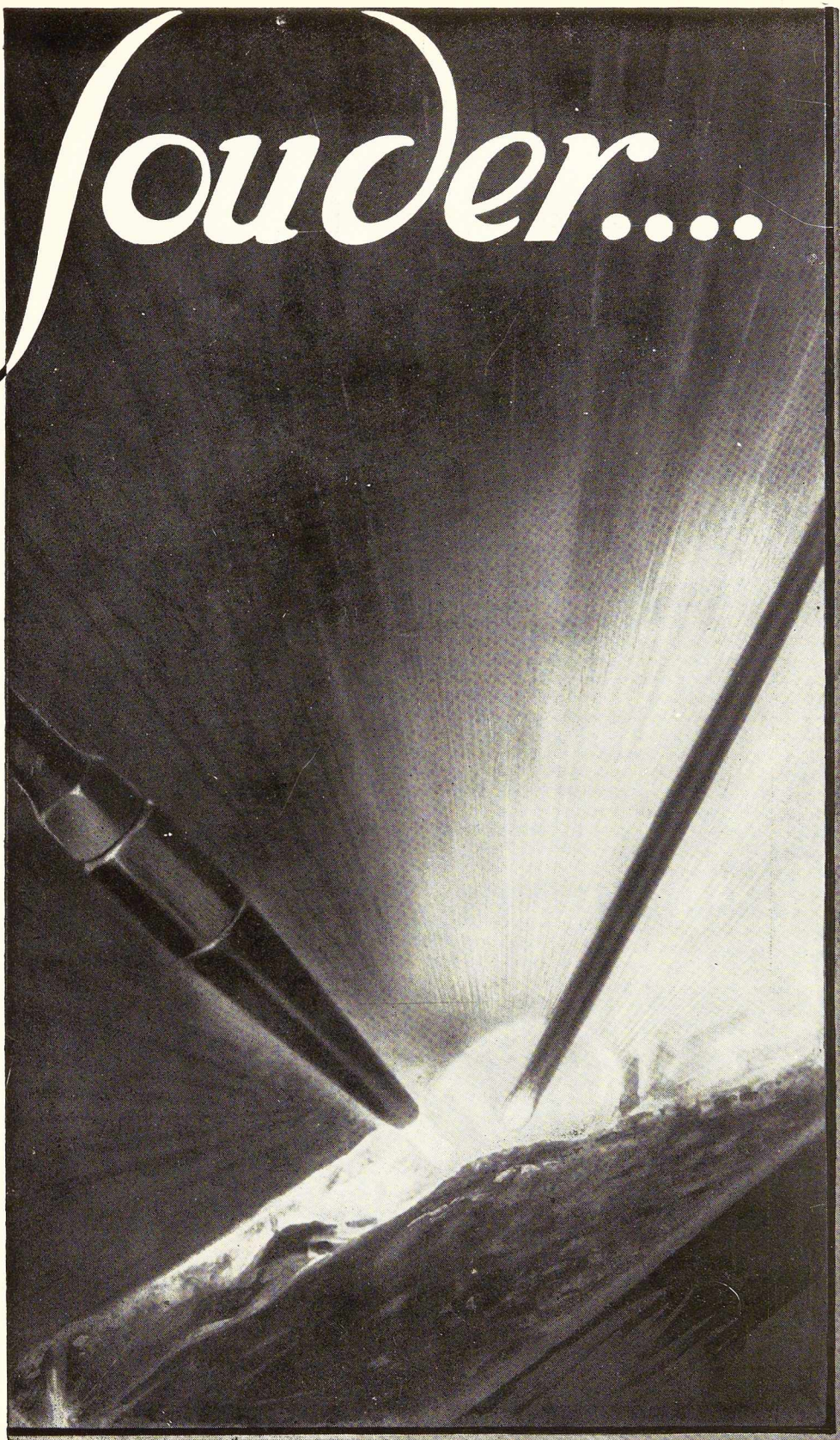
Cet ouvrage rédigé par les Ministères de la Santé et du Travail constitue un guide pour les autorités locales pour la réalisation des programmes de construction.

Il donne des renseignements utiles sur l'aménagement des pièces, les matériaux et les méthodes de construction, l'équipement des maisons (cuisine et installations sanitaires), le chauffage, l'isolation thermique et acoustique des locaux, etc.

