

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. télégraph. : « Ossature-Bruxelles »

8^e ANNÉE

N° 10

OCTOBRE 1939

S O M M A I R E

La construction du nouveau pont « Reichsbrücke » sur le Danube à Vienne, par J. Wagner	415
L'acier dans les transports	421
Une distribution industrielle de vapeur, par A. De Smaele	422
La cité-jardin de Parkchester aux Etats-Unis	427
L'équipement métallique de la scène de la Société Libre d'Emulation à Liège	429
La construction des réservoirs enterrés	432
Les travaux de la Jonction Nord-Midi à Bruxelles	436
Contribution au calcul statique des conduites circulaires, par B. Enyedi	439
CHRONIQUE : Le marché de l'acier pendant le mois de septembre 1939. - Baraquements démontables. - Emploi de palanques au Canal Albert. - L'acier dans la fabrication des appareils ménagers aux Etats-Unis. - ÉCHOS ET NOUVELLES	452
OUVRAGES RÉCEMMENT PARUS	455
BIBLIOGRAPHIE	457

COUVERTURE : La photographie de la couverture représente l'ossature métallique des bâtiments de la cité de « Quarry Hill » à Leeds, Angleterre.

ABONNEMENTS :

Belgique, Grand-Duché de Luxembourg, Congo belge : 1 an, 60 francs belges.

France et ses Colonies : 1 an, 95 francs français, payables au dépositaire général pour la France : Librairie des Sciences GIRARDOT & C^{ie}, 27, quai des Grands-Augustins, Paris 6^e (Compte chèques postaux : Paris n° 1760.73).

Autres pays : 1 an, 20 belgas, payables par chèques postaux, par chèque ou par mandat-poste, adressés au Centre belgo-luxembourgeois d'Information de l'Acier, à Bruxelles.

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

PRIX DU NUMÉRO :

Belgique, Grand-Duché de Luxembourg, Congo belge : francs belges 7,50,
France : francs français 10,-, **autres pays** : belgas 2,-.

DROIT DE REPRODUCTION :

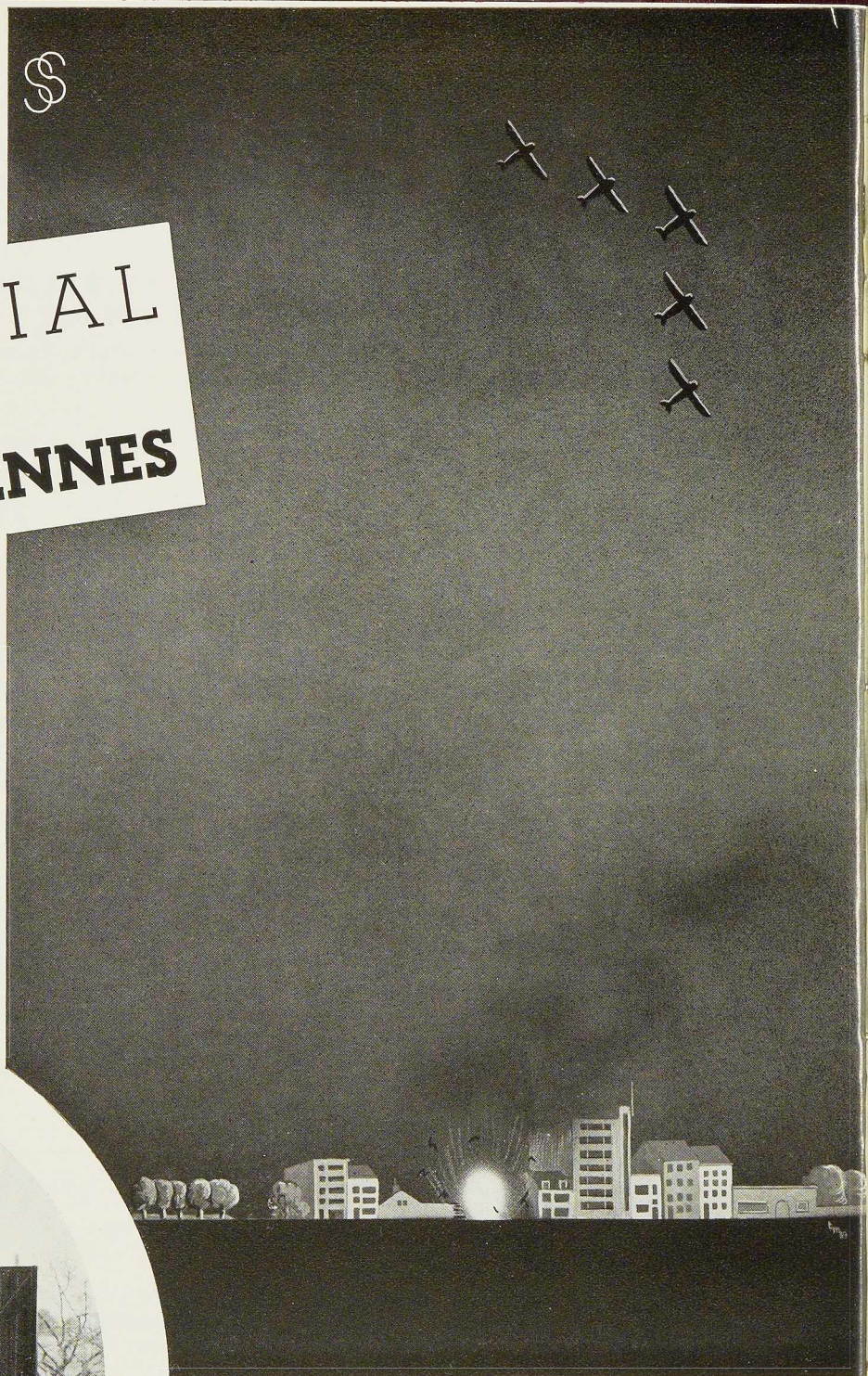
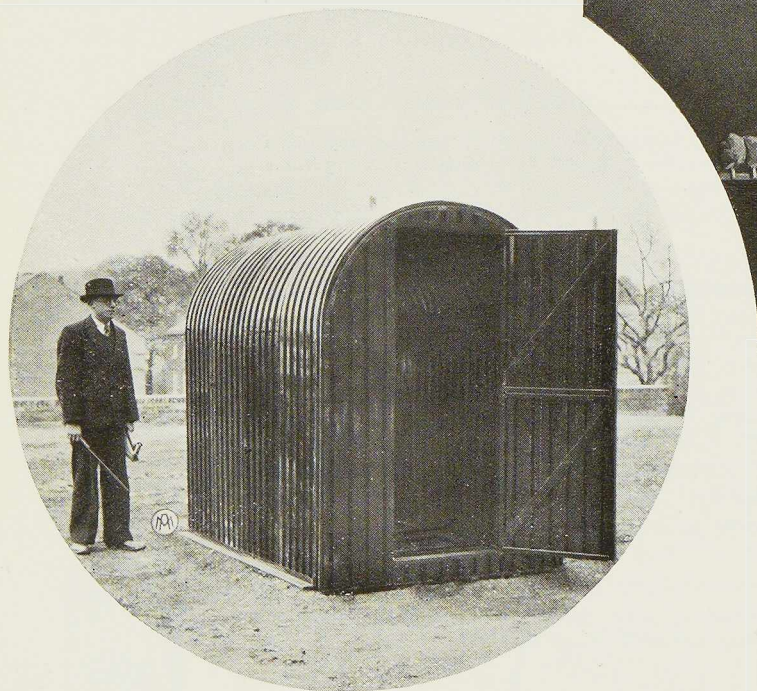
La reproduction de tout ou partie des articles ou des illustrations ne peut se faire qu'en citant **L'Ossature Métallique**.

BIBL. UNIV.
GENT



ABRI FAMILIAL
contre les
ATTAQUES AERIENNES

DE CONSTRUCTION
 RAPIDE ET SIMPLE
 EN TOLES, A RECOU-
 VRIR DE TERRE,
 SABLE OU BETON



Les
A T E L I E R S
M E T A L L U R G I Q U E S
N I V E L L E S
 S. A.

CENTRE BELGO-LUXEMBOURGEOIS D'INFORMATION DE L'ACIER

ASSOCIATION SANS BUT LUCRATIF

Président d'Honneur : M. Eugène GEVAERT, Directeur Général Honoraire des Ponts et Chaussées.

CONSEIL D'ADMINISTRATION

Président :

M. Albert D'HEUR, Président du Comptoir de Vente de la Sidérurgie Belge.

Vice-Président :

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

Membres :

M. Oscar BIHET, Administrateur-Directeur Gérant des Usines à Tubes de la Meuse, S. A.;

M. Fernand COURTOY, Président et Administrateur délégué du Bureau d'Etudes Industrielles F. COURTOY, S. A.;

M. Arthur DECOUX, Directeur Général de la S. A. des Laminoirs, Hauts Fourneaux, Forges, Fonderies et Usines de La Providence, Vice-Président du Groupement des Hauts Fourneaux et Aciéries Belges;

M. Alexandre DEVIS, Administrateur délégué de la S. A. des Anciens Etablissements Paul Devis, Délégué de la Chambre Syndicale des Marchands de Fer et du Groupement des Marchands de fer et poutrelles de Belgique;

Directeur : M. Léon RUCQUOI, Ingénieur civil des Mines, Ingénieur des Constructions civiles, Master of Science in Civil Engineering.

Correspondant étranger : M. Gérard-L. WILKIN, Ing. (A. I. Br.), 370, Riverside Drive, New-York, U. S. A.

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

M. Léon GREINER, Administrateur-Directeur Général de la S. A. John Cockerill, Président du Groupement des Hauts Fourneaux et Aciéries Belges;

M. Louis ISAAC, Administrateur délégué de la S. A. Métallurgique d'Enghien-Saint-Eloi;

M. Ludovic JANSSENS de VAREBEKE, Président de la S. A. des Anciens Etablissements Métallurgiques Nobels-Pelman;

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

M. Henri NOEZ, Directeur Général de la Fabrique de Fer de Charleroi, Président du Groupement des Transformateurs du Fer et de l'Acier 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.

Ingénieurs : M. René-A. NIHOUL, Ing. (A. I. G.);
M. G. N. BALBACHEVSKY, Ing. Tech. (I. G. Lg).

Secrétaire : M. J.-J. THIRY.

LISTE DES MEMBRES

ACIÉRIES BELGES

Angleur-Athus, S. A., à Tilleur-lez-Liège.

Usines Gustave Boël, S. A., à La Louvière.

Fabrique de Fer de Charleroi, S. A., à Charleroi.

Forges de Clabecq, S. A., à Clabecq.

John Cockerill, S. A., à Seraing-sur-Meuse.

Métallurgique d'Espérance-Longdoz, S. A., 1, rue de Huy, Liège.

Usines Gilson, S. A., à La Croyère, Bois-d'Haine.

Usines Métallurgiques du Hainaut, S. A., à Couillet.

Ougrée-Marihaye, S. A., à Ougrée.

Laminoirs, Hauts Fourneaux, Forges, Fonderies et Usines de La Providence, S. A., à Marchienne-au-Pont.

Aciéries et Minières de la Sambre, S. A., à Monceau-sur-Sambre.

Métallurgique de Sambre et Moselle, S. A., à Montigny-sur-Sambre.

Hauts Fourneaux, Forges et Aciéries de Thy-le-Château et Marcinelle, S. A., à Marcinelle.

ACIÉRIES LUXEMBOURGEOISES

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

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

Minière et Métallurgique de Rodange, S. A., à Rodange.

TRANSFORMATEURS

Laminoirs d'Anvers, S. A., 38, rue Métropole, Schooten.

Forges et Laminoirs de Baume, S. A., à Haine-Saint-Pierre.

Tôleries Delloye-Matthieu, S. A., à Marchin (Huy).

Usines Gilson, S. A., à La Croyère, Bois-d'Haine.

Laminoirs de Longtain, S. A., à La Croyère, Bois-d'Haine.

La Métal-Autogène, S. A., 490, rue Saint-Léonard, Liège.

Usines de Moncheret, à Acoz, Division de la S. A. des Aciéries et Minières de la Sambre.

Laminoirs de l'Ourthe, S. A., Sauheid-lez-Chênée.

Phénix Works, S. A., 1, rue Paul Borgnet, Flémalle-Haute.

Laminoirs et Boulonneries du Ruau, S. A., à Monceau-sur-Sambre.

Usines à Tubes de la Meuse, S. A., à Flémalle-Haute.

ATELIERS DE CONSTRUCTION

Société Anglo-Franco-Belge de Matériel de chemins de fer, à La Croÿère.
Awans-François, S. A., à Awans-Bierset.
Ateliers de Construction de la Basse-Sambre, S. A., à Moustier-sur-Sambre.
Baume et Marpent, S. A., à Haine-Saint-Pierre.
Ateliers de Construction Alphonse Bouillon, 58, rue de Birmingham, Molenbeek-Saint-Jean.
Ateliers de Construction Paul Bracke, s. p. r. l., 30-40, rue de l'Abondance, Bruxelles.
Usines de Braine-le-Comte, S. A., à Braine-le-Comte.
La Brugeoise et Nicaise & Delcuve, S. A., à Saint-Michel-lez-Bruges.
Chauobel, 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 Lavois à charbon, 31, rue du Lombard, Bruxelles.
Compagnie Centrale de Construction, S. A., à Haine-Saint-Pierre.
Ateliers Detombay, S. A., à Marcinelle.
Ateliers de la Dyle, S. A., à Louvain.
Société Métallurgique d'Enghien-Saint-Eloi, S. A., à Enghien.
Ateliers Georges Heine, S. A., chaussée des Forges, Huy.
Ateliers de Construction de Jambes-Namur, S. A., à Jambes-Namur.
Constructions Métalliques de Jemeppe-sur-Meuse, S. A., Anc. Ateliers Georges Dubois, à Jemeppe-sur-Meuse.
Ateliers Emile Kas, avenue de Mai, 264-266, Woluwe-Saint-Lambert.
Ateliers de Construction de Malines (Acomal), S. A., 29, Canal d'Hanswyck, Malines.
Les Ateliers Métallurgiques, S. A., à Nivelles.
Anciens Etablissements Métallurgiques Nobels-Peelman, 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.
« Soméba », Société Métallurgique de Baume, S. A., rue Lecat, La Louvière (Baume).
Ateliers Arthur Sougniez Fils, 42, rue des Forgerons, Marcinelle.
Etablissements D. Steyart-Heene, à Eecloo.
Ateliers de Construction Mécanique de Tirlemont, S. A., à Tirlemont.
Société Anonyme de Construction et des Ateliers de Willebroeck, à Willebroeck.
Société Anonyme des Anciens Etablissements Paul Würth, à Luxembourg.

CHÂSSIS MÉTALLIQUES

Chamebel (Le Châssis Métallique Belge), S. A. Belge, chaussée de Louvain, à Vilvorde.
« Soméba », Société Métallurgique de Baume, S. A., rue Lecat, La Louvière (Baume).
Ateliers Tantôt Frères, S. A., 39, rue de l'Orient, Bruxelles.

MEUBLES MÉTALLIQUES

Maison Desoer, S. A. (meubles métalliques ACIOR), 17-21, rue Ste-Véronique, Liège; 16, rue des Boiteux, Bruxelles.
Etablissements C. Lechat, Ing., S. A., 12, rue de l'Automne, 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.
Electro-Soudure Thermarc, S. A., plaine des Manœuvres, Louvain.

L'Air Liquide, S. A., 31, quai Orban, Liège.
La Soudure Electrique Autogène « Arcos », S. A., 58-62, rue des Deux Gares, Bruxelles.
L'Oxydrique Internationale, S. A. 31, rue Pierre van Humbeek, Bruxelles.

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 :

Anciens Etablissements Paul Devis, S. A., 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.
Oortmeyer, Mercken et Cie, Société en commandite simple, 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'Etudes Industrielles Fernand Courtoy, S. A., 43, rue des Colonies, Bruxelles.
Bureau d'Etudes 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. A. Spoliarsky, ingénieur-conseil (A.I.Lg.), Résidence Palace, 155, rue de la Loi, Bruxelles.
M. P. Streitz, ingénieur-conseil (A.I.G., A.I.Lg., A.I.M.), Bureau d'Etudes « Bétéc », 186, ch. d'Ixelles, Bruxelles.
M. J. F. Van der Haeghen, ingénieur-conseil (U.I.Lv.), 104, boulevard Saint-Michel, Bruxelles.
MM. J. Verdeyen et P. Moenaert, ingénieurs-conseils (A.I.Br.), 5, rue Jean Chapelié, Bruxelles.

PROTECTION CONTRE LA CORROSION

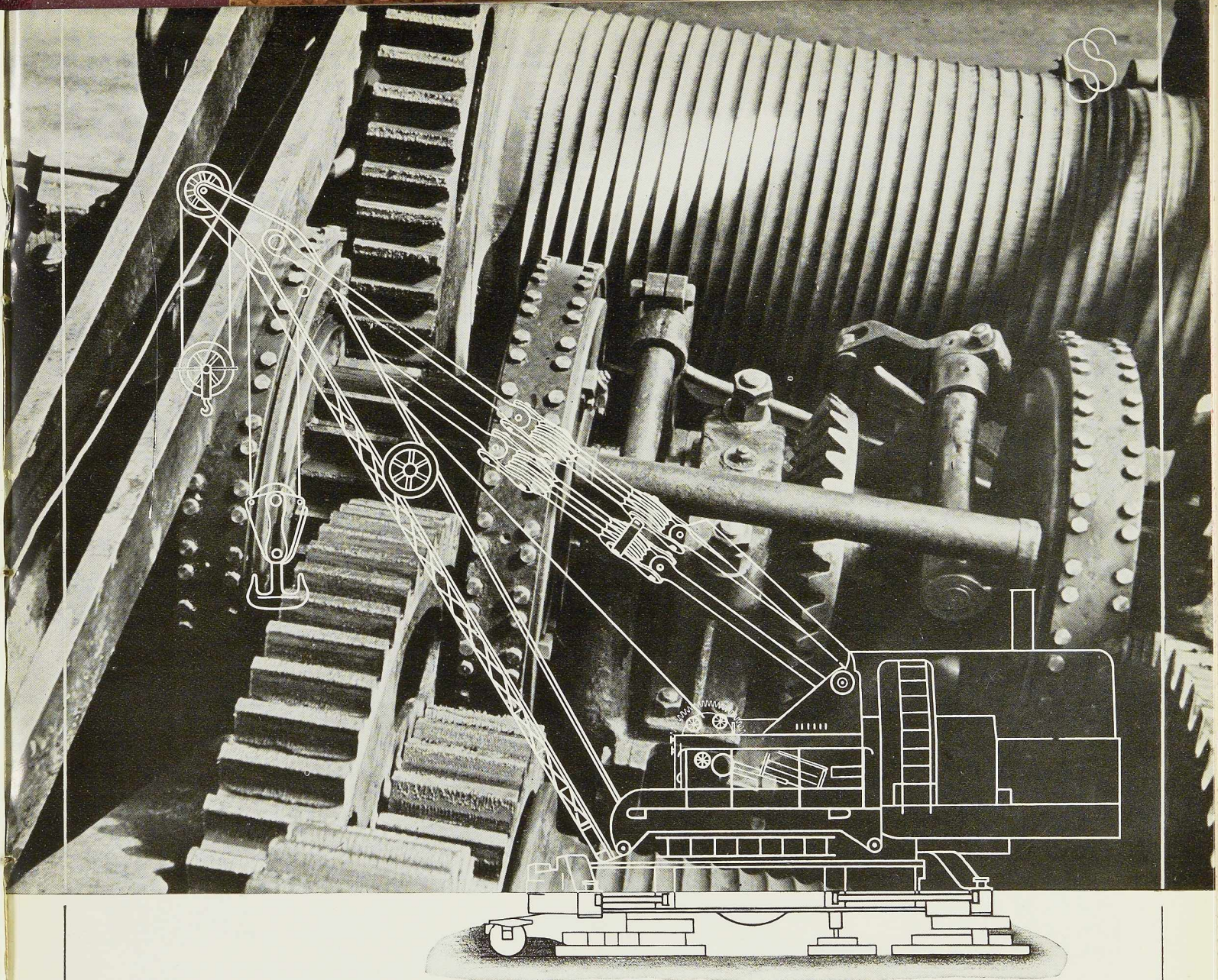
Acéméta, S. A., 44, avenue Rittweger, Haren-Brunelles.
Métallisation des Flandres, S. P. R. L., 57-59, Vieux Chemin de Bruxelles, Gendbrugge-lez-Gand.

MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

Briqueteries et Tuileries du Brabant, S. A., 21, rue de Mons, Tubize.
Etablissements Cantillana, S. A., rue de France, 29, Bruxelles.
Farcométal (métal déployé), 204, rue Royale, Bruxelles.
Le Plancher Tubacrier (Produits Durisol), 158, boulevard Adolphe Max, Bruxelles.
Tuileries et Briqueteries d'Hennuyères et de Wanlin, S. A., à Hennuyères.
MM. Vallaeys et Vierin (Briques Moler), 69, av. Broustin, Ganshoren-Brunelles; 9, av. Elsdonck, Wilrijk-Anvers.

MEMBRES INDIVIDUELS

M. Eug. François, professeur à l'Université de Bruxelles, 155, rue de la Loi, Bruxelles.
M. Jean François, membre associé de la firme François, 43, rue du Cornet, Bruxelles.
M. J.-R. Van Hoenacker, architecte, rue Vénus, 33, Anvers.



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

COCKERILL

SERAING

Studio Simar-Stevens.

*Soudez avec les
nouvelles*

ELECTRODES

OK



- OKR1** *pour l'acier 14%Cr*
- OKR2** *pour l'acier "18/8"*
- OKR3** *pour l'acier "18/8" avec Mo*
- OKR4** *pour l'acier réfractaire*
- OKR** *SPECIALES sur demande
pour tout autre acier
inoxydable.*

pour
ACIER INOXYDABLE

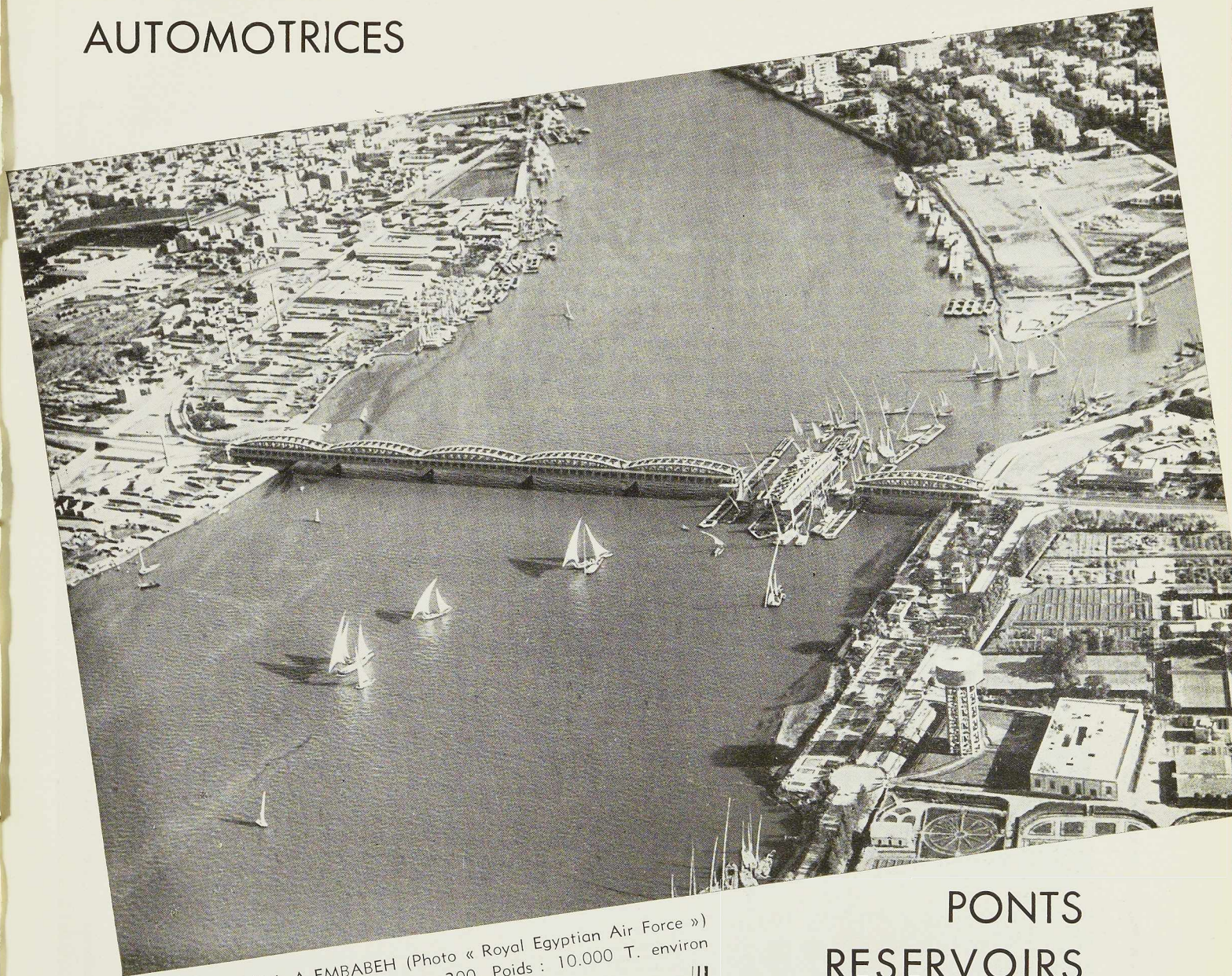
*Excellentes propriétés de sou-
dabilité dans toutes positions.*

ESAB

Société Anonyme
BRUXELLES



VOITURES-WAGONS
AUTOMOTRICES



PONT SUR LE NIL A EMBABEH (Photo « Royal Egyptian Air Force »)
Longueur : 490 m. Largeur : 20 m. Poids : 10.000 T. environ

PONTS
RESERVOIRS
CHARPENTES
ACIERS MOULÉS

MOTEURS ROTATIFS RM A AIR COMPRIMÉ

BAUME & MARPENT

SOCIÉTÉ ANONYME

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

Photo Jacoby



Université de Liège - Institut de Thermodynamique au Val-Benoît - Direction technique : Prof. Campus

L E S C H A S S I S M É T A L L I Q U E S

SOMIEBA

Métallisés par le procédé « SCHORI » sont garantis à l'abri de la rouille
DEMANDEZ NOTRE DOCUMENTATION, LA BROCHURE ILLUSTRÉE N° T 1 A
S O M E B A S O C I É T É M É T A L L U R G I Q U E D E B A U M E, S. A. L A L O U V I È R E

L'OSSATURE MÉTALLIQUE

REVUE MENSUELLE DES APPLICATIONS DE L'ACIER

8^e ANNÉE - N^o 10

OCTOBRE 1939

La construction du nouveau pont "Reichsbrücke" sur le Danube à Vienne

par J. Wagner,

Ingénieur-Docteur, Conseiller ministériel ⁽¹⁾

Généralités

Entre les années 1872 et 1876 fut construit à Vienne le pont dit Reichsbrücke, franchissant le Danube. Avec sa chaussée de 7^m58 et ses deux trottoirs de 1^m85 de largeur, le pont limitait considérablement le trafic sur une longueur de 1.000 mètres, vers la grande plage « Gänsehäufel » et l'aérodrome d'Aspern, situés sur la rive gauche du fleuve.

Cette situation et la résistance réduite du fer forgé employé pour les poutres en treillis de cet ouvrage et devenu cassant au cours des années, rendaient absolument nécessaire la reconstruction du pont.

Un concours ouvert au début de l'année 1933

donna naissance à de nombreux projets, parmi lesquels le projet d'un pont suspendu à chaînes, présenté par la *Waagner Biro A.G.*, fut retenu pour l'exécution. Ce projet prévoyait, pour le franchissement du fleuve, une travée centrale suspendue à des chaînes, de 243^m50 de distance entre piles, flanquée de deux travées latérales de 60 et 61 mètres de portée. La largeur minimum du tablier était de 16^m50, celle des trottoirs de 3^m50. La pile en rivière de gauche devait être construite, mais la pile droite existante pouvait être réutilisée. Les 16 arches de marée de la rive

⁽¹⁾ Adaptation d'études de l'auteur publiées dans les revues *Zentralblatt der Bauverwaltung*, n^o 9-1939, et *Stahlbau*, n^o 5/6-1939.

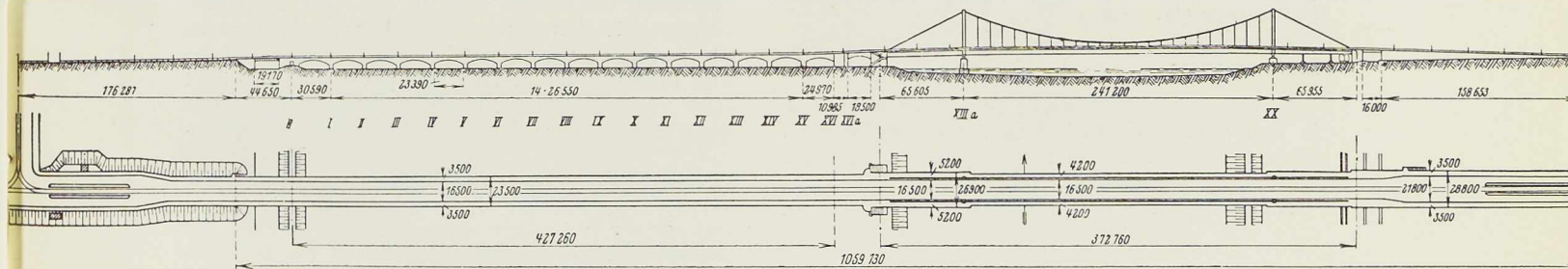


Fig. 565. Elévation du pont « Reichsbrücke » à Vienne.

N^o 10 - 1939





Fig. 566. Vue générale du nouveau pont « Reichsbrücke » à Vienne.

gauche et les deux rampes d'accès devaient être élargies.

Les travaux furent entrepris au début de l'année 1934. Comme l'axe de l'ancien pont devait être maintenu, il fut décidé de riper le pont existant constitué par une poutre en treillis continue sur 4 appuis, de façon à l'utiliser comme pont de service. Le ripage vers l'aval fut fait sur 26 mètres. Il constitue vraisemblablement le plus important ripage jamais effectué et a été décrit, en son temps, dans L'OSSATURE MÉTALLIQUE ⁽¹⁾.

Infrastructure

Le fonçage de la nouvelle pile, à 40 mètres de la rive gauche en pleine eau, a été exécuté au moyen d'un caisson en béton armé. Le caisson a été descendu jusqu'à 19 mètres sous l'eau.

A la rive droite, la pile existante a été réutilisée

⁽¹⁾ Ripage latéral d'un pont métallique sur le Danube à Vienne, par F. BLEICH (L'OSSATURE MÉTALLIQUE, n° 3-1935, pp. 140-143).

et élargie, sa surface étant insuffisante. Les travaux faits au moyen d'un caisson ont été poursuivis jusqu'à 10 mètres en dessous du niveau moyen des eaux.

Poutres de rigidité

L'examen de la nature du sol, lors de l'exécution des fondations, a montré que l'exécution d'un pont, dont les chaînes auraient été encastées dans le sol, ne paraissait pas donner entière sécurité. On décida alors de modifier le projet. La modification consista dans le prolongement de la poutre de rigidité de la travée centrale dans les deux travées de rive, et par ancrage direct des chaînes de suspension aux extrémités de la poutre de rigidité. D'après cette conception, la travée centrale de 241^m20 et les deux travées latérales de 65^m605 et 65^m955 constituent une poutre portante unique de 372^m76 de longueur, qui ne provoque sur le sol que des réactions verticales. La travée latérale de droite est divisée en trois travées, par l'introduction de deux appuis pendulaires (fig. 565).



La poutre de rigidité de la travée centrale, qui n'avait été calculée que pour des efforts de flexion, a dû être renforcée, pour faire face, en outre, à l'effort longitudinal horizontal de 7.115 tonnes. Les poutres latérales, qui étaient primitivement conçues comme des poutres à âme simple, ont dû être réalisées selon un profil en caisson très puissant.

Afin d'assurer une transmission simple des efforts longitudinaux des travées latérales de la poutre de rigidité à la travée centrale (fig. 570 et 575), on a établi un appui à rotule au droit des appuis centraux. Les éléments coulés de cet appui traversent les parois du pylône, s'arc-boutant aux poutres de rigidité et s'appuyant sur une rotule transmettant les charges verticales dans l'axe du pylône.

Le renforcement de la poutre de rigidité en caisson de la travée centrale a consisté, en haut et en bas du caisson, dans l'addition de deux séries de plats de 640 mm de hauteur. Les deux séries de plats sont reliées entre elles pour assurer la résistance au flambage.

Ce renforcement mérite d'être signalé en raison du fait qu'il a été réalisé alors que la poutre de rigidité était déjà montée et se trouvait sous tension.

Cette opération a posé aux ingénieurs un problème difficile, que seul le mode de construction en acier a permis de mener à bonne fin.

Pylônes

Les pylônes métalliques ont une section en caisson de 1^m80 sur 2^m40 de côté. Leur hauteur atteint 34 mètres (fig. 568). Ils sont réunis haut et bas par une poutre transversale, de façon à constituer un cadre rigide.

La poutre inférieure a été interrompue en son

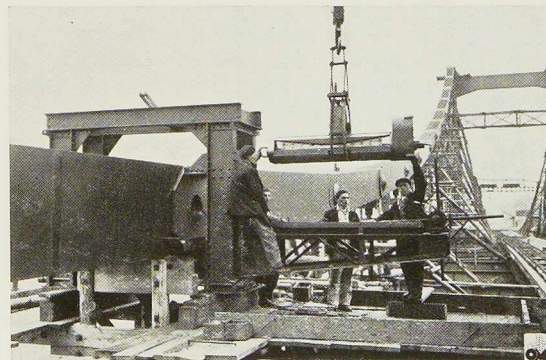


Fig. 567. Une phase de montage des chaînes.

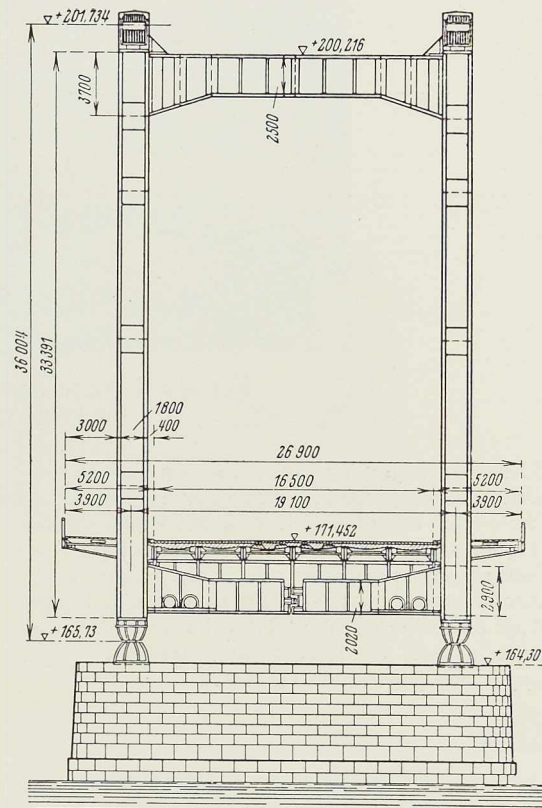


Fig. 568. Coupe transversale du pont.

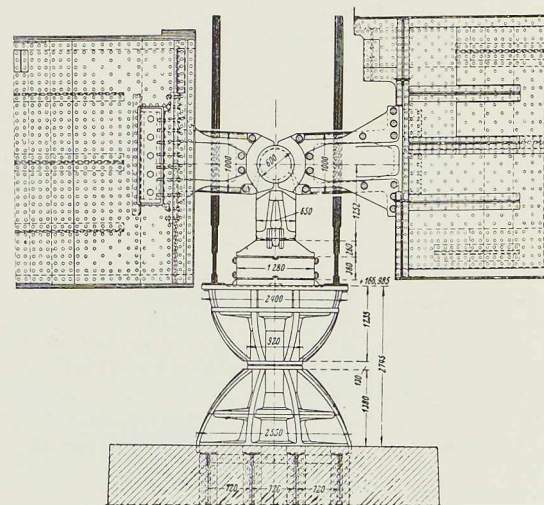


Fig. 569. Appui à rotule des poutres de rigidité.



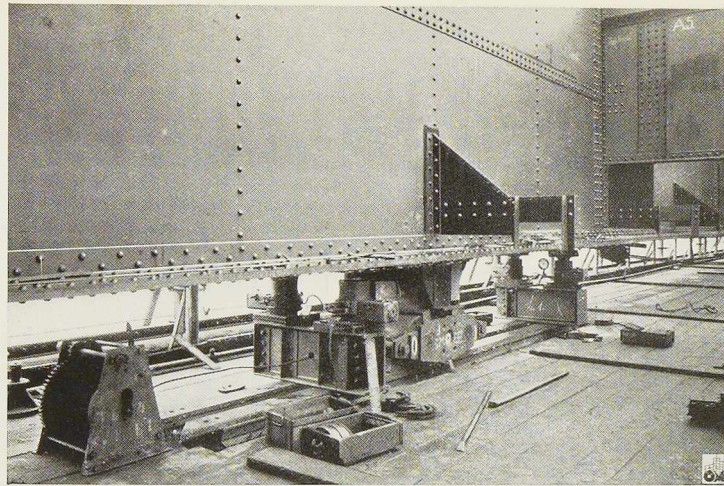


Fig. 570. Avancement des poutres de rigidité au moyen d'un chariot.

milieu, de façon à réduire l'action des changements de température. Les deux éléments sont réunis par un dispositif qui ne transmet que les efforts verticaux. Les pylônes de support des chaînes sont montés sur rotule. La charge maximum à laquelle est soumise une rotule d'appui est de 8.210 tonnes, dont 7.110 tonnes transmises par le pylône et 1.100 tonnes transmises par l'appui des poutres de rigidité.

Chaîne

Les éléments de la chaîne sont de section rectangulaire; ils ont 1^m20 de largeur et 10 mètres de longueur. Les dimensions de la chaîne ont pu être maintenues malgré l'augmentation du poids

résultant du renforcement de la poutre de rigidité. La flèche de la chaîne, prévue primitivement à 24 mètres, a dû être portée à 26 mètres pour tenir compte de l'augmentation de la traction de la chaîne. Les chaînons se composent alternativement de 13 éléments, ayant 22 mm d'épaisseur, et de 12 éléments de 24 mm d'épaisseur. Chaque chaînon pèse 37 tonnes. Au passage des boulons, qui ont en moyenne un diamètre de 450 mm, les éléments sont renforcés par des plats et atteignent 50 mm d'épaisseur. Le chaînon, se trouvant à la tête du pylône, est muni d'une pièce spéciale en acier coulé pour la transmission de la charge sur les montants du pylône. La traction maximum est de 8.062 tonnes. Les chaînes des travées latérales sont fixées aux extrémités



Fig. 571. Echafaudage pour le montage des chaînes.



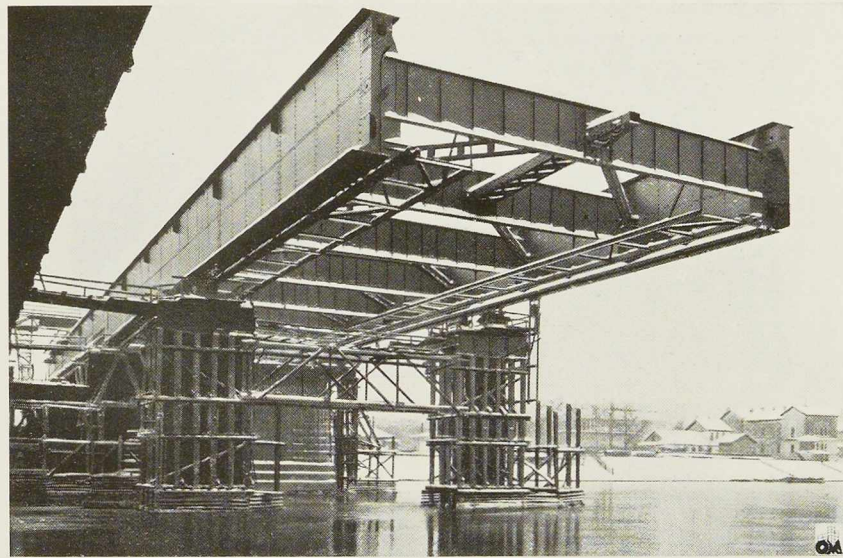


Fig. 572. Montage en porte-à-faux des poutres de rigidité. On note les entretoises et les pièces de contreventement.

des poutres de rigidité au moyen de boulons de 930 mm de diamètre, auxquels sont attachées également les chaînes d'ancrage.

La traction d'ancrage, déduction faite de la compression due au poids des travées latérales, est de 2.630 tonnes pour l'ancrage de gauche et de 3.113 tonnes pour l'ancrage de droite.

Un dispositif spécial a été prévu pour le réglage de la longueur des chaînes.

Suspentes

Les suspentes, dont la fonction est de réunir les poutres de rigidité aux chaînes porteuses, ont une section en I. Les ailes du I mesurent 240×34 mm et l'âme 100×74 mm. Les dispositifs d'attache aux chaînes et aux poutres de rigidité permettent aux suspentes des déplacements longitudinaux et transversaux.

Les suspentes sont espacées de 9^m55 d'axe en axe.

Contreventement

Le contreventement, établi à mi-hauteur des poutres de rigidité, s'étend sur toute la longueur du pont suspendu. Dans la travée centrale, le contreventement est constitué par des entretoises et des diagonales en K, tandis que dans les tra-



Fig. 573. Vue d'un pylône.



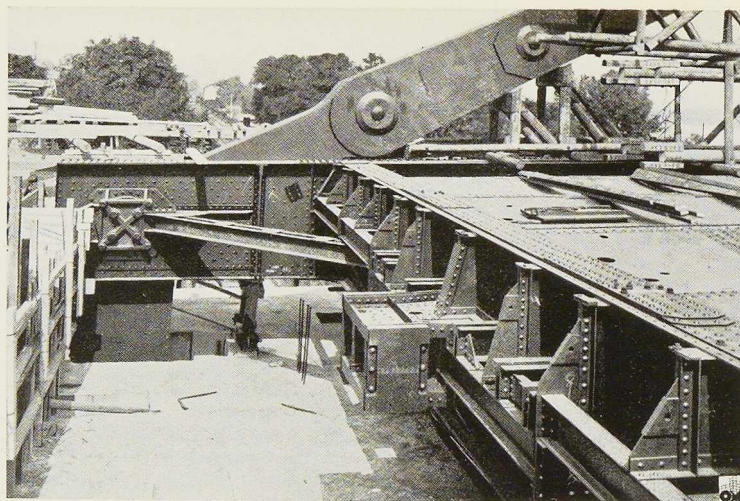


Fig. 574. Chaîne de retenue, chaîne d'ancrage et poutres de contreventement.

vées latérales, il consiste en un treillis horizontal reliant les deux poutres de rigidité.

Tablier

La figure 568 donne le mode de construction du tablier et des trottoirs. La largeur totale du nouveau pont est de 26^m90, soit une chaussée de 16^m50 et deux trottoirs de 5^m20. La largeur de l'ancien pont n'était que de 11^m40.

Montage

Le montage des poutres de rigidité a été effectué en porte-à-faux. Les éléments de poutres ont été amenés sur la rive gauche pour y être assemblés avec les entretoises et les pièces de contreventement, sur un échafaudage de 25 mètres de largeur. Un tronçon de 85 mètres de longueur a été ainsi formé et avancé vers le fleuve, pour être posé sur les piles en maçonnerie et des appuis intermédiaires temporaires. Au fur et à mesure de l'avancement des poutres vers le fleuve, on assemblait à celles-ci à terre de nouveaux tronçons. L'avancement se faisait au moyen de cha-

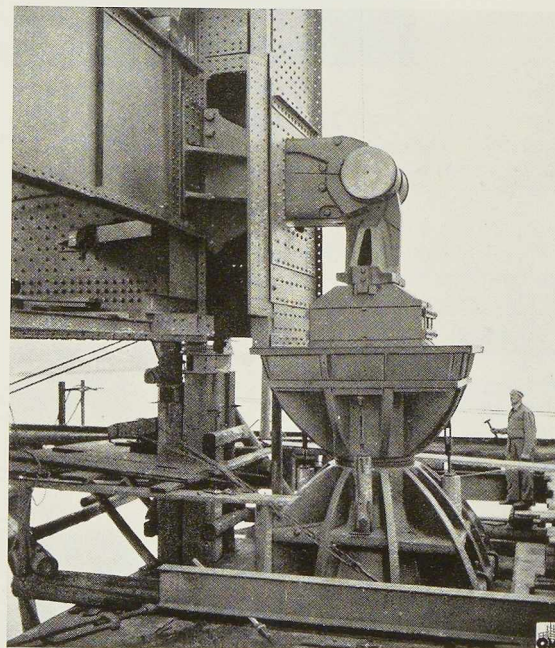


Fig. 575. Rotule d'appui des pylônes et des poutres de rigidité.



Fig. 576. Vue du pont pendant les essais au moyen de camions et de voitures de tramway sur six files de front.

riots sur rails, placés au droit des raidisseurs de l'âme des poutres.

Par suite de la disposition des vérins, distants de 4^m50 d'axe en axe (fig. 570), les chariots ne pouvaient avancer à la fois que de 2^m40. Au total, les chariots ont dû être déplacés 70 fois.

Le montage de la chaîne a été effectué au moyen d'une série d'échafaudages érigés sur les poutres de rigidité.

Etant donné que les chaînes, alors qu'elles n'ont à porter que leur poids propre, ont une flèche inférieure à celle qu'elles prennent sous la charge permanente du pont, les poutres de rigidité de la travée centrale furent montées à un niveau supérieur au niveau définitif. La mise en place des chaînes se faisait en partant de l'ancrage vers les pylônes et la travée centrale. La mise en place des attaches et des suspentes suivit celle des chaînes.

Matériaux et essais

Le pont fut ouvert au trafic en octobre 1937. Au total, il fut mis en œuvre 12.000 tonnes d'acier.

Les chaînes, les pylônes et les poutres de rigidité des travées latérales furent exécutés en acier St 55,12; les poutres de rigidité de la travée cen-

trale, les suspentes ainsi que tous les éléments métalliques du tablier du pont sont en acier St 44,12. Pour les blocs d'appui, on a utilisé de l'acier coulé; enfin les boulons assemblant les chaînes et les attaches des suspentes sont en acier St 55,11.

Le pont suspendu se complète, à gauche et à droite, par une travée en béton armé. Celle de droite a une portée de 16 mètres; celle de gauche a une portée de 18^m50. Sur la rive gauche, l'ouvrage se prolonge par un pont de marée composé de 16 travées en arc. Les arcs ont été élargis à l'amont et à l'aval pour porter la largeur de la chaussée de 7^m50 à 16^m50, la largeur totale du pont atteignant ainsi 23^m50 au lieu de 11^m40. Enfin, l'ancien pont comportait encore, sur la rive gauche, une travée extrême de 20 mètres de portée. Cette travée a été remplacée par une nouvelle construction métallique.

Sur la rive droite, l'ancien pont « Kailbrücke », composé de quatre travées en arc, a été supprimé. La rampe d'accès de la rive droite a une largeur de 28^m80 contre 11^m40 antérieurement. La rampe de la rive gauche a été également élargie. Les épreuves réglementaires, effectuées sur l'ouvrage, ont montré une bonne concordance entre les flèches mesurées au moyen d'appareils électro-acoustiques et les flèches établies par le calcul.