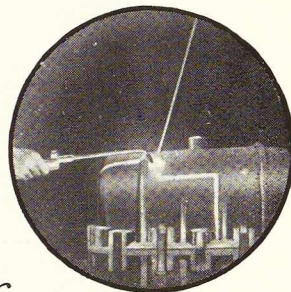
Le manuel, qui contient en outre de nombreux exemples de maisons réalisées récemment en Angleterre, est complété par un appendice technique, qui se présente sous forme d'une brochure séparée de 92 pages. (Prix : 1 s. 6 d.).



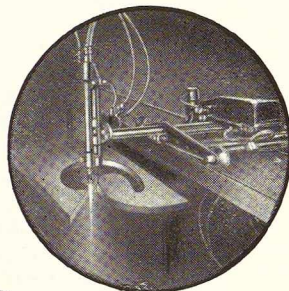
Souder...



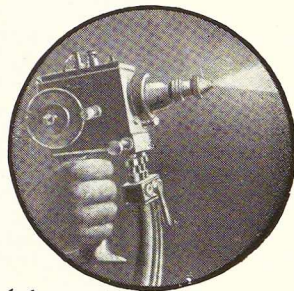
Souder à l'arc...



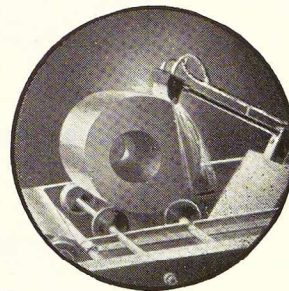
Soudo-braser ...



Oxy-couper ...



Métalliser ...



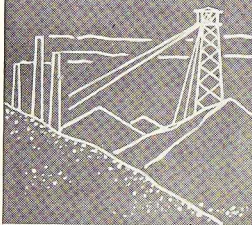
Tempérer ...

avec les appareils "AIR LIQUIDE"
c'est travailler pratiquement
et économiquement.....