J. W.

L'ACIER DANS LES TRANSPORTS

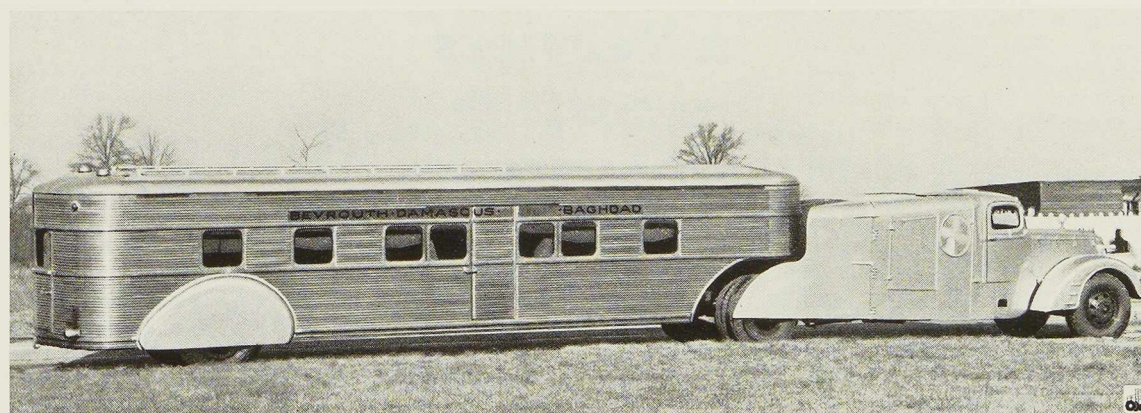


Photo Budd Mfg Co

Fig. 577. Vue d'une voiture automobile en acier inoxydable de la ligne Beyrouth-Damas-Bagdad. L'acier inoxydable possède une grande résistance à l'abrasion. Son emploi est tout indiqué pour les transports à travers le Sahara, où l'action abrasive du sable est particulièrement forte.

N° 10 - 1939



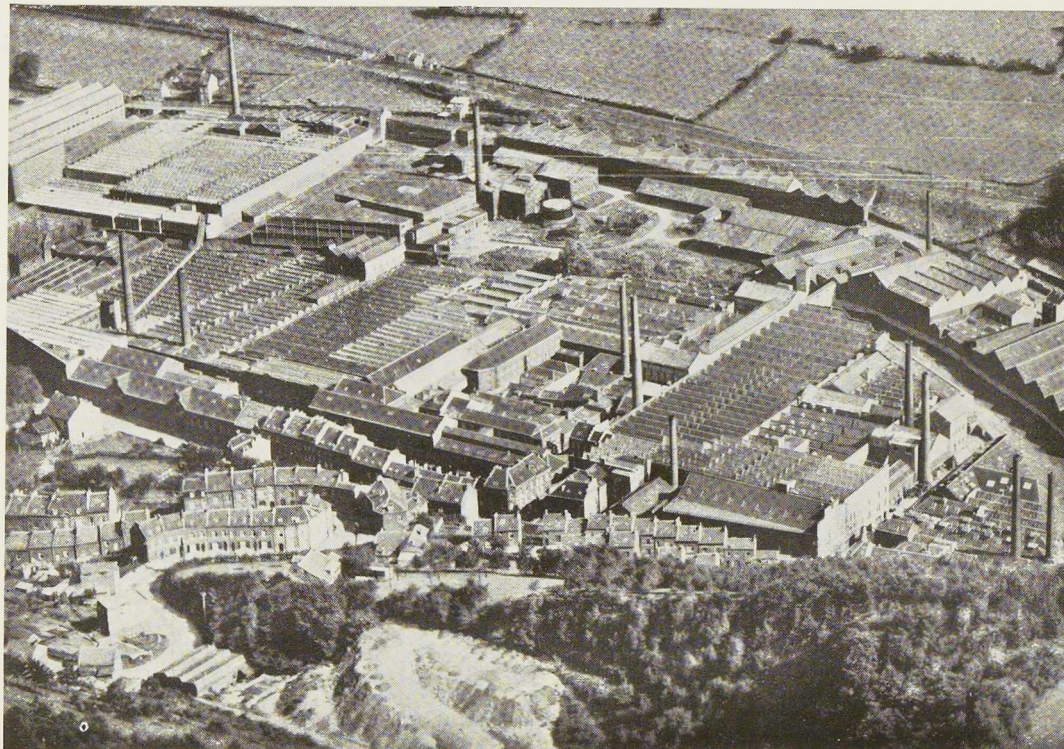


Fig. 578. Quelques-unes des cheminées arrêtées après la construction de la centrale de l'Intervapeur verviétoise.

Une distribution industrielle de vapeur à Verviers

par **A. De Smaele**

Ingénieur A. I. Lg. - A. I. M., Doctor Philosophy
Directeur à la Société Intercommunale Belge d'Électricité

En 1935, à la demande d'un groupe d'industriels, la Société Intercommunale Belge d'Électricité entreprenait l'étude d'une distribution de vapeur aux Usines de Verviers, fortes consommatrices de chaleur pour le lavage de la laine, la teinture, les apprêts, le chauffage et le conditionnement de l'air. Une prospection détaillée des besoins de l'industrie locale nous permettait de fixer son potentiel de consommation à 200 tonnes de vapeur par heure et 500.000 tonnes par an, et la longueur des canalisations maîtresses à 15 km.

En août 1936, les conventions nécessaires ayant

été négociées avec les industriels et les autorités, le premier coup de pioche était donné et, en décembre 1937, le premier feu était allumé.

Au cours de 1938, les clients étaient successivement raccordés au réseau de distribution et, actuellement, la centrale débite, suivant la saison, 1.000 à 3.000 tonnes de vapeur par jour.

La nouvelle centrale, uniquement destinée à l'alimentation de la distribution de vapeur, a été construite sur un emplacement situé au sud du chemin de fer de Verviers à Aix-la-Chapelle, non loin du centre de gravité de la charge.

N° 10 - 1939



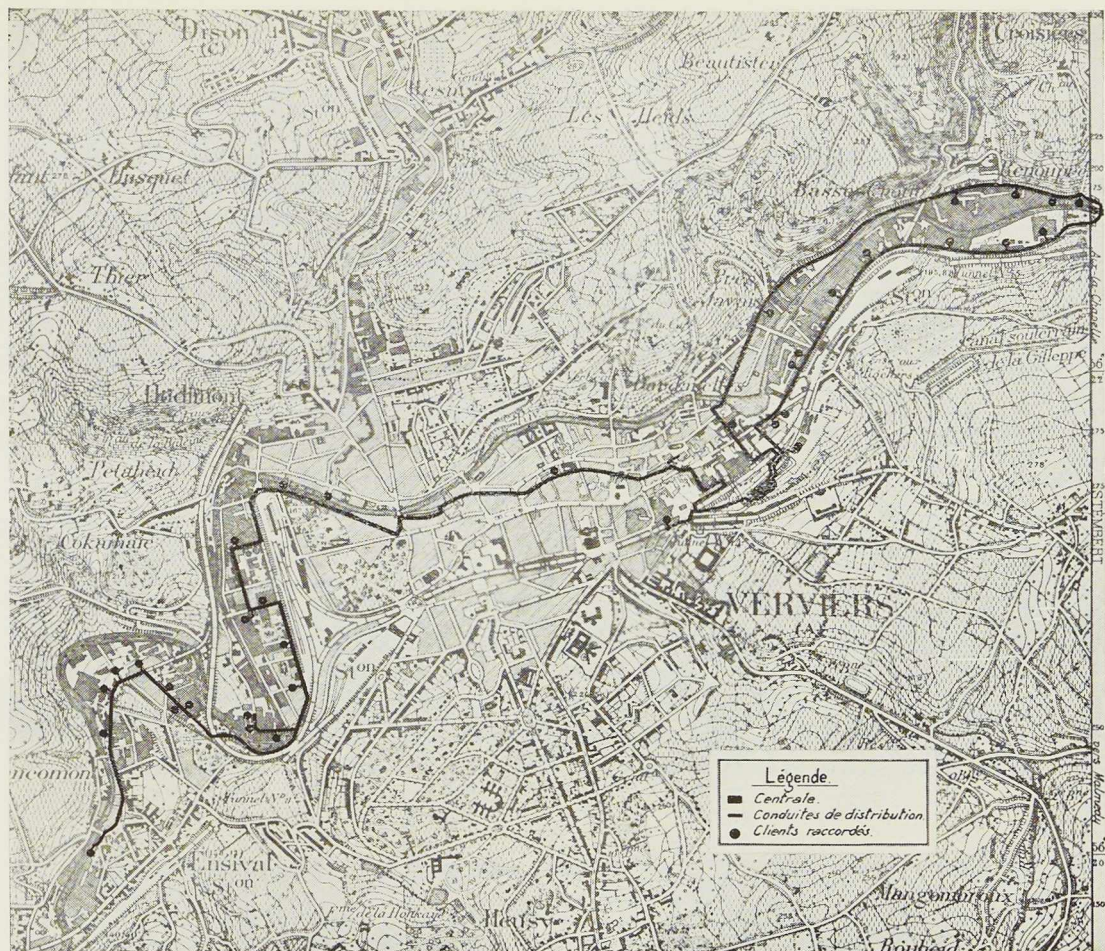


Fig. 579. Plan du réseau de l'Intervapeur verviétoise.

Trois idées directrices ont inspiré les grandes lignes du projet :

- 1° Assurer la continuité du service par l'indépendance des diverses unités productrices;
- 2° Assurer la souplesse, en dimensionnant convenablement les foyers et les auxiliaires;
- 3° Assurer l'économie de l'ensemble par l'adoption d'un schéma simple, linéaire, et par la réduction de toutes les manutentions au strict minimum.

L'usine est raccordée au chemin de fer. Une double voie est placée parallèlement au bâtiment principal, entre les trémies de la chaufferie et le parc. Deux portiques que l'on peut, à l'aide d'éclisses, rendre solidaires, assurent la manutention du charbon et des cendrées.

A remarquer notamment, qu'au moyen d'une seule opération, le charbon pris dans le wagon par le grappin est directement déversé dans les trémies.

La chaufferie comporte quatre unités à trois

corps de 1.000 m² avec économisateurs en acier, capables d'une production horaire de 50 tonnes. Les chaudières sont timbrées à 25 kg/cm²; elles sont munies de surchauffeurs et la température de la vapeur peut être réglée à volonté entre 200 et 250° C.

Le système de chauffe au charbon pulvérisé a été adopté. Chaque chaudière est équipée de deux broyeurs logés immédiatement en dessous des trémies à charbon, l'alimentation des broyeurs est assurée par des distributeurs à vitesse variable. A côté de chaque broyeur, un ventilateur exhausteur aspire le charbon pulvérisé et le refoule directement dans le foyer, d'un volume de 300 m³.

Un soin tout particulier a été apporté à l'élimination des poussières, au moyen de dépoussiéreurs électriques captant 98 % des cendres volantes.

L'usine ne comporte pas de caves et tous les services auxiliaires, tous les moteurs sont instal-



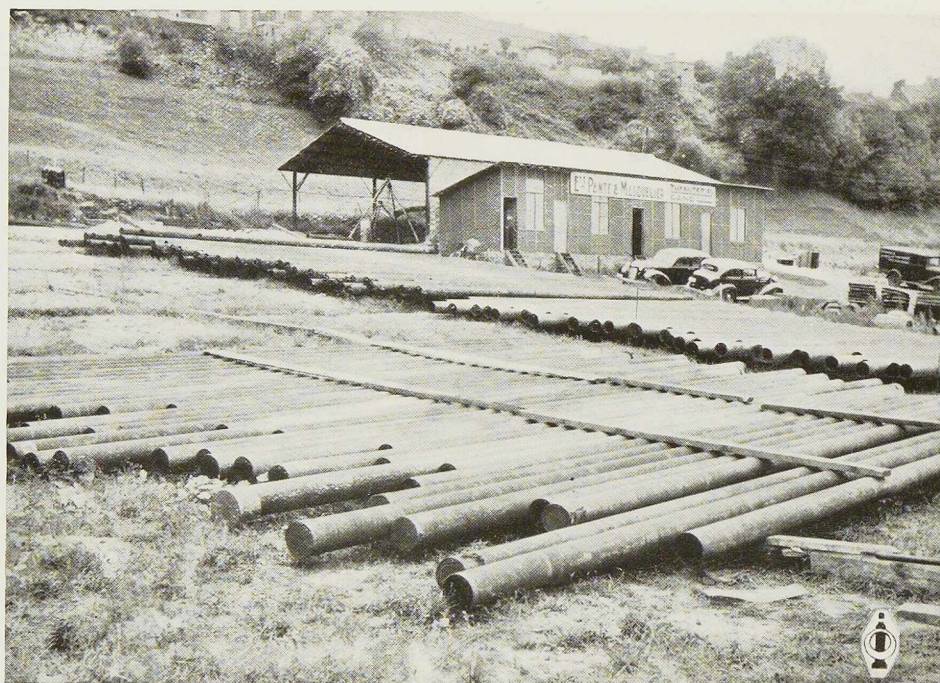
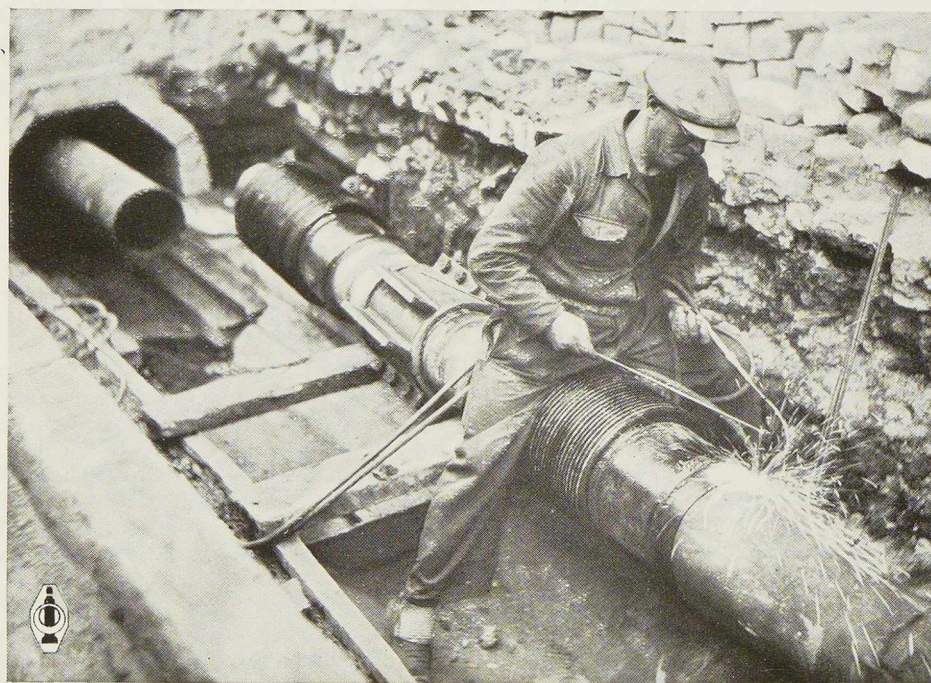


Fig. 580. Entrepôt des tuyauteries.



(Clichés: L'Oxyhydrique Internationale.)

Fig. 581. Soudure d'un joint de dilatation.





Fig. 582. Alimentation en vapeur d'une teinturerie verviétoise.

lés au rez-de-chaussée de plain-pied. Cette disposition facilite la conduite des installations.

L'alimentation du réseau en vapeur d'échappement ayant été écartée, nous avons adopté, pour les centrales, la pression maximum compatible avec la construction rivée courante, soit 25 kg, ceci ne résultant pas en une augmentation du coût des chaudières. Nous avons dimensionné les tuyauteries de distribution, de manière à tirer le maximum de profit de l'écart disponible entre cette pression et celle de 7 kg exigée par les consommateurs.

Il a été ainsi possible d'adopter des tuyauteries d'une section faible, par rapport aux quantités de vapeur transportées.

La longueur totale des conduites maîtresses est de 10.800 mètres, dont 4.800 mètres d'un diamètre de 250 mm, formant une boucle à l'est de la centrale, et 6.000 mètres presque en totalité en 300 mm à l'ouest.

Les raccords ont une longueur de 2.000 mètres.

Les tuyaux sont placés dans un caniveau non visitable, logé dans la voirie.

Des travaux préparatoires importants ont été nécessaires pour écarter, sur le parcours de la canalisation, les obstacles dus à la distribution d'eau, de gaz, d'électricité, aux égouts, au téléphone. Il s'agit là d'un long travail qui exige beaucoup de

soins et d'attention et qui doit précéder de plusieurs semaines le creusement de la tranchée.

Lorsque les obstacles principaux et connus sont ainsi écartés, on procède à l'ouverture de la voirie et on coule le berceau inférieur du caniveau en béton.

On procède ensuite au placement des canalisations. Celles-ci sont en acier Siemens-Martin et sont fournies par les usines, en tronçons de 12 et de 15 mètres de longueur. Les conduites-mères partant de la centrale ont des diamètres de 300 et 250 mm avec, respectivement, 9 et 7,5 mm d'épaisseur; les branchements particuliers des usines ont 150 et 200 mm de diamètre.

L'assemblage adopté d'une façon générale pour le réseau des canalisations est la soudure bout à bout. Cet assemblage a été considéré, en effet, comme le seul qui permette d'obtenir à la fois une grande résistance, une permanence et une étanchéité parfaites, une surface minimum de refroidissement, une grande facilité de revêtement par le calorifuge, un entretien quasi nul.

Un anneau de garde, placé entre les extrémités de deux tuyaux contigus, empêche le métal en fusion de couler à l'intérieur du tuyau au moment de la soudure.

Les joints devant donner lieu à des démontages ont été prévus, en raison des sollicitations auxquelles est soumise la tuyauterie, à brides for-



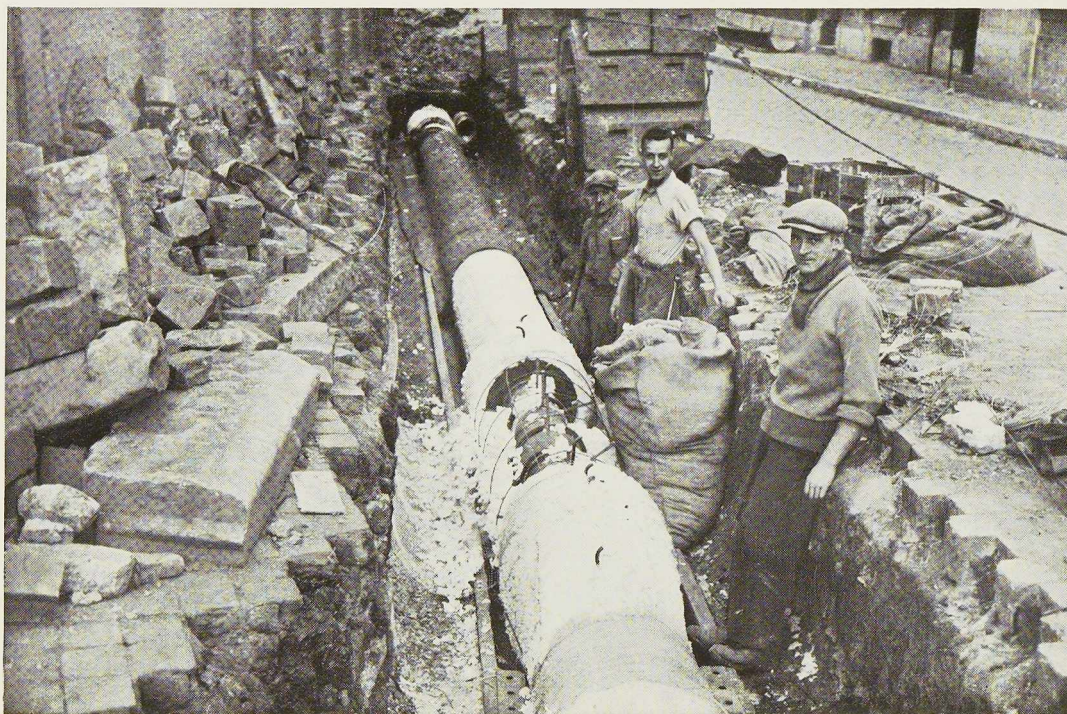


Fig. 583. Calorifugeage des tuyaux de l'Intervapeur verviétoise.

gées assemblés sur les tuyaux par soudure bout à bout, suivant la disposition représentée à la figure 581.

Quant aux embranchements, ils sont exécutés d'après le procédé suivant : on perce d'abord un trou ovale dans le tuyau principal puis, après avoir chauffé les bords au chalumeau, on les relève à l'aide d'une pince de façon à obtenir un collier; celui-ci est mis au rond par martelage à chaud sur un mandrin cylindrique et ajusté, puis chanfreiné, de manière à permettre l'assemblage du branchement également par soudure bout à bout.

La flexibilité propre du réseau étant faible, en vue d'assurer à la tuyauterie toute la souplesse nécessaire, nous y avons intercalé des appareils compensateurs capables d'absorber des allongements de 25 à 100 mm suivant les cas.

Le calorifuge a fait l'objet d'études et d'essais très poussés, en vue de tenir compte des méthodes d'application, du vieillissement, de la résistance à l'humidité, du coefficient de transmission de la chaleur, du prix et, finalement, seules la laine de laitier et la soie de verre ont été admises. En moyenne, l'épaisseur du calorifuge est de 140 mm.

Une chape hydrofuge en carton bitumé le protège.

Tout le long du parcours, aux points bas de la tuyauterie, sont installés, dans des postes visibles, des purgeurs d'eau; aux points hauts sont prévus des purgeurs d'air. Des vannes permettent le sectionnement de la tuyauterie en cas de besoin.

Une attention particulière a été portée à la réalisation des postes d'abonnés.

Nous nous sommes, dès l'abord du problème, posé deux conditions :

- 1° L'alimentation du client doit être assurée dans des conditions absolument constantes, quelle que soit sa demande;
- 2° La mesure de la quantité de vapeur consommée doit être à l'abri de toute défaillance et elle doit, à tous les débits, être aussi précise et inspirer autant de confiance que la mesure de l'énergie électrique.

La sévérité de ces conditions n'échappera pas aux spécialistes.

Actuellement, éclairage, force motrice, chauffage des locaux, eau chaude et vapeur pour la fabrication sont disponibles dans tout le secteur industriel de Verviers, à tout moment, pour tous les besoins.

A. D. S.



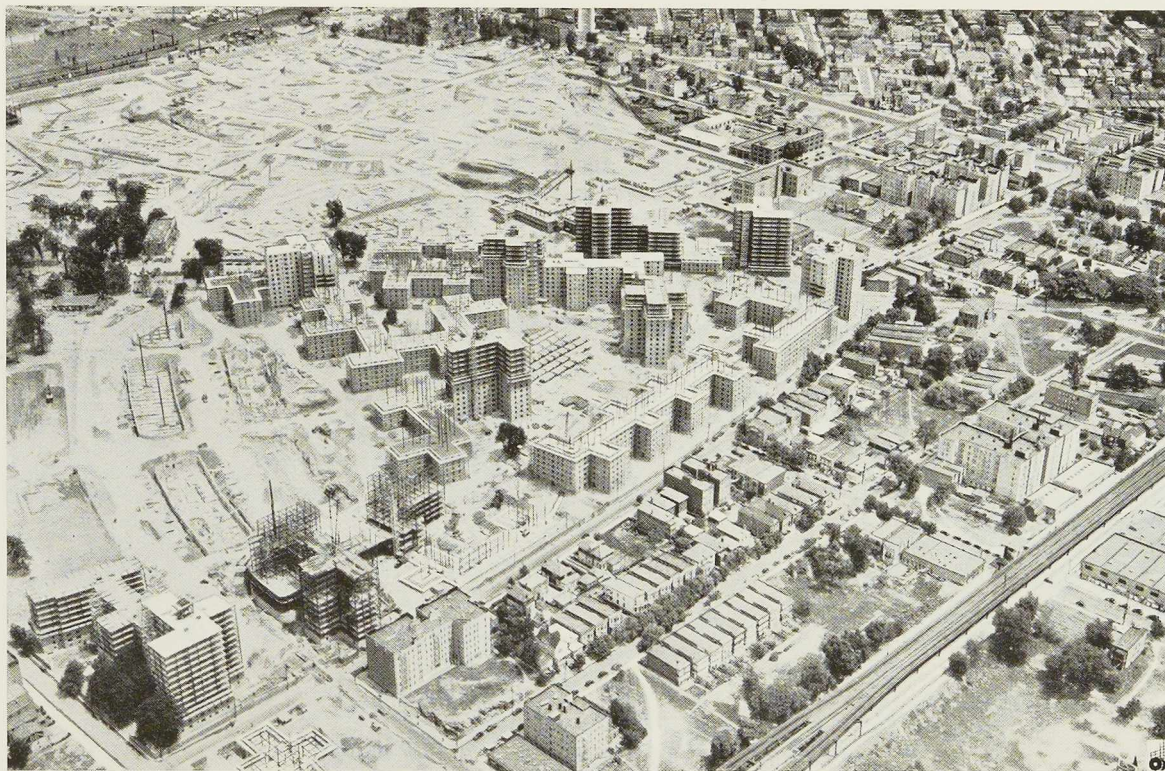


Fig. 584. Vue générale de la cité-jardin de Parkchester à Bronx (New-York).

La cité-jardin de Parkchester aux Etats-Unis

La *Metropolitan Life Insurance Company* procède actuellement à la construction à Bronx, commune limitrophe de New-York, d'une vaste cité-jardin. La cité, qui porte le nom de Parkchester, s'étendra sur une superficie de 52 hectares et pourra abriter 42.000 personnes. Elle sera composée de 12.269 appartements de deux à six pièces. Les bâtiments comportent de 7 à 12 étages. Du point de vue du système portant, on a adopté, pour les bâtiments de moins de 9 étages, des murs extérieurs portants en briques⁽¹⁾, les colonnes intérieures et la poutraison du plancher étant en acier. Les constructions qui

comportent 9 à 12 étages sont entièrement à ossature métallique.

La cité-jardin de Parkchester sera une nouvelle « ville » dans l'agglomération new-yorkaise. Elle aura 5 parcs, des plaines de jeux, plusieurs magasins, comportant notamment un grand magasin central, deux théâtres, ainsi que 5 garages dont la capacité totale pourra atteindre 3.000 voi-

(1) Du point de vue technique, il peut y avoir des inconvénients à utiliser dans les bâtiments de grande hauteur des supports de nature différente et dont les coefficients d'élasticité et de dilatation ne sont pas les mêmes.



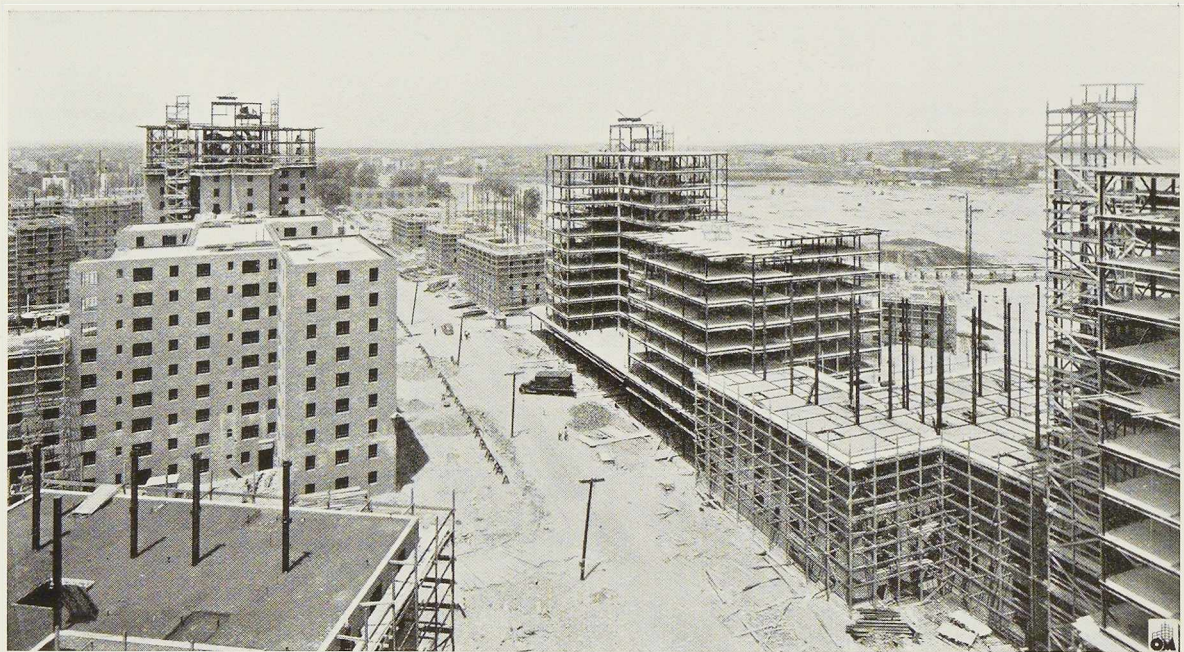


Fig. 585. Vue des chantiers de la Metropolitan Life Insurance Company à Parkchester. Au premier plan l'avenue Unionport road, qui, avec la Metropolitan avenue, divise la cité en quatre quartiers.

tures. Les auteurs des plans de la cité ont prévu tout ce qu'il faut pour occuper les loisirs des petits et des grands.

Parkchester sera pourvu de parcs, de promenades ombragées, de plaines de jeux, de piscines, de terrains de football, etc. Les bâtiments sont tous résistants au feu (*fireproof*). Ils occupent 27,4 % de la superficie totale de la cité. Le restant est occupé par les parcs et les plaines de jeux (51,4 %) et par les rues (21,2 %).

Deux grandes avenues divisent la cité en quatre quartiers, tous de forme irrégulière. Les voitures peuvent circuler dans les deux avenues principales et peuvent pénétrer dans les quartiers, sans toutefois pouvoir les traverser de part en part. Ce système assure aux habitants une bonne protection contre une circulation automobile intense. La cité-jardin de Parkchester est destinée aux personnes de revenu moyen. L'achèvement d'un premier lot de bâtiments est prévu pour la fin de l'année en cours.

Les plans généraux de la cité-jardin de Parkchester ont été établis par les services techniques de la *Metropolitan Life Insurance Company*.

L'entreprise a été adjugée à la firme *Starrett Bros & Eken, Inc.*, de New-York.

Détails techniques

Excepté pour les murs de pourtour des maisons de moins de 9 étages, tous les éléments porteurs, tant en façade qu'à l'intérieur des constructions, sont en acier. Les éléments de l'ossature sont assemblés entre eux par des poutrelles métalliques, espacées de 1^m85 à 3^m05 d'axe en axe. Le plancher proprement dit est constitué par des voussettes en béton de cendrées de 10 à 13 cm d'épaisseur, armées d'un treillis métallique soudé.

Le béton de cendrées est recouvert d'une chape au mortier de 6 mm d'épaisseur.

Les voussettes sont suspendues aux poutres métalliques au moyen d'étriers en fil de fer. Les planchers des bâtiments de la cité totalisent une surface de 1.100.000 m².

Les travaux progressent à raison de 3.600 m² de planchers par jour, 336 ouvriers étant occupés sur les chantiers.



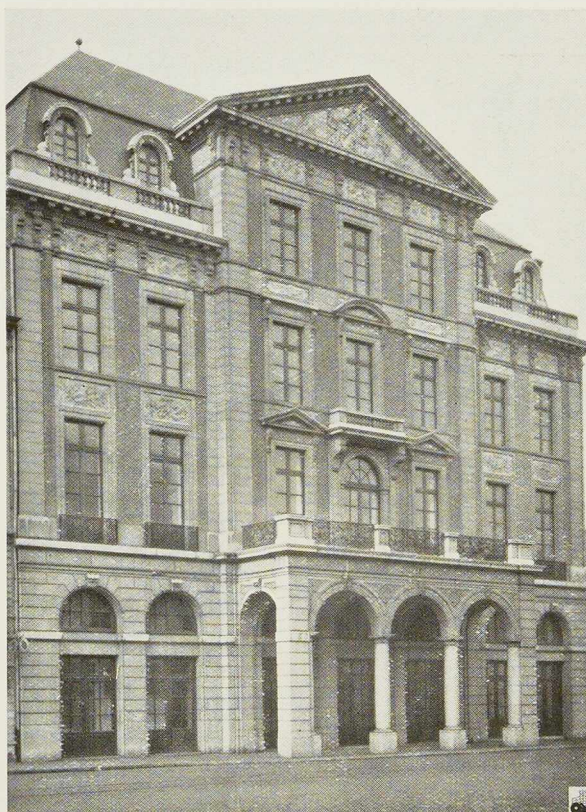


Fig. 586. Façade principale de la nouvelle maison de la Société Libre d'Emulation à Liège.

Equipement métallique de la scène de la Société Libre d'Emulation à Liège

La Société Libre d'Emulation de Liège fut fondée en 1779. Son but était d'encourager les jeunes artistes, peintres, sculpteurs, musiciens et littérateurs liégeois. Le prince-évêque de Liège, Charles de Velbrück, avait, en outre, chargé l'Emulation de la surveillance de la plupart des établissements d'instruction créés à Liège. Après avoir subi, au cours des années, des fortunes diverses, la société se trouvait en pleine prospérité à la période précédant la Grande Guerre. En 1914, son local fut incendié. Depuis la fin de la guerre, les dirigeants de l'Emulation se sont donné pour tâche de remettre debout son immeuble détruit. Leurs efforts furent couron-

nés de succès et, en mai 1939, la société inaugurerait sa nouvelle maison, de vastes dimensions et d'un aspect architectural xviii^e siècle liégeois de mieux réussi. L'architecte de cette belle réalisation est M. J. Koenig, de Liège. Les nouveaux locaux comprennent, notamment, une salle de spectacle, pourvue d'une grande scène. C'est l'équipement métallique de cette scène qui va faire l'objet de la présente note.

*
**

La construction de l'équipement métallique de la scène de la Société Libre d'Emulation a été

N° 10 - 1939



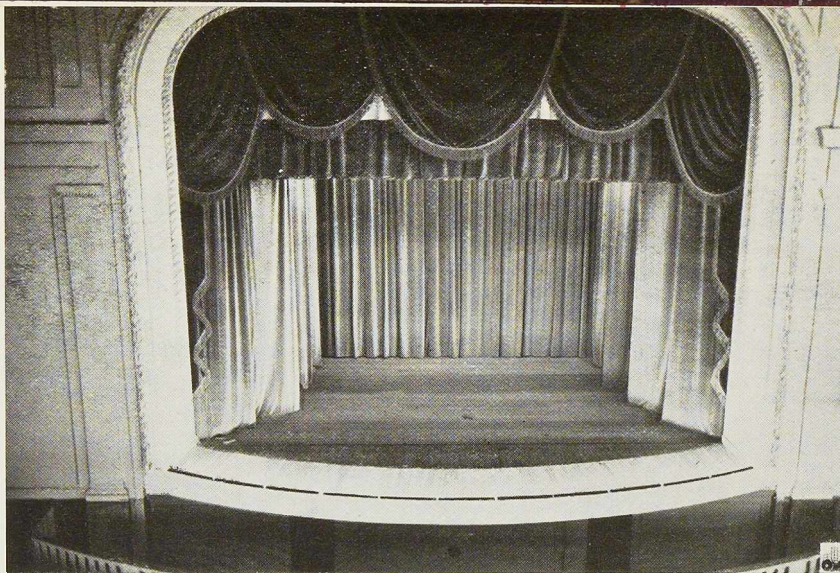


Fig. 587. Vue d'ensemble de la scène de la Société Libre d'Emulation à Liège.

accomplie en un temps record de moins d'un mois. L'étude et la réalisation de cet équipement ont été confiées à la *S. A. des Constructions Métalliques de Jemeppe-sur-Meuse*, la conception de l'installation étant due à son ingénieur M. R. Leboutte.

Le problème à résoudre était difficile, en raison des particularités ci-après :

- 1° La forme tout à fait spéciale du plateau;
- 2° Le peu d'espace disponible pour le grand nombre d'appareils à loger;
- 3° Le manque de place et de hauteur pour l'installation des contrepoids;
- 4° Le fait que cet équipement a été décidé à quelques jours de l'inauguration, alors que le bâtiment était presque terminé.

Le plan de la figure 590 donne une vue d'ensemble de l'installation réalisée.

Une passerelle fixe, accrochée au mur à mi-hauteur, sert de pont de circulation : elle est constituée par un plancher léger en fers tés, supportés par consoles et est munie d'un solide garde-corps.

Une passerelle mobile, vers l'avant de la scène, coulisse dans des guides fixés aux deux échelles d'accès. Cette passerelle pèse 500 kg et permet une charge de circulation de 250 kg. Elle est équilibrée par un contrepoids de 1,5 tonne qui a dû être mouflé par suite de son manque de course. La manœuvre se fait par un treuil à main en relevant ou abaissant le contrepoids.

Un système de onze perches supporte les décors

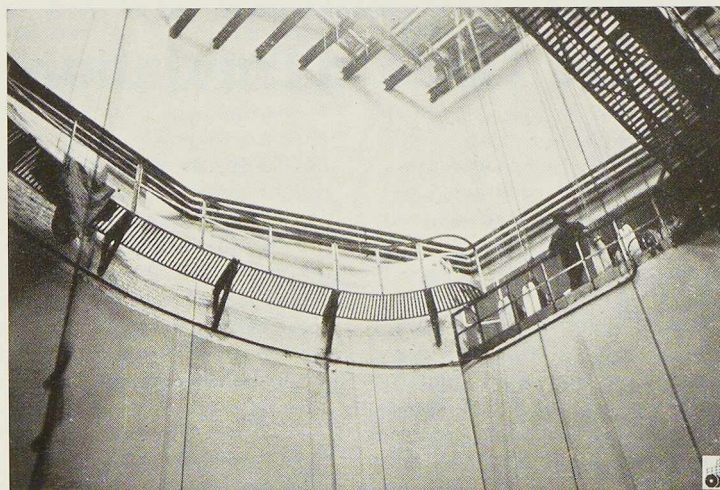


Fig. 588. Vue de la passerelle fixe.

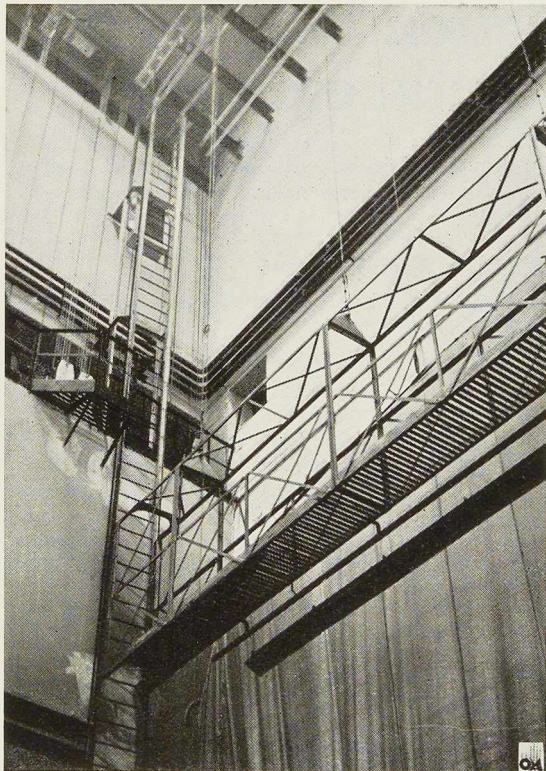


Fig. 589. Vue de la passerelle mobile.

et les rampes lumineuses. Ces perches sont constituées par des tubes métalliques de 60 mm de diamètre, suspendus en trois points.

Pour les perches n° 3 (toile de cinéma), n° 10 et 11 (rideau de fond), un système de mouflage horizontal a été établi dans les cintres, de façon à ramener la commande à un seul câble s'enroulant sur un treuil à main à vis sans fin.

Les autres perches sont équipées avec contrepoids réglables et mouflés, la commande se faisant par treuil à main à prise directe avec frein.

Par suite du manque de place, les appareils de manœuvre n'ont pu être groupés. Les treuils des perches n° 1 (rideau de scène) et n° 2 (manteau d'Arlequin) sont logés au niveau du plateau, le treuil n° 3 (cinéma), qui se manœuvre assez rarement, sur un palier; les treuils n° 10 et 11 ont pu être encastrés dans un creux de mur, sur la passerelle fixe; tandis que les autres treuils, y compris celui de la passerelle et tous les contrepoids, sont logés sur un palier de service métallique.

Dans les cintres, sur un lit de poutrelles, ont été placées les nombreuses poulies de renvoi et leurs supports.

Pour terminer cette note, il est intéressant de signaler que la toiture-terrasse de la grande salle, mesurant 25 × 25 mètres, primitivement prévue en béton, a été réalisée en charpente métallique. Ce mode de construction à 25 mètres de hauteur s'est avéré, en effet, nettement plus économique.

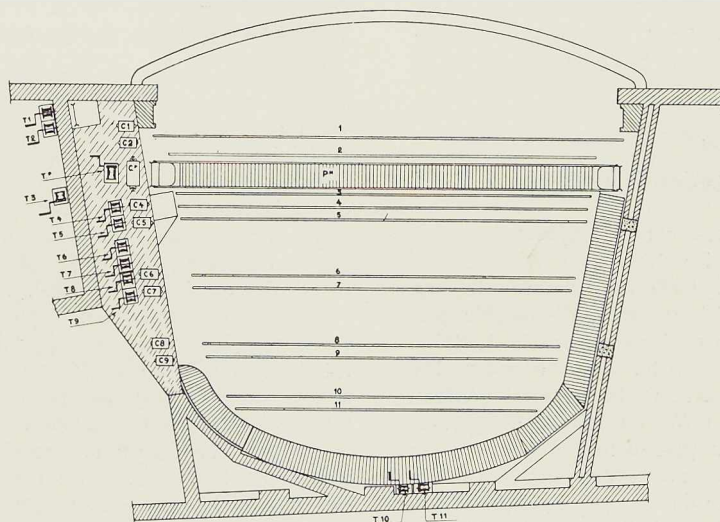


Fig. 590. Schéma des différentes installations de la scène.

1, Rideau principal; 2, Manteau d'Arlequin, PM, Passerelle mobile; 3, Cinéma; 4, 6, 8 et 10, Frises; 5, 7 et 9, Herse; 11, Fond; T, à T₁₁ et T_P, Treuils; C₁, C₂, C_P et C₃, à C₁₁, contrepoids. Les treuils T₃, T₁₀, T₁₁, sont à vis.



La construction des réservoirs à essence enterrés

On construit, à l'heure actuelle, de nombreux réservoirs à essence enterrés. Cette nouvelle technique trouve sa justification dans les considérations suivantes :

1° Protection contre les attaques aériennes.

Les réservoirs enterrés sont protégés naturellement contre les éclats d'obus et contre les effets du souffle; en outre, on peut prévoir des cuirassements protégeant le toit. Enfin, leur camouflage est aisé.

2° Diminution des pertes par évaporation.

Les réservoirs enterrés sont moins sujets aux variations de température, ce qui permet de réduire les importantes pertes par évaporation, survenant au cours du stockage.

3° Protection contre la corrosion.

Les vapeurs d'essence en présence d'air humide provoquent une corrosion du toit du réservoir et les particules d'oxydes, hydroxydes et sulfures qui se détachent de celui-ci tombent sur le fond, provoquant des attaques localisées profondes du métal. Le remède à cette situation est donné par l'installation de réservoirs métalliques à l'abri de l'air.

La technique des réservoirs enterrés, dont le développement est surtout dû à l'efficacité de leur protection contre les bombardements, est nouvelle. L'objet du présent article est d'exposer les principes qui régissent la construction de ce type de tanks.

1. Type de réservoirs

Il existe deux catégories de réservoirs à l'abri de l'air :

- a) réservoirs enterrés complètement;
- b) réservoirs à demi enterrés.

Dans les deux cas, ils seront recouverts par une dalle mince en béton armé, dissimulée par une certaine épaisseur de terre gazonnée dont les talus sont réglés en pente, afin d'éviter les ombres portées. Le centre de la dalle est généralement retenu par un fût en béton, de petites dimensions ou par un pylône métallique.

D'autres types de réservoirs peuvent être envisagés. C'est ainsi que la Société Française des Constructions Babcock et Wilcox a étudié un réservoir dont la protection bétonnée est remplacée par un enduit à base d'asphalte et qui supporte alors les efforts dus à la poussée des terres et des eaux.

On a envisagé également l'installation de réservoirs dans des carrières naturelles sommairement aménagées.

2. Choix de l'emplacement

Le choix de l'emplacement des réservoirs souterrains est conditionné avant tout par l'existence de moyens de communication, tels que : chemins de fer, canaux, routes. Dans ces conditions, il n'est pas toujours facile de choisir, comme on le voudrait, la nature du terrain et, dans la plupart des cas, du fait que l'on se place à proximité d'un canal ou d'une rivière, le terrain sera plus ou moins humide. La présence de l'eau est très gênante, surtout lorsque le réservoir est de grandes dimensions et complètement enterré.

Si le réservoir est semi-enterré et de capacité moyenne, il est plus facile, évidemment, de maintenir le fond au-dessus de la nappe d'eau.

Quoi qu'il en soit, il sera toujours nécessaire de tenir compte des sous-pressions possibles, ne serait-ce que du fait des eaux de pluie qui peuvent mettre en charge le fond et la virole du réservoir. Dans tous les cas, il sera donc nécessaire de pouvoir évacuer l'eau.

3. Choix du type du revêtement métallique

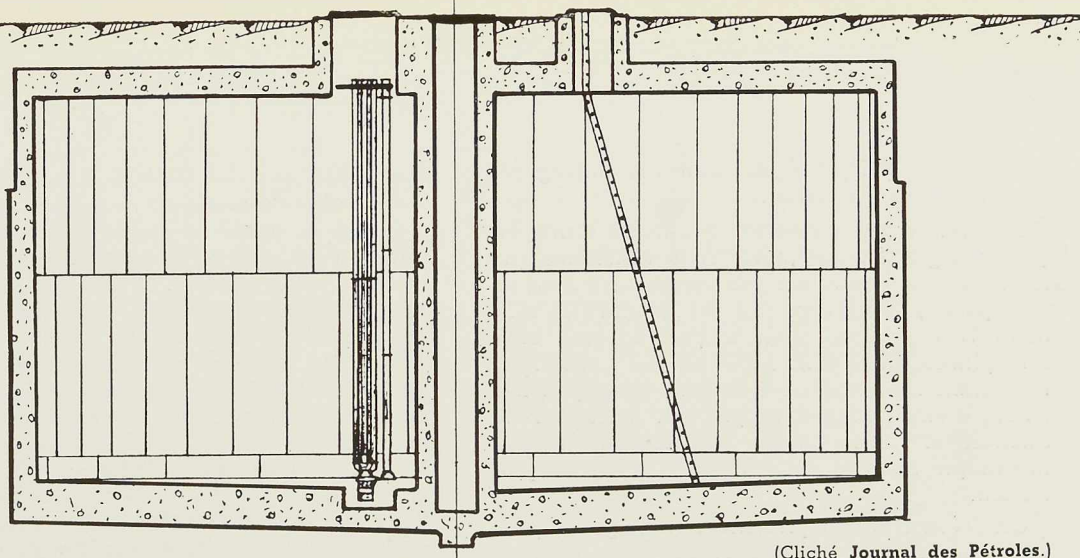
Différents types de revêtements métalliques sont possibles pour la construction des réservoirs enterrés. On peut adopter le revêtement intérieur en tôle mince fixé sur le béton, constituant les parois du réservoir par des ancrages disposés régulièrement. Les tôles sont assemblées par soudure. Les revêtements ainsi constitués ne peuvent que très difficilement être soumis à des essais d'étanchéité.

Il existe des revêtements pour les réservoirs à essence qui sont autostables; leur construction est tout à fait analogue à celle des réservoirs disposés sur le sol; ils peuvent supporter les mêmes essais de résistance et d'étanchéité.

On peut envisager encore d'autres solutions, telles que le revêtement en feuilles de plomb qui présente cependant, en dehors du prix élevé du métal utilisé, l'inconvénient de ne pas permettre un bon contact avec la maçonnerie environnante et de se prêter assez mal à la fixation d'ancrages efficaces. A citer également le réservoir dont la section est celle d'une goutte de



Fig. 591. Coupe à travers d'un réservoir enterré.



(Cliché Journal des Pétroles.)

mercure et le réservoir sphéroïde qui est bien connu comme réservoir aérien.

On a imaginé des revêtements de forme lenticulaire qui conviennent assez bien à l'emploi de tôles relativement minces, du fait que la couverture travaille approximativement en traction simple; le fond est un simple revêtement et ne peut supporter que des essais restreints.

Dans tous les cas envisagés ci-avant, la poussée des terres est supportée par un cuvelage en béton armé. Dans le cas où ce cuvelage est supprimé, on a affaire, non pas à un revêtement, mais à un réservoir de type spécial pour lequel on doit admettre des épaisseurs de tôles et de charpentes beaucoup plus importantes.

Par contre, il devient alors possible de ne plus se préoccuper de la présence d'eau dans le terrain. La protection contre la corrosion extérieure peut être réalisée à l'aide d'enduit armé ou non, à base de bitume, qui entoure entièrement la tôle et présente une résistance mécanique satisfaisante. Cette solution, séduisante à priori, demande cependant à être étudiée de près car, dans certains cas, l'économie faite par suite de la suppression du béton est assez faible vis-à-vis des dépenses indispensables du terrassement et des épaissements.