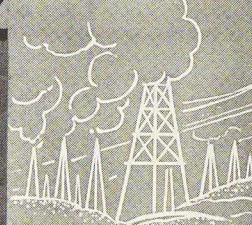


TUBES POUR TOUTES ACTIVITÉS

CHARBONNAGES



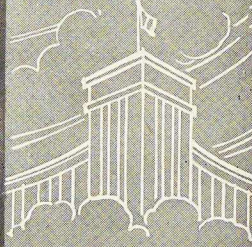
PÉTROLE



CANALISATIONS



TRAVAUX PUBLICS

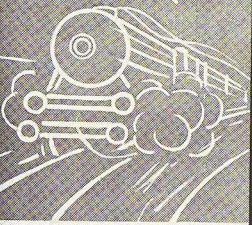


EAU



GAZ

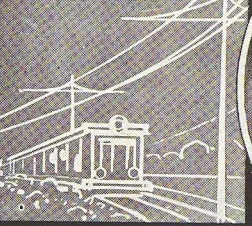
CONSTRUCTION MÉCANIQUE



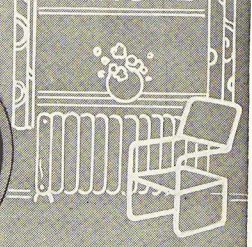
SPORTS



TRANSPORT DE FORCE



LE HOME



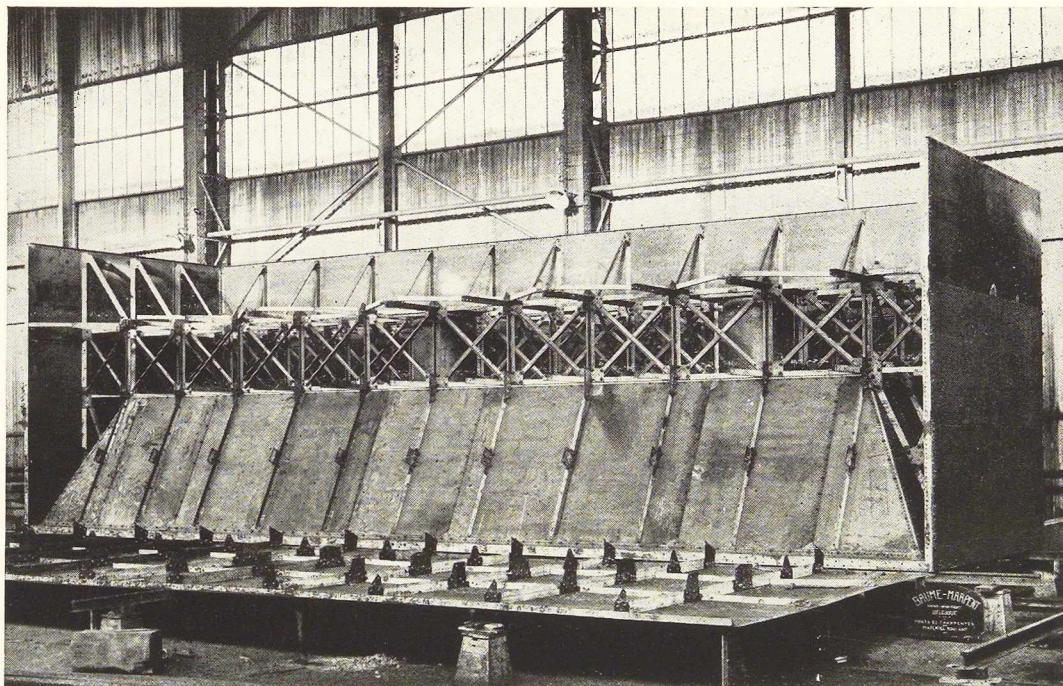
TOUS DIAMÈTRES
DE 3^m/_m A 1250^m/_m
ET PLUS



USINES A TUBES DE LA MEUSE

STÉ A ME FLÉMALLE-HAUTE BELGIQUE

SOBELPRO



Caisson de fonçage utilisé pour la construction du pont de Kafr-el-Zayat, Egypte

BAUME & MARPENT

SOCIÉTÉ ANONYME

HAINÉ-SAINT-PIERRE, MORLANWELZ (Belgique)

MARPENT (Nord-France)