4. Construction de réservoirs autostables

Les réservoirs de ce type sont de forme cylindrique, verticaux. Au centre, un fût cylindrique ou un pylône en treillis sert de support à la toiture. Lorsque le réservoir est muni d'un fût central, celui-ci permet, à tout moment, de déceler la présence de l'eau d'infiltration et de l'évacuer facilement.

Le réservoir est construit à fond de fouille sur un radier en béton. On est conduit au schéma de principe suivant :

Fond. — C'est la partie la plus délicate du réservoir. Il peut être légèrement ou nettement tronconique. Il est généralement réalisé sans aucun renforcement. Par la forme, le fond constitue donc une partie essentiellement déformable pour laquelle il est difficile d'obtenir une planéité absolue. L'assemblage par bords tombés soudés permet d'obtenir, grâce à quelques précautions simples, un fond très régulier constitué par des panneaux rayonnants en pente vers le centre.

Les tôles employées sont en forme de secteur d'aussi grande longueur que possible, afin de limiter le nombre de joints transversaux et de gêner le moins possible l'écoulement du liquide lors de la vidange complète. Les assemblages entre ces éléments sont exécutés par soudure sur bords tombés; un disque central réunit tous ces éléments.

Une virole de faible hauteur porte la périphérie du fond et permet de réaliser l'essai d'étanchéité à l'eau. Dans certains cas, les ancrages fixent la tôle sur le radier, afin d'éviter son décollement en cas de très légère sous-pression.

Virole. — La virole est constituée par un ou plusieurs rangs de panneaux rectangulaires verticaux, assemblés entre eux par soudure à l'hydrogène atomique sur bords tombés. Ils sont renforcés par des ceintures en fers profilés (généralement des fers plats), dont les différents éléments sont soudés entre eux électriquement et également soudés au réservoir. Ces ceintures renforcent la résistance de la calandre; elles sont disposées à intervalles variables pour tenir compte de la variation de pression intérieure et coopèrent avec les bords tombés des panneaux verticaux adjacents à raidir la calandre et à augmenter sa résistance à la flexion. Celle-ci est réunie au fond et à la toiture par des soudures circulaires à recouvrement à franc bord. Dans ce dernier cas,



une cornière périphérique raidit l'assemblage et évite les effets du retrait.

Toiture. — La toiture est constituée d'une façon analogue au fond, avec cette différence que les tôles sont posées sur des membrures avec ou sans panne, suivant les cas. Ces membrures sont définitives ou non; dans le premier cas, elles sont pincées entre deux bords tombés continus et l'ensemble est soudé à l'hydrogène atomique. Des ancrages suffisamment rapprochés, fixés sur la calandre et sur la toiture, assurent une liaison mécanique sérieuse entre tôles et béton de protection.

Cette construction présente l'avantage de pouvoir utiliser pour la calandre des tôles relativement minces et de faciliter ainsi les opérations de soudure.

De plus, le réservoir étant autostable peut être éprouvé avant bétonnage, ce qui permet de réaliser quelque économie sur la maçonnerie qui n'a plus à supporter aucun effort d'extension.

Mode d'assemblage et mode de soudure. — Comme il a été indiqué, le mode d'assemblage choisi pour les réservoirs enterrés ou semi-enterrés est la soudure. Le réservoir soudé a, en effet, l'avantage d'être peu sensible aux vibrations et déformations accidentelles dues au tassement des terrains, ou à la répartition anormale des pressions sur le fond.

Du fait que les surfaces en contact ne peuvent glisser, il constitue un assemblage qui participe aux déformations comme le métal lui-même.

L'application de la soudure a mis cependant en évidence des difficultés nouvelles dues aux déformations, en cours d'exécution, des éléments assemblés par ce procédé.

Pour que l'assemblage par soudure conserve toutes ses qualités, il faut tenir compte de certaines règles variables suivant la nature de l'ouvrage et les conditions de travail pour lesquelles il a été conçu.

De nombreuses expériences ont conduit à un mode d'assemblage qui paraît très bien s'adapter à ce genre de construction. Il consiste à tomber un bord de quelques centimètres de hauteur sur la périphérie de chaque panneau et à effectuer l'assemblage des panneaux entre eux par fusion simultanée des deux bords tombés.

Dans la réalisation à bords tombés, les déformations au cours de la soudure sont limitées en raison de l'élasticité de ceux-ci et influencent très peu les panneaux voisins. En outre, les fatigues internes dues au retrait sont supportées par les bords tombés adjacents, travaillant en poutres fléchies et assurant la répartition de ces

contraintes sur des sections importantes, ce qui a pour effet de diminuer la fatigue.

Quant au choix du mode de soudure, la soudure à l'arc et celle de l'hydrogène atomique se valent sensiblement en ce qui concerne les qualités du métal de soudure. La soudure à l'hydrogène atomique présente, du point de vue de corrosion, un avantage marqué: du fait qu'elle a lieu en milieu réducteur, elle produit une certaine décarburation sans altération de l'acier; on obtient ainsi une ductilité supérieure à celle de la tôle environnante qui diminue la tendance à la corrosion, puisque le métal résultant est plus doux que le métal de base. La meilleure ductilité de la soudure facilite encore les phénomènes de retrait, en diminuant la valeur des tensions internes correspondantes.

Essais. — L'essai préliminaire d'un réservoir destiné à contenir de l'essence est d'une importance capitale pour l'exploitant, en raison du prix élevé du produit que le réservoir est destiné à contenir et des dangers que peuvent présenter les fuites d'essence. Il existe plusieurs façons d'effectuer les essais des revêtements métalliques des réservoirs enterrés. Un essai rapide et très concluant est l'essai au pétrole.

A cet effet, on passe une légère pâte de blanc d'Espagne sur les soudures à éprouver et on injecte du pétrole entre les bords tombés des tôles. La moindre crique est immédiatement décelée par une auréole jaunâtre sur le blanc d'Espagne.

Cet essai doit être fait, évidemment, avant que les soudures à l'arc soient effectuées au talon des bords tombés; en conséquence, il s'effectue, en général, pendant le montage au fur et à mesure de la terminaison des lignes de soudure. Il présente l'avantage de permettre des reprises immédiates et de n'avoir à constater que des suintements exceptionnels au moment de l'essai définitif. Celui-ci s'effectue, en général, à l'eau et constitue à la fois une épreuve de résistance et d'étanchéité de l'ensemble du réservoir. Cette opération présente l'avantage d'assurer la stabilité définitive de l'ouvrage et de déceler immédiatement les fuites susceptibles de se produire lors de la mise en charge, fuites qui ne pourraient être décelées par un essai sommaire, par exemple, à l'air comprimé sous faible pression.

Cependant, l'essai à l'eau n'est pas un critère absolu de la parfaite étanchéité du réservoir. Il est courant, dans tous les dépôts, d'avoir à réparer des suintements au bout de quelques jours de mise en charge de l'essence. Il est possible que celui-ci, par un effet de décapage et aussi du fait



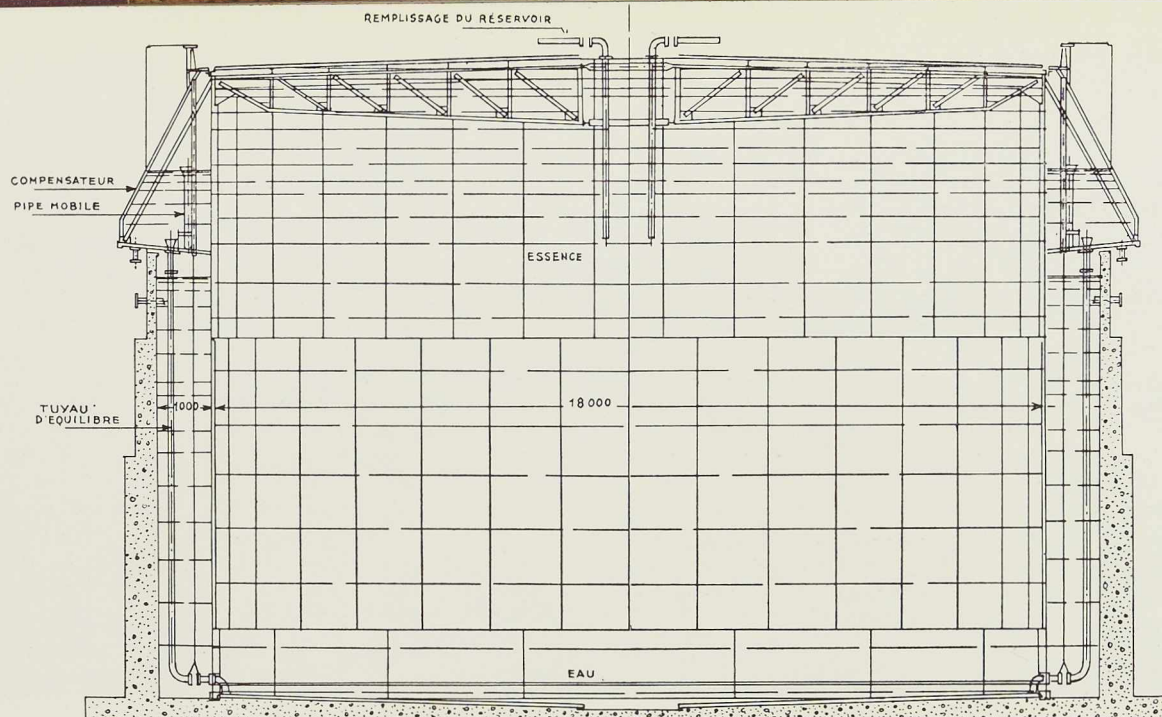


Fig. 592. Réservoir à compensation hydraulique, système Cantacuzène.

de sa grande fluidité, met à jour des fuites capillaires qui n'avaient pu se manifester pendant l'essai à l'eau.

Les réservoirs autostables présentent l'avantage de se prêter également à un essai à l'essence. Un tel essai est, en général, concluant au bout de quelques jours. Ces essais sont du plus grand intérêt pour des réservoirs enterrés que, pratiquement, on ne pourra ni visiter, ni contrôler pendant plusieurs années.

5. Réservoirs à compensation hydraulique, système Cantacuzène

Le stockage dans les réservoirs à compensation hydraulique permet la suppression totale des pertes par la respiration.

Son principe est fort simple : le système air saturé-carburant qui emplit les réservoirs ordinaires est remplacé par le système carburant-liquide dense non miscible. Le réservoir sera toujours complètement plein de liquide, le défaut d'essence étant compensé par de l'eau. Il faut permettre les variations de volume du produit stocké dues à celles de la température, sans qu'il en résulte d'accroissement de pression nuisible pour le réservoir. Le réservoir est en communication par sa partie basse avec un bac en élévation appelé « bac compensateur »; ce dernier est muni d'une arrivée d'eau et d'un trop-plein réglable à volonté, permettant d'obtenir le niveau désiré.

La pression sur le toit sera fonction de la hau-

teur d'eau dans le « bac compensateur » et de l'écart des densités eau-essence.

Si l'on considère le stockage en équilibre, et qu'intervienne une augmentation de température pendant une durée prolongée, l'essence (coefficient de dilatation dix fois supérieur à celui de l'eau) se dilatera et le niveau d'eau montera dans le compensateur. Une baisse de température a une action inverse.

Le volume du bac compensateur est calculé de façon à absorber les variations de volume de l'essence pendant un temps déterminé et pour un niveau donné de l'eau dans le compensateur. Ce réservoir peut être aisément adapté à des dépôts enterrés ou semi-enterrés, en apportant quelques modifications dans la disposition des ouvrages; en particulier, on utilisera le cuvelage étanche en béton armé comme bac compensateur; cet espace est couvert par un auvent métallique qui déborde légèrement le cuvelage et assure la fermeture complète de l'ensemble.

Ce mode de stockage, de réalisation très simple, supprime totalement les pertes par évaporation, du fait que toute atmosphère gazeuse est éliminée. La corrosion du toit et les attaques du fond sont du même coup supprimées.

BIBLIOGRAPHIE :

Journal des Pétroles, n° 127, septembre 1939.
La Technique des Industries du Pétrole, 1938 (éditions Science et Industrie).



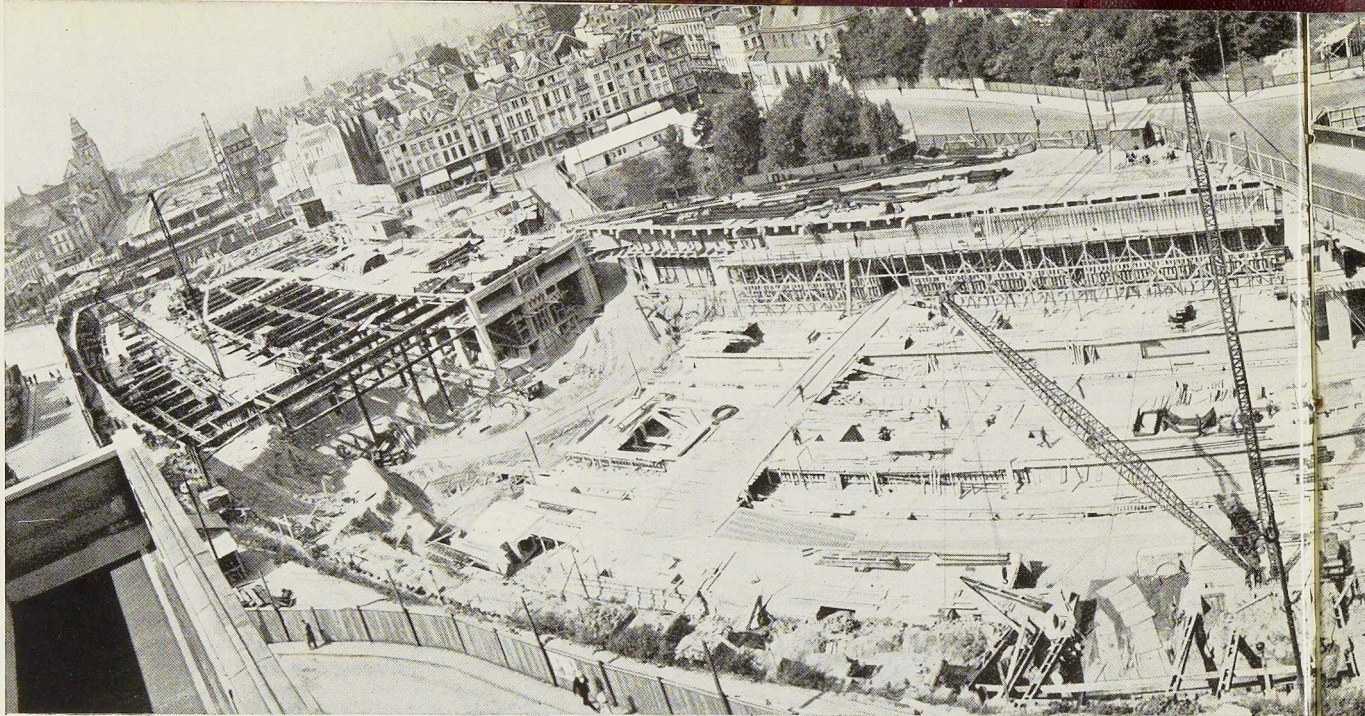


Fig. 593. Vue générale des travaux du deuxième tronçon rue de

Les travaux de la jonction

L'OSSATURE MÉTALLIQUE a publié dans son numéro 7/8-1937 un article général sur la jonction ferroviaire Nord-Midi à Bruxelles. Rappelons que le tracé de la jonction comporte un premier viaduc aérien de près de 900 mètres de longueur, qui atteint la rue des Brigittines. A partir de cet endroit, la voie passe en tunnel sur une longueur de 1.948 mètres jusqu'à la rue Saint-Lazare, tout près de la gare du Nord. Ce tracé souterrain arrive au quartier de la Putterie, où se trouvera le bâtiment des recettes de la halte centrale, dans le triangle situé entre les rues de l'Impératrice, de la Putterie et du Cantersteen.

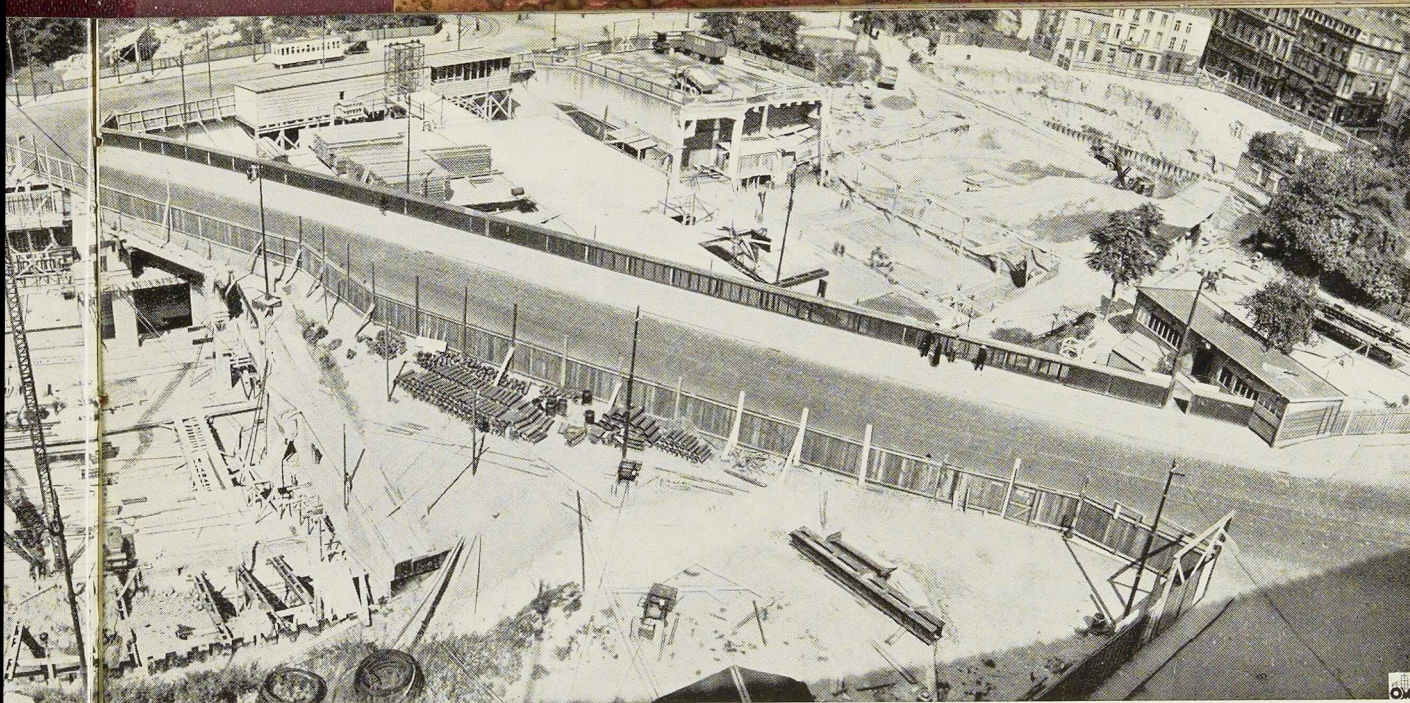
Ensuite, en direction du Nord, le tunnel évite la collégiale Sainte-Gudule, dont il est distant d'une soixantaine de mètres et passe sous le boulevard Botanique et sous le jardin Botanique. A partir de la rue Saint-Lazare, un nouveau viaduc aérien permettra le raccordement des six voies de la jonction aux douze voies de la gare du Nord, qui sera surélevée en cet endroit de 8 mètres environ. La jonction comportera trois gares, dont

la halte centrale et deux points d'arrêt, pour les deux voies Bruxelles-Anvers, l'un près de l'église de la Chapelle et l'autre près de la colonne du Congrès.

Le tunnel de la jonction comporte trois pertuis pour double voie de chemin de fer et un quatrième pertuis destiné à recevoir un égout collecteur de la ville; la largeur totale est de 33^m85.

Creuser à flanc de coteau d'une colline très habitée, au pied de monuments historiques et dans le sable bouillant, une tranchée très profonde et très large constitue un problème très épineux, un des plus dangereux qu'on puisse concevoir. Il a donc fallu recourir à des procédés donnant toute sécurité.

Pour la construction du tunnel, on a dû adopter une solution originale, en faisant usage d'un double rideau de palplanches battues dans le sol et abandonnées dans celui-ci, et dont l'étalement métallique précédant chaque approfondissement de la fouille constitue la charpente des quatre pertuis du tunnel.



l'Hôpital-rue de Loxum de la Jonction Nord-Midi à Bruxelles.

Nord-Midi à Bruxelles

Les palplanches de 18 à 22 mètres de longueur ont 7 à 9 mètres de fiche, sous le niveau inférieur du radier. L'ossature métallique se compose de cinq files de colonnes, réunies par des entretoises à leur sommet, à leur base et, éventuellement, intermédiairement lorsque les circonstances locales l'exigent.

Sans les longues palplanches métalliques et sans le procédé de rabattement de la nappe aquifère par petits puits filtrants, cet ouvrage n'aurait pu être réalisé avec sécurité.

*
**

Le tunnel de la jonction Nord-Midi a été divisé, au point de vue entreprise des travaux, en quatre tronçons : église de la Chapelle — rue de l'Hôpital; rue de l'Hôpital — rue de Loxum; rue de Loxum — rue des Sables et rue des Sables — rue Saint-Lazare. Le premier tronçon, d'une longueur de 365 mètres, a été exécuté par la S. A. *les Entreprises Van Rymenant*. Les travaux de ce

tronçon ont été achevés en juillet 1938. Le tonnage de l'ossature des pertuis, construite par les *Ateliers Métallurgiques de Nivelles*, s'est élevé, pour le premier tronçon, à 8.000 tonnes. Le tonnage des palplanches s'est élevé à 3.000 tonnes et celui des fers ronds à 4.200 tonnes. Le second tronçon, d'une longueur de 450 mètres, a été adjugé à la firme *les Entreprises Ed. François et Fils* en janvier 1938. Ce tronçon comprend notamment les travaux souterrains de la halte centrale à six voies à quai. Les travaux de ce tronçon nécessiteront la mise en œuvre de 4.500 tonnes de palplanches métalliques, 11.000 tonnes d'ossatures en acier et 9.000 tonnes de ronds à béton. Les constructeurs des charpentes métalliques du deuxième tronçon sont la S. A. *de Construction et des Ateliers de Willebroeck*.

La halte centrale proprement dite, confiée à l'architecte Baron V. Horta, se trouve placée dans un vaste bâtiment d'environ 4.400 m² de surface. Les installations de la gare occuperont une partie du rez-de-chaussée et un entresol inférieur.

N° 10 - 1939



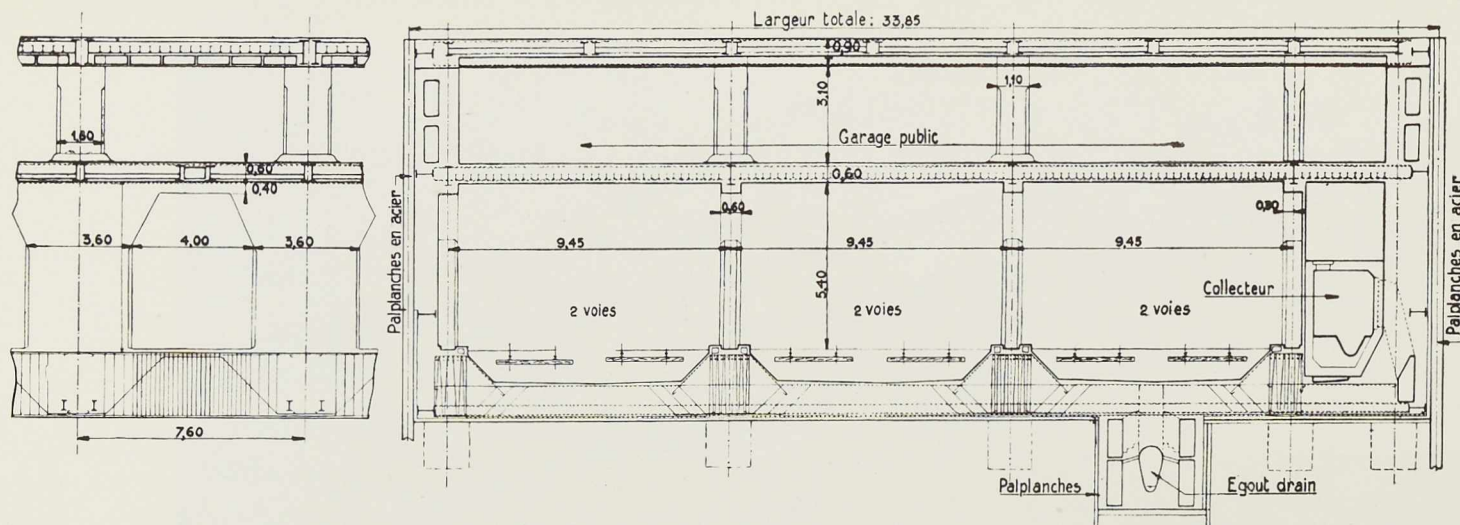


Fig. 594. Coupes longitudinale et transversale dans le tunnel de la Jonction Nord-Midi

On prévoit l'achèvement des travaux du deuxième tronçon pour juin 1940.