MATERIEL ROULANT

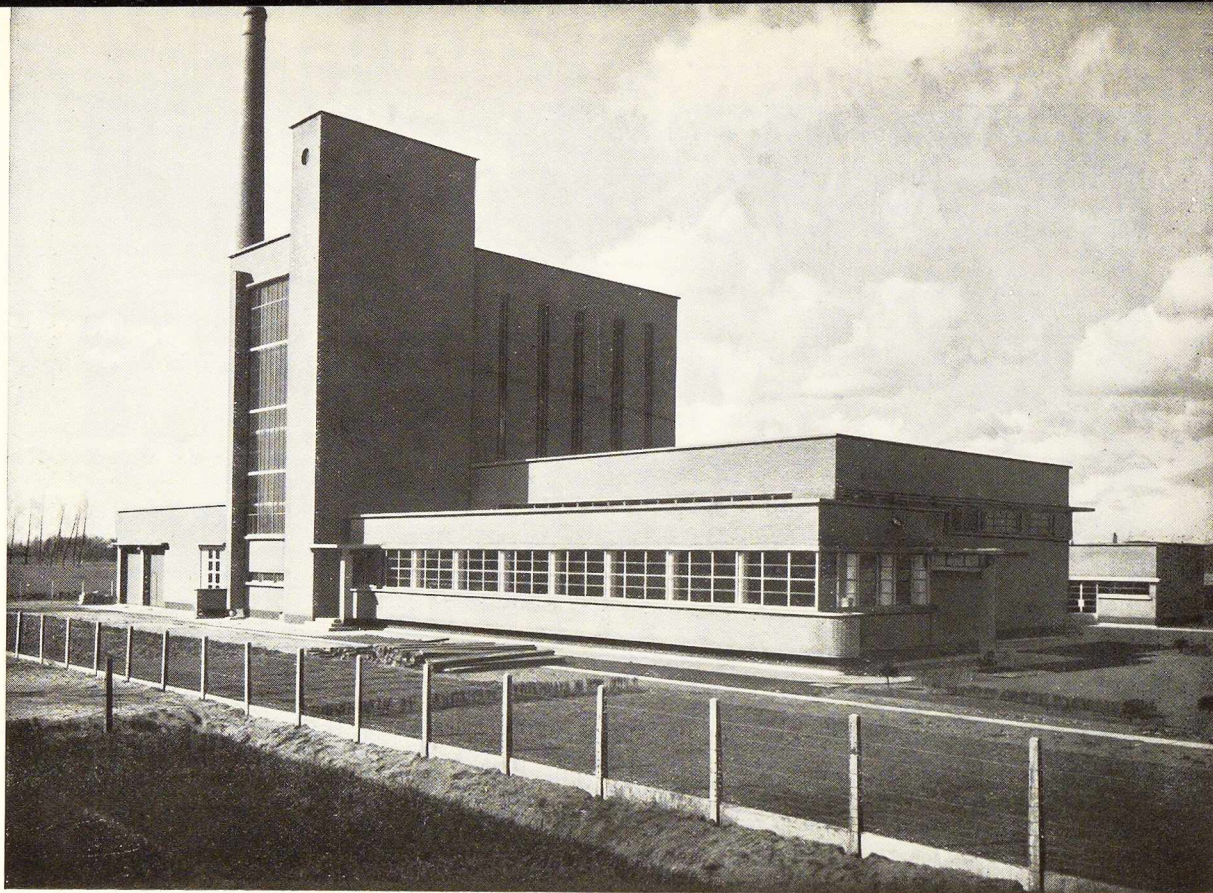
PONTS · CHARPENTES

ACIERS MOULÉS

RÉSERVOIRS

MOTEURS ROTATIFS

RM A AIR COMPRIMÉ



Usine à Terdonck

Architecte : J. Lippens, Gand

SOCIÉTÉ MÉTALLURGIQUE DE BAUME S. A.

SOMIEBA

TÉLÉPHONES : 279 LA LOUVIÈRE
15.81.57 BRUXELLES

LA LOUVIÈRE

MENUISERIES MÉTALLIQUES

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

CONSTRUCTION

CHARPENTES, RÉSERVOIRS
TUYAUTERIES, POTEAUX
SOUDURE ÉLECTRIQUE

REGISTRE DE COMMERCE : MONS 378

APPAREILS DE LEVAGE, DE MANUTENTION ET DE TRACTION ÉLECTRIQUE



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

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

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

SOCIÉTÉ ANONYME

LE TITAN ANVERSOIS

H O B O K E N
BELGIQUE

ENROBAGES COMPRIMÉS A LA PRESSE

*Pourquoi ? — Qualité !
Régularité !*

SOUDOMETAL S. A.

LICENCE DES PROCÉDÉS OERLIKON

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

SOUDOMÉTAL, SOCIÉTÉ ANONYME

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

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



NOS SPÉCIALITÉS :

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

LES ATELIERS MÉTALLURGIQUES S.
A.
NIVELLES

USINES A NIVELLES - TUBIZE - LA SAMBRE - MANAGÉ

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

Les Ateliers de construction

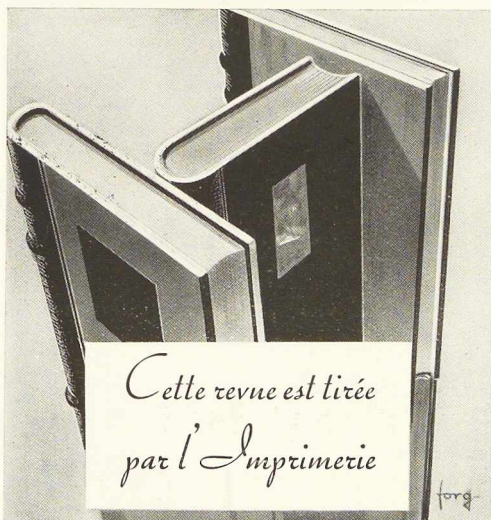
Ventola

S. A. **GAND, 155, Haut-Chemin. Tél. 516.19**
VENTILATEURS - TOLERIE - AÉROTHERMES - SÉCHAGE
TRANSPORT PNEUMATIQUE - FILTRAGE - ETC., ETC.