A l'extrémité nord des travaux, la partie en viaduc s'étendant entre la rue de Brabant et la

rue Linnée a été adjugée à la firme *Gillion*, de Bruxelles. Les charpentes rivées et boulonnées de ces viaducs, comportant 6.000 tonnes d'acier, seront réalisées par la *Société de Construction et des Ateliers de Willebroeck*. Le troisième tronçon, rue de Lozum-rue des Sables, sera mis en adjudication au mois d'octobre.

Au chantier du second tronçon, à la date du 15 septembre 1939, 225.000 m³ de terrassements ont été effectués sur un total de 269.000 m³; plus de 20.000 m² de palplanches étaient foncées sur un total de 200.000 m²; 5.000 tonnes de charpentes étaient montées sur un total de 11.000 tonnes, enfin, 28.000 m³ de béton armé de 3.000 tonnes de fers ronds ont été mis en œuvre sur un total de 85.000 m³ de béton armé de 9.000 tonnes de fers ronds.

*
* *

Les travaux de la jonction Nord-Midi progressent activement. Ce grandiose ouvrage se présente sous plusieurs aspects différents.

D'une part, ce sont les travaux de génie civil qui ont posé aux ingénieurs des problèmes aussi complexes qu'intéressants. D'autre part, c'est l'urbanisation des quartiers traversés par la jonction qui permettra d'en élargir les rues et de démolir de nombreux taudis, pour reconstruire à leur place des immeubles modernes. Il y a, enfin, la reconstruction architecturale le long d'une artère de 22 mètres de largeur et de 2 kilomètres en plein centre de Bruxelles. Nous parlerons prochainement des relèvements des gares du Nord et du Midi qui comportent de très importants travaux à ossature métallique soudée et de nombreux ouvrages d'art.

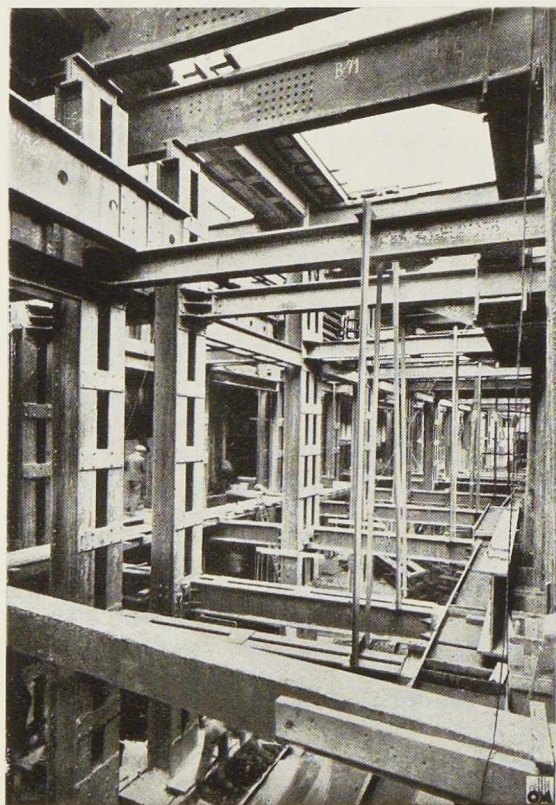


Fig. 595. L'ossature en acier du tunnel de la Jonction Nord-Midi à Bruxelles.



Contribution au Calcul statique des conduites circulaires

par B. Enyedi, Docteur-Ingénieur, Budapest

L'expérience et de nombreux essais prouvent que les conditions de sécurité à la rupture des tuyaux enterrés ne sont pas assez développées. Indépendamment de ce fait, il y a un grand intérêt à posséder un procédé de calcul statique satisfaisant à toutes les exigences de la pratique courante, parce qu'un grand nombre de villes et de villages font, de nos jours, construire ou compléter l'aménagement de l'adduction, de la distribution de l'eau potable et de l'écoulement des eaux usées. Cet aménagement rend nécessaire l'emploi de plus en plus fréquent des conduites de différents types.

Par suite des dimensions peu importantes des conduites, on ne s'est pas assez occupé, jusqu'ici, du calcul statique de ces ouvrages et on ne trouve dans la littérature technique aucune méthode pratique, tout en étant suffisamment exacte, pour le calcul des tuyaux et conduites.

Le calcul statique des tuyaux se complique du fait des sollicitations extérieures et des réactions indéterminées. La charge du remblai au-dessus des conduites dépend, par exemple, non seulement de ses caractéristiques physiques : densité, humidité, cohésion, etc., mais aussi de son âge, ainsi que du matériau, de la forme, de la rigidité, de l'élasticité et des dimensions du tuyau. Ces différents facteurs, difficilement chiffrables d'ailleurs, n'épuisent pas les difficultés du problème. Les déformations permanente et variable du tuyau, la nature, la compressibilité et l'humidité du sol influent considérablement sur l'effet des sollicitations d'une conduite. Toutes ces difficultés font qu'on peut seulement estimer les charges extérieures et ses réactions; il va de soi que cette évaluation simplifie le calcul. D'autre part, dans le cas des charges élevées, les dimensions des conduites ne seront jamais trop fortes.

Actuellement, on a tendance à donner aux tuyaux enterrés une forme cylindrique, ceci en vue d'avoir une construction très simple.

A. Sollicitations

Les tuyaux enterrés sont soumis aux charges suivantes :

I. Sollicitations extérieures :

1° Surcharge roulante sur le remblai;

2° Poids propre du tuyau;

3° Charge du remblai.

II. Pression extérieure de l'eau.

III. Charge d'essai à l'occasion de l'entrée en possession.

Nous ne commettrons pas une erreur appréciable si nous négligeons l'influence de la variation de température; parce que les conduites étant habituellement enterrées, les efforts longitudinaux sont très faibles.

I. Sollicitations extérieures

1° *Surcharge roulante.* — La surcharge roulante, c'est-à-dire le poids des véhicules, sera toujours traduite en poids de terre; en raison de la transformation de ces surcharges et en utilisant le pouvoir de répartition de remblai, elles seront remplacées par le poids propre d'un remblai, uniformément réparti de hauteur h_1 :

$$h_1 = \frac{Q}{l_1 l_2 \gamma}, \quad (1)$$

où Q = poids du véhicule en question,

γ = densité de la terre (par m^3),

l_1 et l_2 = longueur et largeur de la base de répartition sur le plan inférieur du remblai. Si la surface roulante est représentée par la foule (400 kg par m^2), il vient :

$$h_1 = \frac{400}{1.800} = 0^m222,$$

la densité de la terre étant prise à 1.800 kg/m^3 .

La surcharge roulante sera toujours prise en considération sous forme d'un remblai imaginaire de hauteur h_1 s'ajoutant à la hauteur réelle du remblai.

2° *Poids propre du tuyau.* — Le poids propre des conduites est toujours insignifiant en comparaison avec les autres sollicitations. Il est alors plus pratique de le remplacer par un poids de terre de hauteur h_2 .

La hauteur h_2 est donnée par la formule :

$$h_2 = \frac{d\gamma'}{\gamma} \quad (2)$$

où d est l'épaisseur de la paroi, tandis que γ'



désigne la densité du matériau, dont est faite la paroi du berceau supérieur du tuyau; on aura :

$$h_2 = \frac{\pi}{2} \frac{d\gamma'}{\gamma} \quad (3)$$

parce que la longueur de la paroi du berceau supérieur est $\frac{1}{2} \pi$ fois plus grande que la largeur du tuyau.

La différence entre les valeurs suivant les formules (2) et (3) par rapport aux autres sollicitations est insignifiante; étant donné que les parois voisines dans le sens horizontal de la paroi produisent seules les moments fléchissants, on peut calculer le poids propre d'après la formule (2).

3° Charge du remblai. — Il faut, en général, distinguer deux cas, suivant que la hauteur du remblai au-dessus de la conduite est petite ou assez élevée :

a) Si le remblai n'est pas haut, on peut admettre que tout le poids de la terre charge la paroi de la conduite. Par suite, la sollicitation extérieure à la clef du tuyau (fig. 596), au point A, sera :

$$P_A = \gamma h$$

où h signifie la hauteur du remblai au-dessus de la clef.

La hauteur du remblai au-dessus d'une section C est :

$$h + \overline{AC_1} = h + \overline{AO} - \overline{OC_1} = h + r(1 - \cos \xi')$$

où r et ξ' désignent le rayon de la conduite et l'angle polaire de la section C. La sollicitation verticale du remblai est alors en C :

$$P_c = \gamma [h + r(1 - \cos \xi')]$$

dont les composantes dans le sens radial C_r et tangentiel C_e sont :

$$\begin{aligned} C_r &= \gamma \cos \xi' [h + r(1 - \cos \xi')] = R \\ C_e &= \gamma \sin \xi' [h + r(1 - \cos \xi')] \end{aligned} \quad (4)$$

Il va de soi que la composante tangentielle ne produit aucune sollicitation, parce qu'elle tend à faire glisser la terre. La composante R correspondant aux angles polaires 0° et 90° a les valeurs suivantes :

$$R_A = \gamma h \quad R_B = 0$$

valeurs, qui expriment que la sollicitation horizontale près du point B n'est pas considérable. Prenons l'exemple numérique où $\gamma = 1.800 \text{ kg/m}^3$, $h = 1,0 \text{ m}$ et $r = 0,55 \text{ m}$, nous avons calculé les sollicitations radiales R , consignées au tableau I et représentées sur la figure 597a.

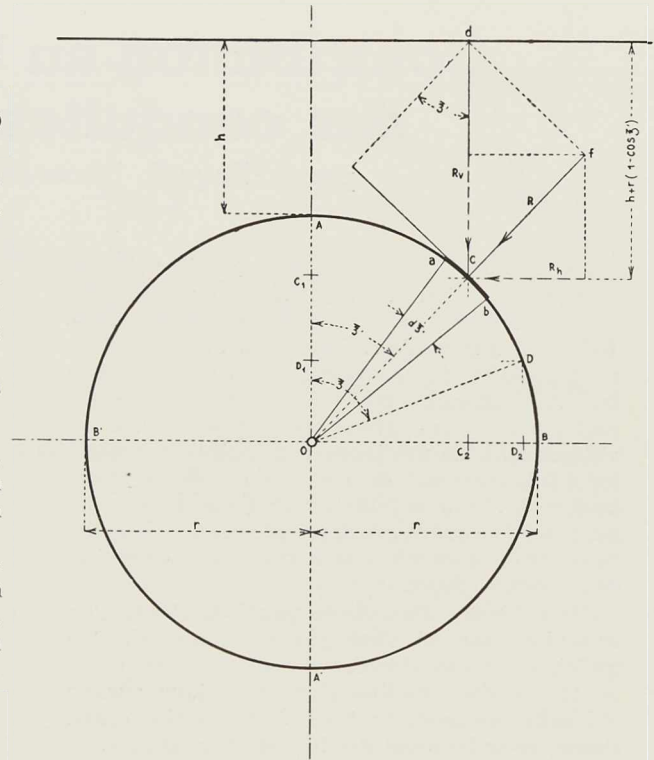


Fig. 596.

En ce qui concerne les réactions, on peut admettre les deux possibilités suivantes :

α) La conduite est appuyée sur la seule généra-

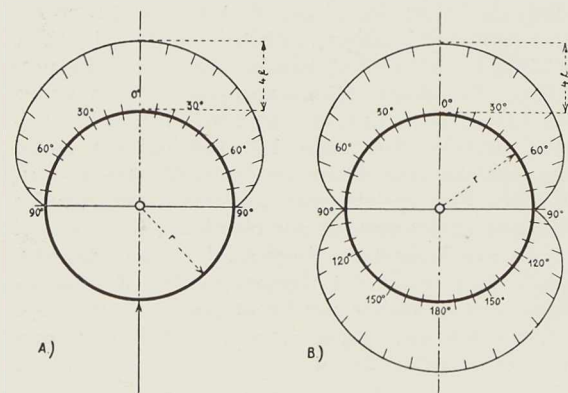


Fig. 597.

trice la plus inférieure du berceau inférieur (fig. 597a) et la réaction est verticale.

β) La conduite est appuyée sur toutes les génératrices du berceau inférieur (fig. 597b) et les



reactions sont radiales, égales, et directement opposées aux sollicitations du berceau supérieur.

TABLEAU I
Pression du remblai

Angle au centre ξ	Pression du remblai (kg/m ²)
0°	1.800
10°	1.788
20°	1.748
30°	1.673
40°	1.556
50°	1.384
60°	1.147
70°	838
80°	451
90°	—

TABLEAU II
Pression extérieure

Hauteur du remblai (h)	Pression extérieure
0,0	0,000
1,0	0,813
2,0	1,307
3,0	1,560
4,0	1,653
5,0 et au-dessus	1,667
Multiplificateur	$\times \gamma$

Il est certain que les diagrammes représentés aux figures 597a et 597b représentent les deux cas extrêmes parmi toutes les possibilités réelles. Il faut alors déterminer les moments fléchissants pour les deux sollicitations a et b et, après exclusion des moments très extrêmes près de la génératrice la plus inférieure, il est possible d'établir des moments qui pourront servir de base au calcul statique des conduites circulaires.

b) Si le remblai est *haut*, on doit prendre en considération que la terre agit comme une construction en voûte, dont la poussée horizontale diminue considérablement la valeur de la pression (fig. 598).

En admettant que la pression n'augmentera pas si la hauteur du remblai est supérieure à 5^m00 (fig. 599), que la valeur de la pression est égale à la surface d'une figure M₁ M₂ X₂ X₁ [limitée d'un côté par la droite (M₁ N) et de l'autre par une

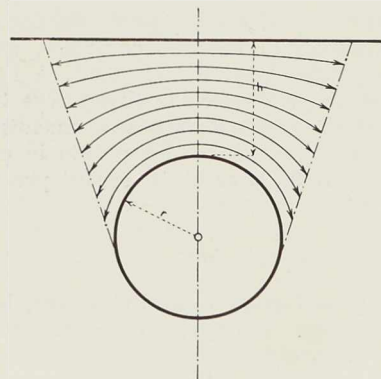


Fig. 598.

parabole (M₂ N)], on pourra déterminer la diminution de la pression, c'est-à-dire la sollicitation réelle.

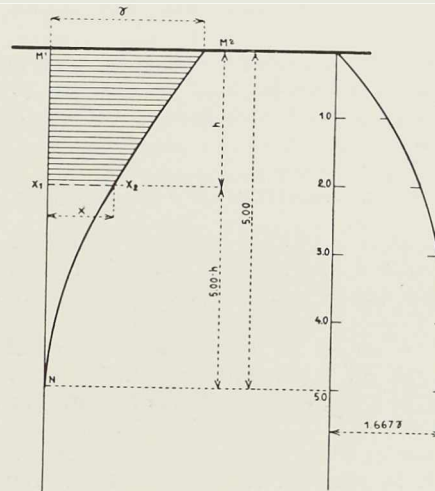


Fig. 599.

Etant donné que dans le cas d'une faible hauteur du remblai, la pression ne sera pas diminuée, la longueur M₁ M₂ sera égale à γ .

Si C est le coefficient constant de la parabole, les ordonnées de cette courbe seront :

$$X_1 X_2 = C (5,00 - h)^2$$

$$M_1 M_2 = C \times 5,00^2 = \gamma.$$

Il vient : $C = 0,04 \gamma$ $X_1 X_2 = 0,04 (5,00 - h)^2 \gamma$ et l'espace M₁ M₂ X₂ X₁

$$P = \frac{\gamma}{3} [5,00 - 0,04 (5,00 - h)^3] \dots \quad (5)$$

Les pressions diminuées, calculées d'après la formule (5), seront inscrites au tableau II; il résulte de la surface de la parabole que la pression extérieure causée par un remblai d'une hauteur de 5^m00, n'est plus qu'un tiers du poids de la terre : 1,667 γ au lieu de 5,00 γ .

Si l'on veut diminuer la pression R, calculée d'après la formule (4), il sera nécessaire de distinguer deux cas :

- a) Si la hauteur du remblai est égale ou supérieure à 5^m00, la pression extérieure sera un tiers de la pression résultant de la formule (4).
- β) Si la hauteur du remblai est inférieure à 5^m00, la formule (4) sera formée en

$$P_c = \frac{\gamma}{3h} [5,00 - 0,04 (5,00 - h)^3] [h + r(1 - \cos \xi')] \cos \xi' \quad (6)$$

c'est-à-dire que les valeurs, calculées d'après la



formule (4), ont été diminuées des valeurs tirées de l'équation (5). Il va de soi que l'on diminuera la charge du remblai seulement dans le cas où la sollicitation pleine cause des dimensions trop fortes.

Vu que dans la pratique courante, les moments fléchissants du remblai total ne sont pas grands, la diminution n'est employée que dans les cas extrêmes.

II. La pression intérieure de l'eau conduite

La pression intérieure de l'eau conduite peut être calculée d'une manière tout à fait exacte. En admettant que la surface entre la surface de l'eau et la clef de la conduite est H (fig. 600), la pression en A et en A' est respectivement $H\delta$ et $(H + 2r)\delta$ où δ désigne la densité de l'eau : 1.000 kg/m^3 . En divisant le diagramme des pressions relatives à la conduite $abb'a'$ en deux parties : $abca'$ et $bb'c$, il est certain que la première partie de la pression est uniformément répartie, par suite, elle cause une pression intérieure constante ($H\delta$) en toutes les sections du tuyau.

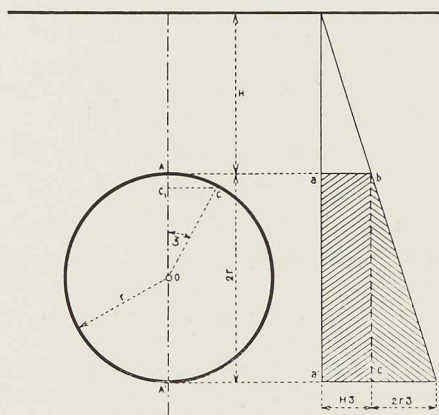


Fig. 600.

Cependant, les pressions causées par la deuxième partie du diagramme augmentent graduellement; au point C , par exemple, la pression est produite par la hauteur d'eau de AC_1 , par suite, la valeur de cette pression intérieure est :

$$\overline{AC_1}\delta = (\overline{AO} - \overline{OC_1})\delta = r(1 - \cos \xi)\delta \quad (7)$$

La pression uniformément répartie ne cause aucun moment de flexion, mais seulement une traction stable des parois ($H\delta r$), tandis que la pression variable produit la flexion de la conduite.

Si l'eau ne remplit pas complètement la section

totale de la conduite, et si le niveau de l'eau est représenté par l'horizontale NN' , dont l'angle central est de (fig. 601):

$$N O N' = 2\alpha$$

la hauteur de l'eau sollicitant le point C sera :

$$N_1 C_1 = \overline{N_1 O} - \overline{O C_1} = r(\cos \alpha - \cos \xi')$$

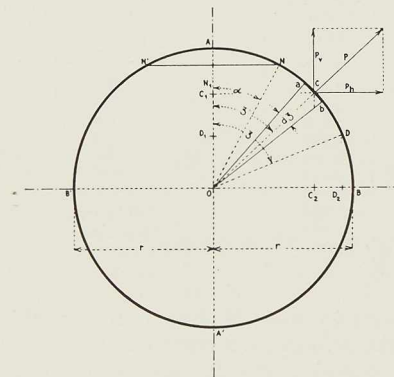


Fig. 601.

Par suite, la pression au point C est de :

$$P = r\delta(\cos \alpha - \cos \xi') \quad (8)$$

Il va de soi que les formules (7) et (8) sont identiques, si la conduite est remplie d'eau ($\alpha = 0$); nous calculons seulement les moments correspondants à la sollicitation suivant la formule (8), dont les résultats dans le cas spécial $\alpha = 0$ nous donnent aussi les moments des tuyaux pleins.

III. Charge d'essai à l'occasion de l'entrée en possession

La charge d'essai est composée de deux forces égales, verticales et de sens contraire, qui sollicitent les points A et A' (fig. 606). A l'occasion de l'entrée en possession, le tuyau sera toujours chargé jusqu'à rupture dans une machine pour essais de compression, où les points le plus bas et le plus haut de la conduite seront pressés l'un vers l'autre.

B. Principe de la solution

Comme nous l'avons exposé ci-dessus, les effets de la surcharge roulante du poids propre du tuyau et du remblai seront toujours déterminés ensemble, en calculant l'effet d'un remblai d'une certaine hauteur imaginaire. Cette sollicitation



combinée produit essentiellement la flexion des parois, dont la compression directe n'est pas importante.

La pression intérieure de l'eau cause également une flexion, la traction pouvant être considérable si la hauteur H est grande.

Par suite, nous pouvons négliger les forces normales des parois produites par le remblai. c'est-à-dire par les sollicitations extérieures, mais non si elles sont causées par la pression intérieure de l'eau. La flexion ne peut jamais être négligée, parce qu'elle a toujours une valeur considérable, qu'elle soit produite par les sollicitations extérieures ou intérieures.

La détermination des moments de flexion n'est pas très simple. La conduite étant un cadre rigide, nous devons alors utiliser la méthode générale pour la solution de ces constructions.

Si la conduite est interrompue en A (fig. 602), il se manifestera aux sections finales A, les réactions verticales V, les forces horizontales H et les moments de réaction M, qui sont naturellement égaux deux à deux, mais de direction opposée.

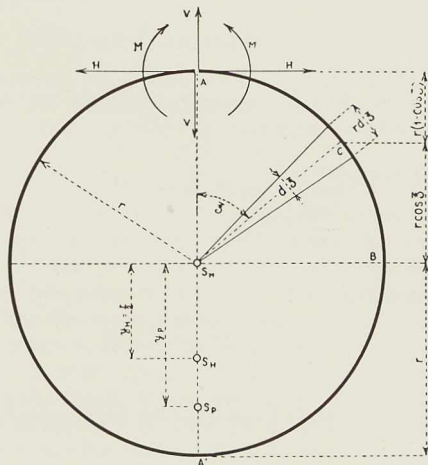


Fig. 602.

Attendu que la construction et la sollicitation sont symétriques, les réactions verticales V doivent disparaître, car dans le cas contraire aucun système de force symétrique n'est possible.

Les autres forces et moments seront par la suite classés en trois groupes, qui sont aussi séparément en équilibre :

1° Les deux forces horizontales H, agissant sur la même horizontale, sont égales et de direction opposée;

2° Les deux moments de réaction M, agissant au point A, sont égaux et de direction opposée;

3° La sollicitation de la conduite (la pression

du remblai ou de l'eau) compose, avec ses réactions, un système de force en équilibre.

Par suite de la symétrie, la conduite est une construction deux fois hyperstatique; les inconnues statiques sont H et M, et pour les obtenir, on doit déterminer les déformations du tuyau.

Pour simplifier la méthode, nous calculons la déformation entière entre les sections A à la fois, et nous considérons l'action des moments de flexion produits séparément par chacun des trois groupes suscités.

Le diagramme des moments fléchissants et celui de la variation angulaire peuvent être maintenant considérés comme identiques, parce que le moment d'inertie et le module d'élasticité sont constants sur toute la longueur de la construction.