PHENIX-WORKS

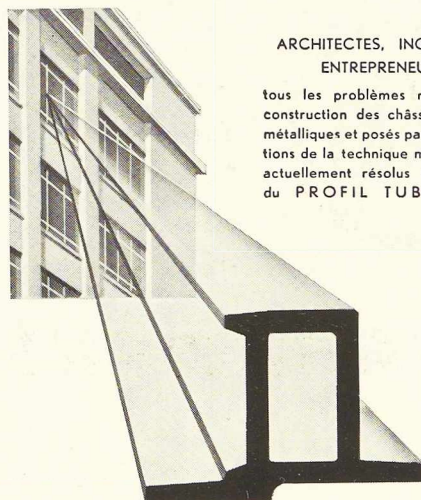
SOCIÉTÉ ANONYME
FLEMALLE-HAUTE
(LIÈGE)

LAMINOIR A TOLES FINES, TOLES GALVANISÉES, PLANES, ONDULÉES, TOLES PLOMBÉES, FEUILLARDS GALVANISÉS, FER-BLANC
ARTICLES DE MÉNAGE GALVANISÉS ET ÉMAILLÉS



*Cette revue est tirée
par l'Imprimerie*

**GEORGES
THONÉ**
À LIÈGE



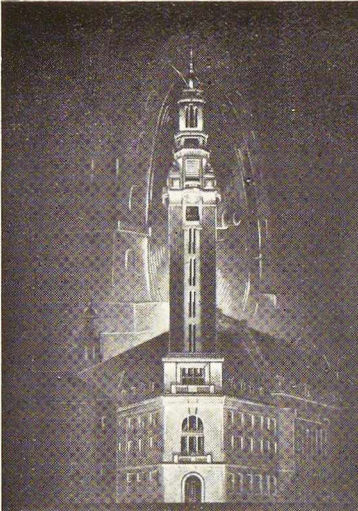
ARCHITECTES, INGÉNIEURS,
ENTREPRENEURS.

tous les problèmes relatifs à la
construction des châssis et portes
métalliques et posés par les concep-
tions de la technique moderne sont
actuellement résolus par l'emploi
du PROFIL TUBULAIRE.

DEMANDEZ NOTRE NOTICE EXPLICATIVE

CHAMEBEL S.A.

VILVORDE - Bureaux: 31, rue Montagne-aux-Herbes-Potagères, BRUXELLES



CHARLEROI
CAPITALE
DE LA
CONSTRUCTION
ELECTRIQUE BELGE

A . C . E . C


**TOUT LE MATÉRIEL
ÉLECTRIQUE INDUSTRIEL**

SERVICE EXPORTATION
A CHARLEROI (BELGIQUE)

BUREAUX A :

Londres, New-York, Varsovie,
Le Caire, Téhéran, Bombay,
Madras, Rio de Janeiro,
São Paulo, Sidney, Shanghai,
Hong-Kong.

AGENCES dans le monde entier.



Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi
SOCIÉTÉ ANONYME

INDEX DES ANNONCEURS

	Pages		Pages
A		M	
A.C.E.C.	24	Marigrée, Société Commerciale d'Out- grée	10
A.C.M.T.	11	N	
L'Air Liquide	17	Nobels-Peelman	couv. III
Arcos, « La Soudure Electrique Auto- gène »	7	O	
Ateliers Métallurgiques Nivelles	22	Oxhydrique Internationale	2
B		P	
Baume et Marpent, S. A.	19	Phénix Works	23
Ateliers de Bouchout et Thirion Réunis	6	S	
S. A. Usines de Braine-le-Comte	5	Someba	20
La Brugeoise et Nicaise & Delcuve.	couv. II	Soudométal	22
C		T	
Chamebel	23	Titan Anversois	21
Cockerill	13	Imprimerie Thone	23
Columeta	8-9	Usines à Tubes de la Meuse	18
D		V	
Davum	15	Ventola	23
Alexandre Devis & Co	12	W	
E		Anciens Ets Paul Würth	14
Société Métallurgique d'Enghien-Saint- Eloi	couv. IV		
E.S.A.B.	16		