Le premier diagramme de la variation angulaire est à composer d'après les moments de la force horizontale H; le moment de flexion pour une section quelconque C est :

$$M = H r (1 - \cos \xi)$$

et en considérant que la longueur d'un élément de la conduite est $r d\xi$, la surface du diagramme de la variation angulaire sera :

$$S_H = 2 \int_{\xi=0}^{\pi} M r d\xi = 2 r^2 \int_{\xi=0}^{\pi} H (1 - \cos \xi) d\xi = 2 H r^2 \pi. \quad (9)$$

Attendu que le moment de cette surface concernant le diamètre horizontal B B' est :

$$2 \int_{\xi=0}^{\pi} H r (1 - \cos \xi) r d\xi r \cos \xi = - H r^3 \pi$$

l'ordonnée du centre de gravité du diagramme de variation angulaire (S_H) sera :

$$y_H = - H r^3 \pi \frac{1}{2 H r^2 \pi} = - \frac{r}{2}. \quad (10)$$

Le deuxième diagramme est à composer suivant le moment M; vu que cette valeur est constante pour chaque section, la surface du diagramme de la variation angulaire est :

$$S_M = 2 r \pi M \quad (11)$$

dont le centre S_M est confondu avec celui du cercle : $y_M = 0$.

Le troisième diagramme sera composé d'après la sollicitation qui détermine la surface S_P et le centre de gravité y_P du diagramme de la variation angulaire.

Il va de soi que les deux sections A ne peuvent ni se détourner ni s'écartier l'une de l'autre. Attendu que l'aire du diagramme de variation



angulaire entre deux sections quelconques représente la variation angulaire qui disparaît entre les deux sections A, il est sûr que :

$$S_H + S_M + S_p = 0. \quad (12)$$

Vu que le moment de rotation des aires S_H , S_M et S_p donne le déplacement entre les deux sections A, et que ce moment doit aussi disparaître, il s'ensuit que le moment des aires suscitées concernant le centre du cercle est zéro :

$$S_H y_H + S_p y_p = 0. \quad (13)$$

Les formules (12) et (13) expriment d'ailleurs que les trois aires, agissant dans leurs centres de gravité, composent un système en équilibre.

En substituant les équations (9-11) dans les formules (12-13) :

$$2 H r^2 \pi + 2 r \pi M + S_p = 0 \quad (14)$$

$$- H r^3 \pi + S_p y_p = 0 \quad (15)$$

qui sont des équations fondamentales pour la solution des conduites circulaires.

C. Sollicitation extérieure

A l'occasion du calcul statique des sollicitations extérieures, on doit substituer dans les formules fondamentales (14) et (15) les valeurs S_p et y_p qui sont composées sur la base de la charge R (formule 4); il est naturel que la hauteur h est une hauteur imaginaire, qui représente la somme de la hauteur véritable du remblai (fig. 596) et des hauteurs imaginaires relatives à la surcharge roulante et au poids propre du tuyau.

Les composantes verticale et horizontale de la sollicitation R (fig. 596) sont les suivantes :

$$R_v = R \cos \xi' = \gamma \cos^2 \xi' [h + r(1 - \cos \xi')] \quad (16)$$

$$R_h = R \sin \xi' = \gamma \sin \xi' \cos \xi' [h + r(1 - \cos \xi')] \quad (17)$$

et le moment en D de la conduite interrompue en A :

$$-\gamma \int_{\xi'=0}^{\xi} [h + r(1 - \cos \xi')] [\cos^2 \xi' \overline{C_2 D_2} + \sin \xi' \cos \xi' \overline{C_1 D_1}] r d\xi' \quad (18)$$

où

$$\overline{C_2 D_2} = r(\sin \xi - \sin \xi') \quad \overline{C_1 D_1} = r(\cos \xi' - \cos \xi)$$

Après l'exécution du calcul :

$$M'_D = \frac{1}{6} \gamma r^2 [2 r \sin^2 \xi - 3(h+r)\xi \sin \xi - 2 r \cos \xi + 2 r] \quad (19)$$

formule qui est valable entre les sections A et B.

α) Si la conduite est appuyée seulement sur sa génératrice la plus inférieure (fig. 597a), la paroi

BA' ne supporte aucune sollicitation extérieure⁽¹⁾. Le moment peut être calculé par la formule (18), mais les limites de l'intégration, si nous déterminons le moment M''_D entre les sections B et A', seront : $\xi' = 0$ et $\frac{\pi}{2}$; le résultat du calcul est :

$$M''_D = \frac{1}{12} \gamma r^2 [2 \cos \xi (3h+r) - \sin \xi (3\pi h + 3\pi r - 8r)] \quad (20)$$

formule qui est valable entre les sections B et A'. La surface du diagramme des moments fléchissants concernant le berceau supérieur est à calculer suivant la formule (19) :

$$S'_p = 2 \int_{\xi=0}^{\frac{\pi}{2}} M'_D r d\xi$$

et celle relative au berceau inférieur d'après l'équation (20) :

$$S''_p = 2 \int_{\xi=\frac{\pi}{2}}^{\pi} M''_D r d\xi.$$

La surface totale sera, après le calcul détaillé :

$$S_p = S'_p + S''_p = -2 \gamma r^3 [h + \frac{1}{4} h \pi + \frac{1}{3} r] \quad (21)$$

Le moment de cette surface, rapporté au centre de la conduite, sera :

berceau supérieur :

$$2 \int_{\xi=0}^{\frac{\pi}{2}} M'_D r^2 \cos \xi d\xi$$

berceau inférieur :

$$2 \int_{\xi=\frac{\pi}{2}}^{\pi} M''_D r^2 \cos \xi d\xi$$

le moment total de la surface du diagramme aura la valeur :

$$S_p y_p = \frac{1}{3} \gamma r^4 \left[\frac{2}{3} r + \frac{1}{8} r \pi + \frac{9}{8} h \pi \right]. \quad (22)$$

En substituant les valeurs (21) et (22) dans les équations (14) et (15) et en déterminant les inconnues :

$$\left. \begin{aligned} H &= \frac{1}{3} \gamma r \left[\frac{2r}{3\pi} + \frac{r}{8} + \frac{9}{8} h \right] \\ M &= \frac{\gamma r^2}{3\pi} \left[3h - \frac{3}{8} h \pi + \frac{r}{3} - \frac{r\pi}{8} \right] \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

La formule des moments fléchissants de la conduite est alors :

⁽¹⁾ La conduite adductrice du Neblon, à Liège, en tuyaux de fonte de grand diamètre, posé sur le sol rocheux, a subi de nombreuses fissurations suivant la génératrice inférieure.



$$\left. \begin{aligned} M_D &= M'_D + Hr(1 - \cos \xi) + M \\ M_D &= M''_D + Hr(1 - \cos \xi) + M \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

et après substitution des formules (19), (20) et (23) dans la valeur (24), l'équation des moments fléchissants du tuyau circulaire sera :

berceau supérieur :

$$\begin{aligned} M_D &= \frac{1}{6} \gamma r^2 \left[2r \sin^2 \xi - 3(h+r) \xi \sin \xi \right. \\ &\left. - \cos \xi \left(\frac{9}{4} h + \frac{4r}{3\pi} + \frac{9r}{4} \right) + 2r + \frac{2r}{\pi} + \frac{3}{2} h + \frac{6h}{\pi} \right] \end{aligned} \quad (25)$$

berceau inférieur :

$$\begin{aligned} M_D &= \frac{1}{6} \gamma r^2 \left[\cos \xi \left(\frac{3}{4} h + \frac{3}{4} r - \frac{4r}{3\pi} \right) \right. \\ &\left. - \frac{1}{2} \sin \xi (3h\pi + 3r\pi - 8r) + \frac{2r}{\pi} + \frac{3}{2} h + \frac{6h}{\pi} \right] \end{aligned} \quad (26)$$

Les formules (25) et (26) fournissent le moment fléchissant de chaque section des conduites circulaires.

Les conditions de l'exemple numérique cité ci-dessus étaient :

$$\gamma = 1.800 \text{ kg/m}^3 \quad h = 1,00 \text{ m} \quad r = 0,55 \text{ m}$$

les moments de flexion calculés d'après ces données et les formules (25) et (26) sont inscrits dans le tableau III, et dessinés dans la figure 603 (M_a).

3) Si la conduite est appuyée sur toutes les génératrices du berceau inférieur, comme la figure 597b le montre, la sollicitation du remblai complétée par les réactions est symétriquement disposée par rapport aux deux axes A A' et B B'; par suite, chaque quart de la conduite est chargé d'une manière identique. Par suite de cette symétrie double, nous considérons seulement l'état d'équilibre d'une moitié de la conduite : A B A'; la réaction horizontale H est égale à la sollicitation horizontale entre A et B :

$$\begin{aligned} H &= \int_{\xi=0}^{\frac{\pi}{2}} [h + r(1 - \cos \xi)] \sin \xi \cos \xi r d\xi \\ H &= \frac{1}{6} \gamma r (3h + r). \end{aligned} \quad (27)$$

En possession de l'inconnue H, l'autre inconnue M peut être déterminée par l'équation (14), par suite, il suffit de calculer la surface S_p .

En déterminant les moments R_v , R_h et H (formules 19 et 27):

$$\begin{aligned} M'_D &= \frac{1}{6} \gamma r^2 [2r \sin^2 \xi - 3(h+r) \xi \sin \xi - 2r \cos \xi + 2r] \\ &+ \frac{1}{6} \gamma r^2 [2r \sin^2 \xi - 3(h+r) (\xi \sin \xi + \cos \xi - 1)] \end{aligned} \quad (28)$$

dont la surface entre A et B sera :

$$S_p = \int_{\xi=0}^{\frac{\pi}{2}} M'_D r d\xi = \gamma r^3 \left[\frac{1}{3} \pi r + \frac{1}{4} \pi h - r - h \right] \quad (29)$$

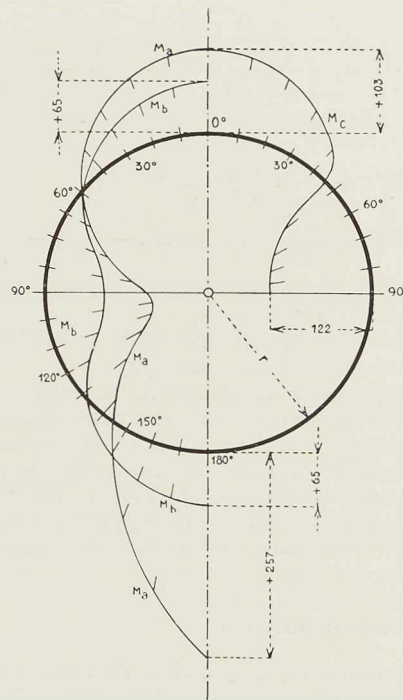


Fig. 603.

TABLEAU III
Moments fléchissants du remblai

Angle au centre (ξ)	Moments fléchissants du remblai (kgm)		
	M_a	M_b	M_c
0°	+ 103	+ 65	+ 103
10°	+ 98	+ 62	+ 98
20°	+ 86	+ 52	+ 86
30°	+ 64	+ 36	+ 64
40°	+ 34	+ 16	+ 34
50°	+ 1	- 7	- 68
60°	- 36	- 31	- 102
70°	- 70	- 53	- 123
80°	- 101	- 69	- 130
90°	- 122	- 76	- 122
100°	- 130	- 69	- 130
110°	- 123	- 53	- 123
120°	- 102	- 31	- 102
130°	- 68	- 7	- 68
140°	- 22	+ 16	+ 34
150°	+ 36	+ 36	+ 64
160°	+ 104	+ 52	+ 86
170°	+ 178	+ 62	+ 98
180°	+ 257	+ 65	+ 103



Attendu que S_p contient aussi l'effet de H , et que les valeurs se rapportent à un quart de la conduite, l'équation aura la forme suivante :

$$\frac{1}{2} r \pi M + S_p = 0$$

d'où :

$$M = -\frac{2}{r\pi} S_p = \frac{2}{\pi} \gamma r^2 \left[r + h - \frac{\pi r}{3} - \frac{\pi h}{4} \right] \quad (30)$$

Les moments fléchissants sont alors :

$$M_D = M'_D + M = \frac{1}{6} \gamma r^2 \left[2 r \sin^2 \xi - 3(h+r) \left(\xi \sin \xi + \cos \xi - \frac{4}{\pi} \right) - r \right] \quad (31)$$

Dans l'exemple numérique précédent ($\gamma = 1.800 \text{ kg/m}^3$, $h = 1,00 \text{ m}$, $r = 0,55 \text{ m}$) les moments sont calculés, inscrits dans le tableau III, et dessinés sur la figure 603 (M_b).

Nous voyons que les moments M_b sont presque partout plus faibles que M_a , par suite il sera pratique d'accepter comme moment fléchissant du tuyau circulaire un des moments M_a ou M_b , le plus grand, excepté naturellement les valeurs extrêmes près de A; la courbe M_c peut alors représenter les moments véritables des conduites (fig. 603).

D. Sollicitation intérieure

Les réactions de la pression de l'eau ne sont pas connues; au contraire, elles doivent être admises d'une manière pratique, pour permettre le calcul statique de cette sollicitation. Si nous admettons que la conduite est appuyée sur sa génératrice la plus intérieure (fig. 604a), ou sur toutes les génératrices du berceau inférieur (fig. 604b) comme nous avons fait à l'occasion du calcul des sollicitations extérieures, il sera évident que ces suppositions représentent deux possibilités tout à fait extrêmes; par suite, la conduite sera toujours appuyée d'une manière quelconque entre ces deux extrémités.

Nous calculons alors les moments fléchissants du tuyau, en l'appuyant d'après les figures 604a et 604b.

La formule (8) exprime la valeur véritable de la pression intérieure.

Les composantes horizontale et verticale de cette pression sont (fig. 601) :

$$P_h = r\delta (\cos \alpha - \cos \xi') \sin \xi' \quad (32)$$

$$P_v = r\delta (\cos \alpha - \cos \xi') \cos \xi' \quad (33)$$

qui représentent la sollicitation, pour laquelle il faut calculer les forces intérieures. Elles déter-

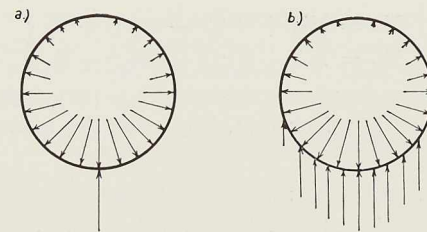


Fig. 604.

minent alors les surfaces S_h et S_v et les centres de gravité y_h et y_v , qui doivent être substitués dans les formules (14) et (15).

Les moments de flexion des composantes P_h et P_v sont dans la section D (fig. 601).

$$P_h \overline{C_1 D_1} = P_h (\overline{C_1 O} - \overline{O D_1}) = P_h r (\cos \xi' - \cos \xi)$$

$$P_v \overline{C_2 D_2} = P_v (\overline{C_2 O} - \overline{O D_2}) = P_v r (\sin \xi - \sin \xi')$$

les moments fléchissants M_h et M_v au point D sont alors :

$$\begin{aligned} M_h &= \int_{\xi'=\alpha}^{\xi} P_h r (\cos \xi' - \cos \xi) r d\xi' \\ &= \int_{\xi'=\alpha}^{\xi} r\delta (\cos \alpha - \cos \xi') \sin \xi' (\cos \xi' - \cos \xi) r^2 d\xi' \\ &= \frac{1}{6} r^3 \delta [\cos \alpha - \cos \xi]^3 \end{aligned} \quad (34)$$

$$\begin{aligned} M_v &= \int_{\xi'=\alpha}^{\xi} P_v r (\sin \xi - \sin \xi') r d\xi' \\ &= \int_{\xi'=\alpha}^{\xi} r\delta (\cos \alpha - \cos \xi') \cos \xi' (\sin \xi - \sin \xi') r^2 d\xi' \\ &= \frac{1}{6} r^3 \delta [(\cos \xi - \cos \alpha)^3 - 3 \cos \xi (1 + \cos^2 \alpha) \\ &\quad + 6 \cos \alpha + 3 \sin \xi (\alpha - \xi - \sin \alpha \cos \xi)] \end{aligned} \quad (35)$$

Le moment M_D de la pression P au point D est déterminé par la somme des formules (34) et (35) :

$$M_D = M_h + M_v = \frac{1}{2} r^3 \delta [2 \cos \alpha + \sin \xi (\alpha - \xi - \sin \alpha \cos \alpha) - \cos \xi (1 + \cos^2 \alpha)] \quad (36)$$

Les surfaces totales du diagramme du moment S_h et S_v , qui représentent en même temps aussi la surface de la variation angulaire sont :

$$\begin{aligned} S_h &= 2 \int_{\xi=\alpha}^{\pi} \frac{1}{6} r^3 \delta (\cos \alpha - \cos \xi)^3 r d\xi \\ &= \frac{1}{3} r^4 \delta [(\pi - \alpha) (\cos^3 \alpha + \frac{3}{2} \cos \alpha) \\ &\quad + \frac{2}{3} \sin \alpha + \frac{11}{6} \sin \alpha \cos^2 \alpha] \end{aligned} \quad (37)$$



$$\begin{aligned}
S_v &= 2 \int_{\xi=\alpha}^{\pi} M_v r d\xi \\
&= \frac{1}{3} r^4 \delta \left[(\pi - \alpha) \left(\frac{9}{2} \cos \alpha - \cos^3 \alpha - 3 \right) \right. \\
&\quad \left. + \frac{16}{3} \sin \alpha - \sin \alpha \cos \alpha (3 + \frac{11}{6} \cos \alpha) \right] \quad (38)
\end{aligned}$$

La surface du diagramme du moment (S_p), déterminé par la pression P, est la somme des formules (37) et (38):

$$\begin{aligned}
S_p &= S_h + S_v \\
&= r^4 \delta [(\pi - \alpha)(2 \cos \alpha - 1) + \sin \alpha (2 - \cos \alpha)] \quad (39)
\end{aligned}$$

Les moments de rotation N_h , N_v et N_p des surfaces S_h , S_v et S_p rapportés à B B' sont l'un après l'autre :

$$\begin{aligned}
N_h &= 2 \int_{\xi=\alpha}^{\pi} M_h r^2 d\xi \cos \xi \\
&= -\frac{1}{24} r^5 \delta \left[\left(\frac{13}{2} + \cos^2 \alpha \right) \sin 2\alpha + 3(\pi - \alpha)(1 + 4 \cos^2 \alpha) \right] \quad (40)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
N_v &= 2 \int_{\xi=\alpha}^{\pi} M_v r^2 d\xi \cos \xi \\
&= -\frac{1}{24} r^5 \delta \left[3(\pi - \alpha) + \sin 2\alpha \left(\frac{5}{2} - \cos^2 \alpha \right) \right] \quad (41)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
N_p &= N_h + N_v \\
&= -\frac{1}{8} r^5 \delta [2(\pi - \alpha)(1 + 2 \cos^2 \alpha) + 3 \sin 2\alpha] \quad (42)
\end{aligned}$$

Les ordonnées du centre de gravité Y_h , Y_v et Y_p sont alors :

$$Y_h = \frac{N_h}{S_h} \quad Y_v = \frac{N_v}{S_v} \quad Y_p = \frac{N_p}{S_p} \quad (43)$$

qui déterminent la situation précise du centre de la variation angulaire provenant de la sollicitation intérieure.

En substituant les valeurs (39) et (43) dans les formules (14) et (15), et en résolvant les équations :

$$H = \frac{1}{r^3 \pi} N_p \quad M = -\frac{1}{2 r \pi} \left[S_p + \frac{2}{r} N_p \right] \quad (44)$$

les deux inconnues hyperstatiques sont alors déjà connues.

La formule du moment fléchissant du point D dépend de la situation D; si $\xi < \alpha$ au-dessus de la section D seulement le moment de réaction M et la réaction horizontale H sollicitent; pour cette raison le moment fléchissant a la valeur :

$$\begin{aligned}
M_a &= M + M_H = -\frac{1}{2 r \pi} \left[S_p + \frac{2}{r} N_p \right] \\
&\quad + \frac{1}{r^2 \pi} N_p (1 - \cos \xi) \quad (45)
\end{aligned}$$

Mais si $\xi > \alpha$ au-dessus de la section D les réactions M et H ainsi que la pression de l'eau chargent, le moment fléchissant sera alors :

$$\begin{aligned}
M_a &= M + M_H + M_p = -\frac{1}{2 r \pi} \left[S_p + \frac{2}{r} N_p \right] \\
&\quad + \frac{1}{r^2 \pi} N_p (1 - \cos \xi) + M_p \quad (46)
\end{aligned}$$

En substituant dans les formules (45) et (46) les valeurs calculées aux formules (36), (39) et (42) et en simplifiant les résultats, le moment fléchissant sera, dans la section D, si $\xi < \alpha$:

$$M_a = (A_1 \cos \xi + A_6) r^3 \delta \quad (47)$$

et dans le cas où $\xi > \alpha$:

$$M_a = (C_1 \cos \xi + C_2 \sin \xi + C_3 \xi \sin \xi + C_6) r^3 \delta \quad (48)$$

Les coefficients dans ces formules sont les suivants :

$$A_1 = \frac{1}{8 \pi} [3 \sin 2\alpha + 2(\pi - \alpha)(1 + 2 \cos^2 \alpha)]$$

$$A_6 = \frac{1}{2 \pi} [\sin \alpha (2 - \cos \alpha) - (\pi - \alpha)(2 \cos \alpha - 1)]$$

$$C_1 = \frac{1}{4 \pi} \left(\frac{3}{2} \sin 2\alpha - 2\alpha \cos^2 \alpha - \pi - \alpha \right)$$

$$C_2 = \frac{1}{4} (2\alpha - \sin 2\alpha)$$

$$C_3 = -\frac{1}{2}$$

$$C_6 = \frac{1}{4 \pi} [4(\alpha \cos \alpha - \sin \alpha) + \sin 2\alpha + 2(\pi - \alpha)]$$

Au cours de l'établissement de ces formules relatives aux moments fléchissants des conduites circulaires, nous n'avons considéré que les pressions intérieures à partir de la section A', mais aucune réaction extérieure. Il est alors évident que la réaction, composant avec les pressions intérieures un système d'équilibre, ne peut agir qu'au point A' (fig. 604a). Le tuyau est alors appuyé dans ce cas extrême sur le sol en un seul point et la réaction est représentée par une force verticale.

Mais il est sûr que les conduites sont appuyées sur toute la paroi du berceau inférieur. Pour établir les moments d'une conduite, appuyée suivant la figure 604b, il est nécessaire d'utiliser la composante horizontale P_h de la pression intérieure (fig. 601). Il est alors admis, d'une part, que la pression verticale de l'eau atteint immédiatement la paroi du berceau inférieur et, d'autre part, que la paroi la transmet en même temps au terrain. Les composantes verticales et ses réactions agissent suivant cette admission sur



une verticale, elles ne peuvent alors produire aucun moment. En ce qui concerne les composantes verticales du berceau supérieur, elles causent naturellement un certain moment de flexion, mais la pression elle-même y est insignifiante, de plus, à partir du point A jusqu'à N, elle a la valeur zéro et son accroissement vers la section B n'est pas considérable.