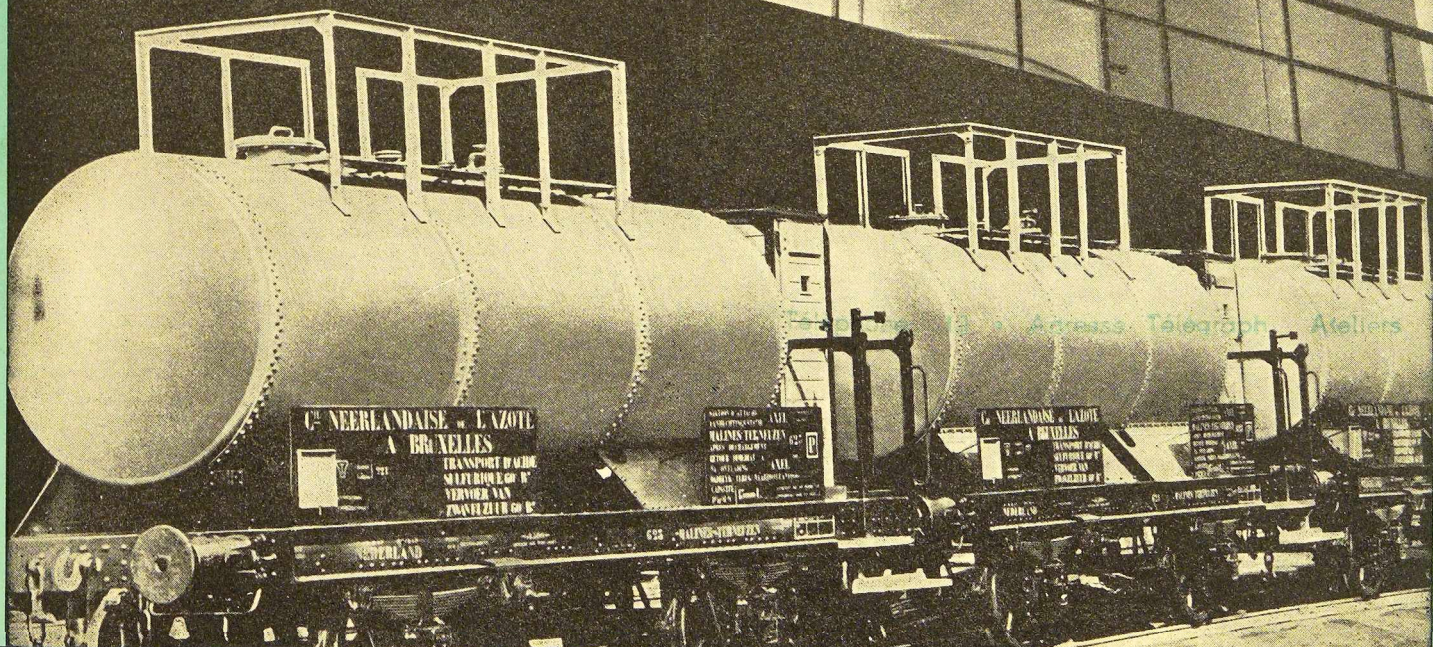
A. E. M.

noBELS-peELumouN

ST. NICOLAS WAES BELGIOUE

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

GULF

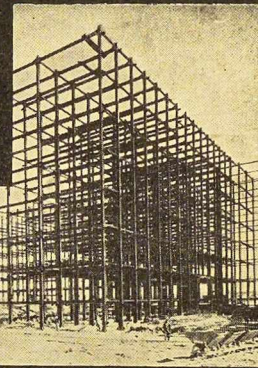
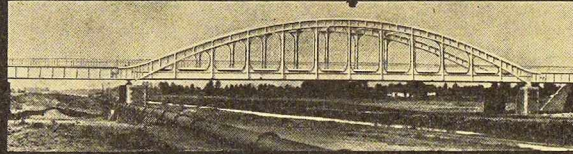


Address: Télégraph: Ateliers

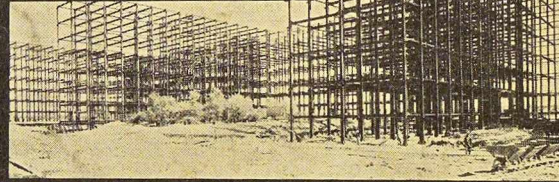
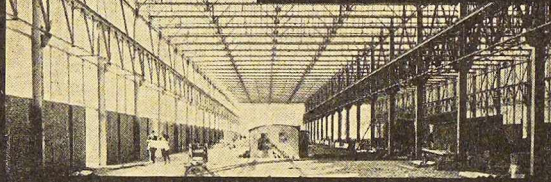
RIVURE



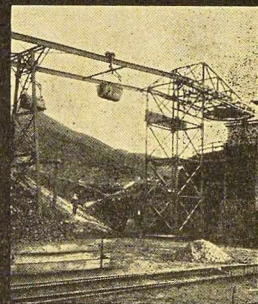
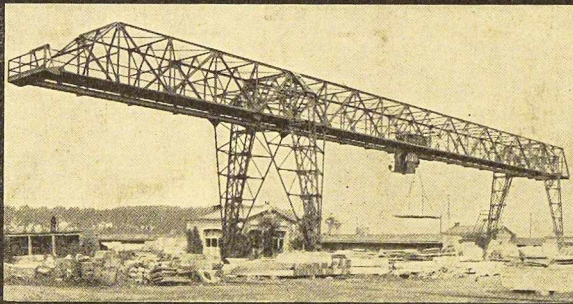
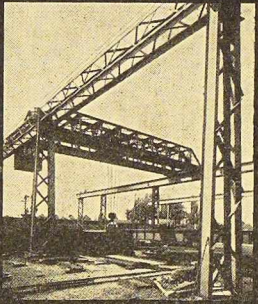
SOUDURE



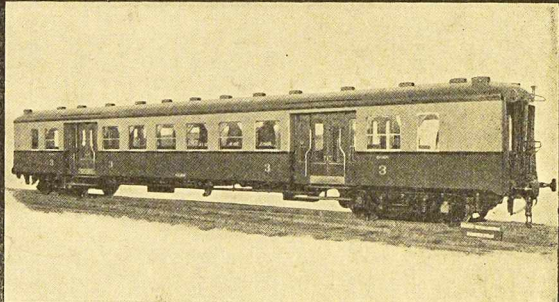
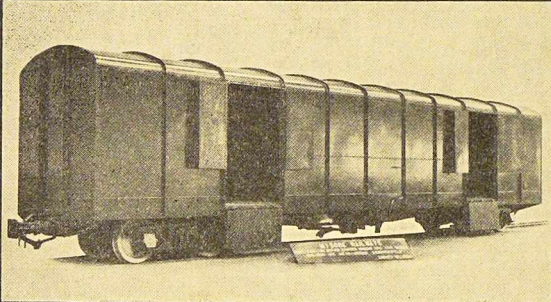
PONTS



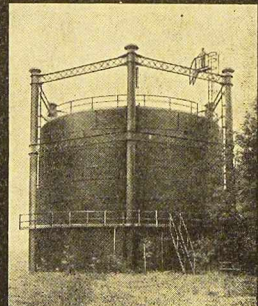
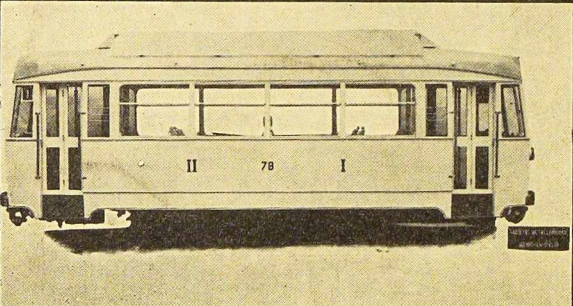
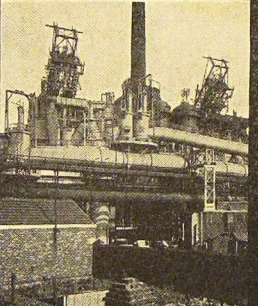
CHARPENTES



LEVAGE ET MANUTENTION



MATERIEL DE CHEMINS DE FER



TUYAUX

BOULONNERIE

CHAUDRONNERIE

SOCIÉTÉ MÉTALLURGIQUE D'

ENGHIEN S^T-ELOI

Téléphone : 22 et 265 ENGHEN

A ENGHEN - BELGIQUE

Adr. Tél. SAINTELOI - ENGHEN
(Belgique)

Imp. G. Thone, Liège (Belgique)