Si nous négligeons alors la composante verticale de la sollicitation du berceau supérieur, c'est-à-dire si nous admettons que le tuyau appuie sur la paroi du berceau inférieur, pour obtenir le moment fléchissant de la conduite, on devra substituer dans les formules (45) et (46) les valeurs M_h , S_h et N_p au lieu de M_p , S_p et N_p :

$$\xi < \alpha \quad M_b = -\frac{1}{2r\pi} \left[S_h + \frac{2}{r} N_h \right] + \frac{1}{r^2\pi} N_h (1 - \cos \xi) \quad (49)$$

$$\xi > \alpha \quad M_b = -\frac{1}{2r\pi} \left[S_h + \frac{2}{r} N_h \right] + \frac{1}{r^2\pi} N_h (1 - \cos \xi) + M_h \quad (50)$$

En substituant dans les formules (49) et (50) les valeurs calculées aux formules (34), (37) et (40), en simplifiant les résultats, le moment de flexion dans la section D sera, si $\xi < \alpha$:

$$M_b = (B_1 \cos \xi + B_6) r^3 \delta \quad (51)$$

et si $\xi > \alpha$:

$$M_b = (D_1 \cos \xi + D_4 \cos 2\xi + D_5 \cos^3 \xi + D_6) r^3 \delta \quad (52)$$

où les coefficients sont les suivants :

$$B_1 = \frac{1}{24\pi} \left[\sin 2\alpha \left(\frac{13}{2} + \cos^2 \alpha \right) + 3(\pi - \alpha)(1 + 4 \cos^2 \alpha) \right]$$

$$B_6 = -\frac{1}{2\pi} \left[\frac{1}{3}(\pi - \alpha)(\cos^3 \alpha + \frac{3}{2} \cos \alpha) + \frac{2}{9} \sin \alpha + \frac{11}{18} \sin \alpha \cos^2 \alpha \right]$$

$$D_1 = \frac{1}{4\pi} \left[\frac{1}{2}(\pi - \alpha) - 2\alpha \cos^2 \alpha + \frac{1}{6} \sin 2\alpha \left(\frac{13}{2} + \cos^2 \alpha \right) \right]$$

$$D_4 = \frac{1}{4} \cos \alpha$$

$$D_5 = -0,16667$$

$$D_6 = \frac{1}{4\pi} \left[\alpha \cos \alpha \left(1 + \frac{2}{3} \cos^2 \alpha \right) - \frac{1}{18} \sin \alpha (19 + 11 \cos 2\alpha) \right]$$

Les coefficients A, B, C et D des formules (47), (48), (51), et (52) dépendent seulement du niveau de l'eau, c'est-à-dire seulement de l'angle α ; nous les avons calculés pour les valeurs α suivantes :

$$\alpha = 0^\circ \quad 30^\circ \quad 60^\circ \quad 90^\circ \quad 120^\circ \quad 150^\circ \quad 180^\circ$$

et les résultats sont inscrits dans le tableau IV.

$$\text{Si} \quad \xi = \alpha$$

nous pouvons calculer les moments de flexion suivant les formules (47) et (51) ou (48) et (52), et les résultats doivent être les mêmes. D'après les équations (47) et (48) dans le cas limite $\xi = \alpha$, le moment est :

$$M_a = \frac{r^3 \delta}{8\pi} [\sin 2\alpha (2 + 3 \cos \alpha) + 2(\pi - \alpha)(2 - 3 \cos \alpha + 2 \cos^3 \alpha) - 8 \sin \alpha] \quad (53)$$

et d'après les formules (51) et (52) :

$$M_b = \frac{r^3 \delta}{72\pi} [\sin \alpha \cos^2 \alpha (17 + 6 \cos^2 \alpha) + 3 \cos \alpha (\pi - \alpha)(8 \cos^2 \alpha - 3) - 8 \sin \alpha] \quad (54)$$

Si la conduite est pleine d'eau : $\alpha = 0$ les formules (48) et (52) auront la forme suivante :

$$M_a = \frac{1}{4} r^3 \delta [2 - \cos \xi - 2\xi \sin \xi] \quad (55)$$

$$M_b = \frac{1}{24} r^3 \delta [6 \cos 2\xi - \cos 3\xi] \quad (56)$$

Comme il a été mentionné, les formules (47), (48), (51) et (52) fournissent le moment fléchissant d'une conduite circulaire, en admettant que le tuyau est appuyé sur un point (fig. 604a) et sur le berceau inférieur (fig. 604b). Nous avons déterminé sur la base des formules citées ci-dessus les valeurs de ces moments, qui dépendent en outre de r , seulement α et ξ ; les moments M_a et M_b correspondants aux angles polaires :

$$\alpha = 0^\circ \quad 30^\circ \quad 60^\circ \quad 90^\circ \quad 120^\circ \quad 150^\circ \quad 180^\circ \\ \xi = 0^\circ \quad 10^\circ \quad 20^\circ \dots 90^\circ \dots 160^\circ \quad 170^\circ \quad 180^\circ$$

sont calculés et inscrits dans le tableau V. Il va de soi que les moments dans le cas $\alpha = 180^\circ$ disparaissent.

Ensuite, la figure 605 contient les courbes M_a et M_b correspondantes aux valeurs $\alpha = 0^\circ$; les lignes montrent que la différence entre les deux possibilités d'appui n'est pas considérable, excepté au point A', où à cause de la réaction concentrée le moment est très grand; attendu que l'appui représenté par la figure 109a est tout à fait



extrême, parce qu'il n'arrive jamais qu'une conduite soit posée sur sa seule génératrice la plus inférieure, nous devons mettre de côté la partie mn de la courbe M_a . Nous pouvons alors accepter comme diagramme de moment fléchissant de la conduite circulaire une troisième

courbe M_c , dont les ordonnées, en négligeant la partie mn , sont les plus grandes entre celles des lignes M_a et M_b . Le tableau VI contient les ordonnées de cette nouvelle courbe pour les valeurs différentes de α .

TABLEAU IV
Coefficients des moments fléchissants

Coefficient	Le niveau de l'eau est caractérisé par l'angle au centre : $\alpha =$						
	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°
A ₁	+ 0,75000	+ 0,62425	+ 0,35337	+ 0,12500	+ 0,02163	+ 0,00079	—
A ₆	— 0,50000	— 0,39526	— 0,20675	— 0,06831	— 0,01125	— 0,00040	—
B ₁	+ 0,62500	+ 0,50000	+ 0,24420	+ 0,06250	+ 0,00580	+ 0,00006	—
B ₆	— 0,41667	— 0,32479	— 0,14891	— 0,03537	— 0,00308	— 0,00003	—
C ₁	— 0,25000	— 0,25079	— 0,27163	— 0,37500	— 0,60338	— 0,87421	— 1,00000
C ₂	—	+ 0,04529	+ 0,30709	+ 0,78540	+ 1,26371	+ 1,52551	+ 1,57079
C ₃	— 0,50000	— 0,50000	— 0,50000	— 0,50000	— 0,50000	— 0,50000	— 0,50000
C ₄	+ 0,50000	+ 0,47077	+ 0,29325	— 0,06831	— 0,51125	— 0,86643	— 1,00000
D ₁	+ 0,12500	+ 0,12494	+ 0,11920	+ 0,06250	— 0,11920	— 0,37495	— 0,50000
D ₂	+ 0,25000	+ 0,21651	+ 0,12500	—	— 0,12000	— 0,21651	— 0,25000
D ₃	— 0,16667	— 0,16667	— 0,16667	— 0,16667	— 0,16667	— 0,16667	— 0,16667
D ₆	—	— 0,00003	— 0,00308	— 0,03537	— 0,14891	— 0,32479	— 0,41667

TABLEAU V
Moments fléchissants exacts

Angle au centre de la section	en considérant la pression intérieure totale (M _a)						en considérant la composante horizontale de la pression intérieure (M _b)					
	si la surface de l'eau est caractérisée par l'angle au centre $\alpha =$											
	0°	30°	60°	90°	120°	150°	0°	30°	60°	90°	120°	150°
0°	+ 25.000	+ 22.899	+ 14.662	+ 5.669	+ 1.038	+ 39	+ 20.833	+ 17.521	+ 9.529	+ 2.713	+ 272	+ 3
10°	+ 23.864	+ 21.951	+ 14.125	+ 5.479	+ 1.005	+ 38	+ 19.883	+ 16.761	+ 9.18	+ 2.618	+ 263	+ 3
20°	+ 20.538	+ 19.134	+ 12.531	+ 4.915	+ 908	+ 34	+ 17.067	+ 14.506	+ 8.056	+ 2.336	+ 237	+ 3
30°	+ 15.259	+ 14.535	+ 9.928	+ 3.994	+ 748	+ 28	+ 12.499	+ 10.820	+ 6.257	+ 1.876	+ 194	+ 2
40°	+ 8.411	+ 8.338	+ 6.395	+ 2.745	+ 532	+ 21	+ 6.425	+ 5.836	+ 3.816	+ 1.251	+ 136	+ 2
50°	+ 506	+ 1.002	+ 2.039	+ 1.204	+ 265	+ 11	— 733	+ 159	+ 806	+ 480	+ 65	+ 1
60°	— 7.846	— 6.857	— 3.007	— 581	— 43	—	— 8.333	— 6.665	— 2.681	— 412	— 18	—
70°	— 15.953	— 14.647	— 8.510	— 2.556	— 385	— 13	— 15.543	— 12.983	— 6.473	— 1.399	— 110	— 1
80°	— 23.093	— 21.565	— 13.901	— 4.660	— 749	— 26	— 21.408	— 18.265	— 10.071	— 2.452	— 207	— 2
90°	— 28.540	— 26.934	— 18.506	— 6.831	— 1.125	— 40	— 25.000	— 21.654	— 12.808	— 3.537	— 308	— 3
100°	— 31.600	— 30.049	— 21.656	— 8.913	— 1.501	— 54	— 25.576	— 22.431	— 14.037	— 4.535	— 409	— 4
110°	— 31.653	— 30.293	— 22.732	— 8.406	— 1.865	— 67	— 22.759	— 20.195	— 13.293	— 5.008	— 506	— 5
120°	— 28.490	— 27.151	— 21.188	— 10.753	— 2.206	— 80	— 16.667	— 14.993	— 10.435	— 4.579	— 598	— 6
130°	— 20.836	— 20.238	— 16.596	— 9.465	— 2.440	— 91	— 7.949	— 7.367	— 5.713	— 3.127	— 632	— 7
140°	— 9.381	— 9.332	— 8.660	— 6.151	— 2.206	— 101	+ 2.257	+ 1.678	+ 441	— 833	— 438	— 8
150°	+ 6.201	+ 5.611	+ 2.754	— 535	— 1.134	— 108	+ 12.501	+ 10.829	+ 6.445	+ 1.876	+ 8	— 8
160°	+ 25.737	+ 24.437	+ 17.598	+ 7.515	+ 1.010	— 74	+ 21.235	+ 18.673	+ 11.896	+ 4.420	+ 563	— 1
170°	+ 48.858	+ 46.799	+ 35.646	+ 17.975	+ 4.478	+ 178	+ 27.101	+ 23.957	+ 15.618	+ 6.227	+ 1.021	+ 20
180°	+ 75.000	+ 72.156	+ 56.488	+ 30.669	+ 9.213	+ 778	+ 29.167	+ 25.821	+ 16.767	+ 6.880	+ 1.368	+ 32
Multiplificateur	$\times \frac{r^3 \rho}{100.000}$											



Le tableau VI permet de déterminer le moment fléchissant de chaque section d'une conduite circulaire, indépendamment du fait où le tuyau est plein d'eau ($\alpha = 0$) ou non.

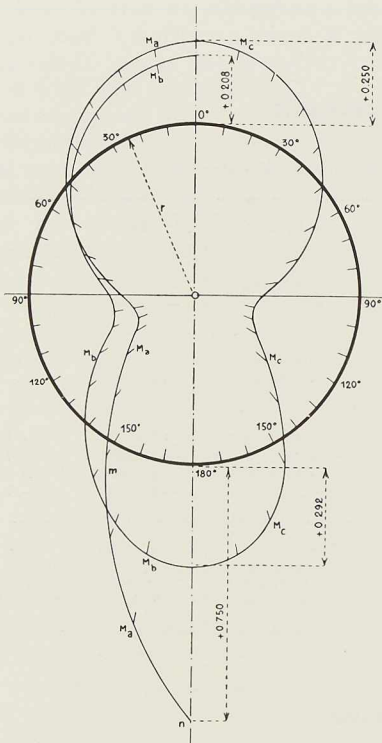


Fig. 605.

E. La charge d'essai

Si la conduite est chargée sur ses génératrices supérieure (A) et inférieure (A') par la force P (fig. 606) et si la conduite est découpée en deux

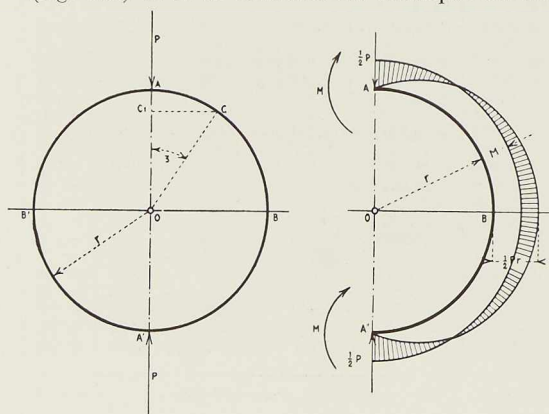


Fig. 606.

parties égales (A B A' et A B' A') chaque partie sera chargée en A et A' par la force 1/2 P et les sections A, B, A' et B' par suite de la symétrie parfaite de la forme du tuyau et de la sollicitation ne peuvent pas se détourner l'une de l'autre. Cela signifie que le diagramme du moment fléchissant d'un quart de la conduite, par exemple A B, doit disparaître.

TABLEAU VI

Moments fléchissants pratiques

Angle au centre de la section	si la surface de l'eau est caractérisée par l'angle au centre $\alpha =$					
	0°	30°	60°	90°	120°	150°
0°	+ 25.000	+ 22.899	+ 14.662	+ 5.669	+ 1.038	+ 39
10°	+ 23.864	+ 21.951	+ 14.125	+ 5.479	+ 1.005	+ 38
20°	+ 20.538	+ 19.134	+ 12.531	+ 4.915	+ 908	+ 34
30°	+ 15.259	+ 14.535	+ 9.928	+ 3.994	+ 748	+ 28
40°	+ 8.411	+ 8.338	+ 6.395	+ 2.745	+ 532	+ 21
50°	+ 506	+ 1.002	+ 2.039	+ 1.204	+ 265	+ 11
60°	- 7.846	- 6.887	- 3.007	- 581	- 43	-
70°	- 15.953	- 14.617	- 8.510	- 2.556	- 385	- 13
80°	- 23.093	- 21.565	- 13.901	- 4.660	- 749	- 26
90°	- 28.540	- 26.934	- 18.506	- 6.831	- 1.125	- 40
100°	- 31.600	- 30.049	- 21.656	- 8.913	- 1.501	- 54
110°	- 31.653	- 30.293	- 22.732	- 8.406	- 1.865	- 67
120°	- 28.190	- 27.151	- 21.488	- 10.753	- 2.206	- 80
130°	- 20.836	- 20.238	- 16.596	- 9.465	- 2.440	- 91
140°	- 9.381	- 9.332	- 8.660	- 6.151	- 2.206	- 101
150°	+ 12.501	+ 10.829	+ 6.445	+ 1.876	+ 1.131	- 108
160°	+ 21.235	+ 18.673	+ 11.896	+ 4.420	+ 563	- 74
170°	+ 27.101	+ 23.957	+ 15.618	+ 6.227	+ 1.021	+ 20
180°	+ 29.167	+ 25.821	+ 16.767	+ 6.880	+ 1.368	+ 32

Multiplieur $\times \frac{r^3 \delta}{100.000}$

En considérant que, par suite de la symétrie, la réaction horizontale H disparaît aussi, le moment fléchissant au point C résulte seulement de 1/2 P et de M. Le moment de 1/2 P sera :

$$M_c = -\frac{1}{2} P \overline{CC_1} = -\frac{1}{2} Pr \sin \xi$$

et l'aire du diagramme entre A et B :

$$S_p = -\int_{\xi=0}^{\frac{\pi}{2}} \frac{1}{2} Pr \sin \xi r d\xi = -\frac{1}{2} Pr^2.$$

Attendu que l'aire du diagramme de M entre A et B suivant la formule (11) est de $\frac{1}{2} r\pi M$, l'équation fondamentale (14) est alors :

$$\frac{1}{2} r\pi M - \frac{1}{2} Pr^2 = 0$$

d'où

$$M = \frac{1}{\pi} Pr$$



Le moment total dans la section C sera donc :

$$M = -\frac{1}{2} Pr \sin \xi + \frac{1}{\pi} Pr = \left[\frac{1}{\pi} - \frac{1}{2} \sin \xi \right] Pr \quad (57)$$

Les moments extrêmes en A et B sont :

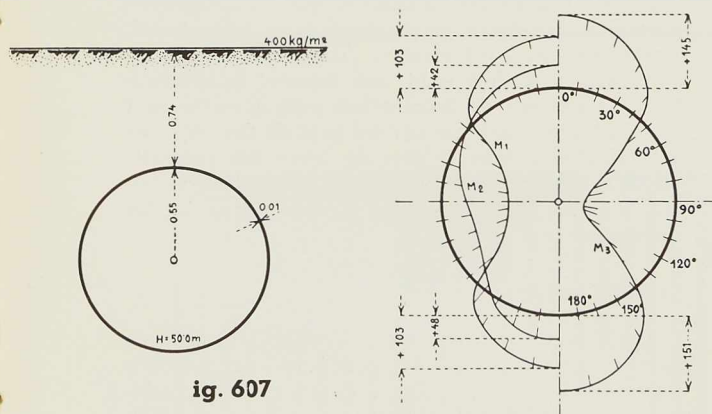
$$M_A = \frac{1}{\pi} Pr + 0,319 Pr$$

$$M_B = \left(\frac{1}{\pi} - \frac{1}{2} \right) Pr = -0,181 Pr$$

La charge d'essai P produit alors le plus grand moment de flexion : $+0,319 Pr$ dans les sections, où la charge P et sa réaction sollicitent.

F. Exemple numérique

Une conduite circulaire en tôle d'acier, d'un rayon de 0,55 mètre, d'une épaisseur de paroi de 10 mm, est enterrée sous une épaisseur de remblai de 74 cm; la charge roulante n'est plus qu'une foule de 400 kg/m² et la hauteur de l'eau au-dessus de la conduite est de 50 mètres (fig. 607).



ig. 607

Les moments fléchissants et la tension des parois sont à déterminer.

La hauteur imaginaire du remblai est de :

La charge roulante : $400/1.800 = 0,22$ mètre

Le poids propre de la conduite

$$\frac{0,01 \times 7.850}{1.800} = 0,04 \quad \gg$$

Le remblai : $0,74 \quad \gg$

Total : $h = 1,00$ mètre

en admettant que la densité du remblai et celle de la matière de paroi sont respectivement 1.800 et 7.850 kg/m³. Attendu que la hauteur du remblai n'est pas grande, nous n'avons pas diminué la pression extérieure.

Les moments de la sollicitation extérieure (M_1) qui se manifestent dans les sections correspondantes aux angles polaires :

0° 10° 20° ... 90° ... 160° 170° 180°

ont été déjà calculés et inscrits dans le tableau III (M_c).

Les moments de la sollicitation de l'eau (M_2) sont calculés d'après le tableau VI, dont le multiplicateur des valeurs ($\alpha = 0$) est de :

$$\frac{0,55^3 \times 1.000}{100.000} = 0,001665 \text{ kgm}$$

Le moment de la section $\xi = 90^\circ$ est par exemple :

$$M_2 = -28.540 \times 0,001665 = -47 \text{ kgm.}$$

TABLEAU VII
Moments fléchissants de la conduite

Angle au centre (ξ)	Moments fléchissants de la conduite (kgm)		
	M_1	M_2	M_3
0°	+ 103	+ 42	+ 145
10°	+ 98	+ 40	+ 138
20°	+ 86	+ 34	+ 120
30°	+ 64	+ 25	+ 89
40°	+ 34	+ 14	+ 48
50°	- 68	+ 8	- 60
60°	- 102	- 13	- 115
70°	- 123	- 27	- 150
80°	- 130	- 38	- 168
90°	- 122	- 47	- 169
100°	- 130	- 53	- 183
110°	- 123	- 53	- 176
120°	- 102	- 47	- 149
130°	- 68	- 35	- 103
140°	+ 34	- 16	+ 18
150°	+ 64	+ 21	+ 85
160°	+ 86	+ 35	+ 121
170°	+ 98	+ 45	+ 143
180°	+ 103	+ 48	+ 151

Les moments M_1 et M_2 et également le moment total :

$$M_3 = M_1 + M_2$$

sont inscrits dans le tableau VII et dessinés dans la figure 12.

La tension immédiate de la paroi de la conduite est :

$$T = 50,0 \times 0,55 \times 1.000 = 27.500 \text{ kg/m}$$

qui charge, d'une manière uniformément répartie, hors des moments précédemment calculés, toutes les sections longitudinales des parois de la conduite.

Attendu que le moment limite est de 183 kg, la force normale est de 27.500 kg et ensuite le module d'inertie est de :

$$W = \frac{100 \times 1,0^2}{6} = 16,67 \text{ cm}^3$$

la contrainte véritable sera :

$$\sigma = \frac{18.300}{16,67} + \frac{27.500}{100 \times 1,0} = 1.097 + 275 = 1.372 \text{ kg/cm}^2.$$

En réalité, les conduites de ce diamètre sont toujours plus fortes que le calcul statique ne le prescrit. B. E.



CHRONIQUE

Le marché de l'acier pendant le mois de septembre 1939

Physionomie générale

Le mois de septembre est placé sous l'égide de la catastrophe qui, après vingt ans seulement de répit, frappe à nouveau notre vieille Europe. Dès les premiers jours du mois, quatre des principaux partenaires de l'Entente Internationale de l'Acier se trouvaient en état de guerre, ce qui suspendait, en fait, cette E. I. A. qui depuis 1933 avait, par sa politique modérée et stabilisatrice, permis aux principaux centres sidérurgiques d'Europe de connaître une période d'activité normale et rationnelle.

Immédiatement nos usines se sont trouvées devant une série de problèmes nouveaux qu'il s'agissait de tâcher de résoudre au plus vite pour essayer de garder la production à un niveau raisonnable, de façon à coopérer avec notre Gouvernement au maintien de la vie économique de la nation. Leur tâche primordiale fut d'abord d'assurer leur alimentation en matières premières. Si la Belgique possède de grosses réserves de charbon à coke, lui permettant de produire la plus grande partie du combustible nécessaire à son industrie, elle est en effet tributaire à 100 % de l'étranger pour son approvisionnement en minerais de fer et de manganèse. L'économie de guerre qui a, du jour au lendemain, bouleversé le régime économique des pays producteurs de ces matières premières, jointe au désarroi apporté dans les transports par la conflagration, occasionna, dès le début du mois, une chute considérable dans les rentrées de minerai et obligea les usines à réduire sérieusement leur activité. Des pourparlers s'engagèrent immédiatement pour remédier à cet état de choses et il est à espérer qu'après une période de réorganisation et de tâtonnements inévitables, interviendra une stabilisation qui permettra aux usines de se tracer un programme de marche plus raisonnable.

D'autres difficultés, telles que perturbation générale des transports maritimes, augmentation considérable des frets et du taux des assurances contre risques de guerre, apparurent sans retard, dans l'exécution des commandes en carnet pour les marchés d'exportation. De nombreux ordres furent ainsi annulés ou mis en suspens par la clientèle.

Il est à remarquer également que les conditions économiques de la production sont, elles aussi, profondément bouleversées. Toutes les matières premières ont déjà subi une hausse; la diminution de l'allure de fabrication aura d'autre part une influence sérieuse sur les prix de revient. Des modifications dans le prix de vente des produits de la sidérurgie sont, dans ces conditions, inévitables et se produiront fort probablement à plus ou moins bref délai.

Marché extérieur

Après une certaine période d'hésitation bien compréhensible, on a enregistré une recrudescence dans la demande, activité émanant principalement de pays neutres européens, tels que la Hollande, les Pays scandinaves, le Portugal. Il semble, d'autre part, que les pays lointains, Extrême-Orient, Amérique du Sud, se tournent actuellement de préférence vers les Etats-Unis, la sécurité des transports étant bien mieux assurée de ce côté.

La solution des problèmes internes n'a pas permis à la sidérurgie de profiter, pendant le mois de septembre, de cette demande des pays neutres voisins, demande qui tend d'ailleurs à s'accroître par suite de la carence des pays gros producteurs en état de guerre, qui sont et resteront probablement longtemps encore hors marché.

Ce problème de l'exportation est cependant vital tant pour le pays que pour les producteurs qui exportent en temps normal environ 70 % de leur fabrication. Ils devront donc forcément s'attacher à le résoudre dans le plus bref délai possible.

Les prix fixés antérieurement par l'E. I. A., sont



évidemment inexistants à l'heure actuelle. De nouveaux prix devront être établis après un certain nombre de tâtonnements. De même les monnaies de cotation de l'E. I. A., livre sterling, dollar, ne subsisteront pas. Les quelques tractations qui se sont faites en septembre ont été opérées en belgas et il est à présumer que c'est dans cette voie que l'on persévérera.

Marché intérieur

Les propositions d'affaires ont été abondantes à l'intérieur pendant tout le mois. Les usines ont assuré naturellement en tout premier lieu la livraison par priorité de commandes importantes pour la Défense nationale. Les travaux publics ont également été actifs. On a assisté d'autre part à un afflux de commandes spéculatives, phéno-

mène normal dans les périodes troublées. Il n'a cependant pas été possible, par suite de difficultés d'approvisionnement, d'assurer leur exécution et un certain nombre d'entre elles ont dû être déclinées.

Production belgo-luxembourgeoise en août 1939

La production d'acier brut s'est élevée en août à 436.649 tonnes se répartissant en 274.208 tonnes pour les usines belges et 162.441 tonnes pour les usines luxembourgeoises.

La production totale des usines pour les huit premiers mois de 1939 s'est élevée à 3.239.711 tonnes contre 2.295.837 tonnes en 1938 et 4.280.480 tonnes en 1937.

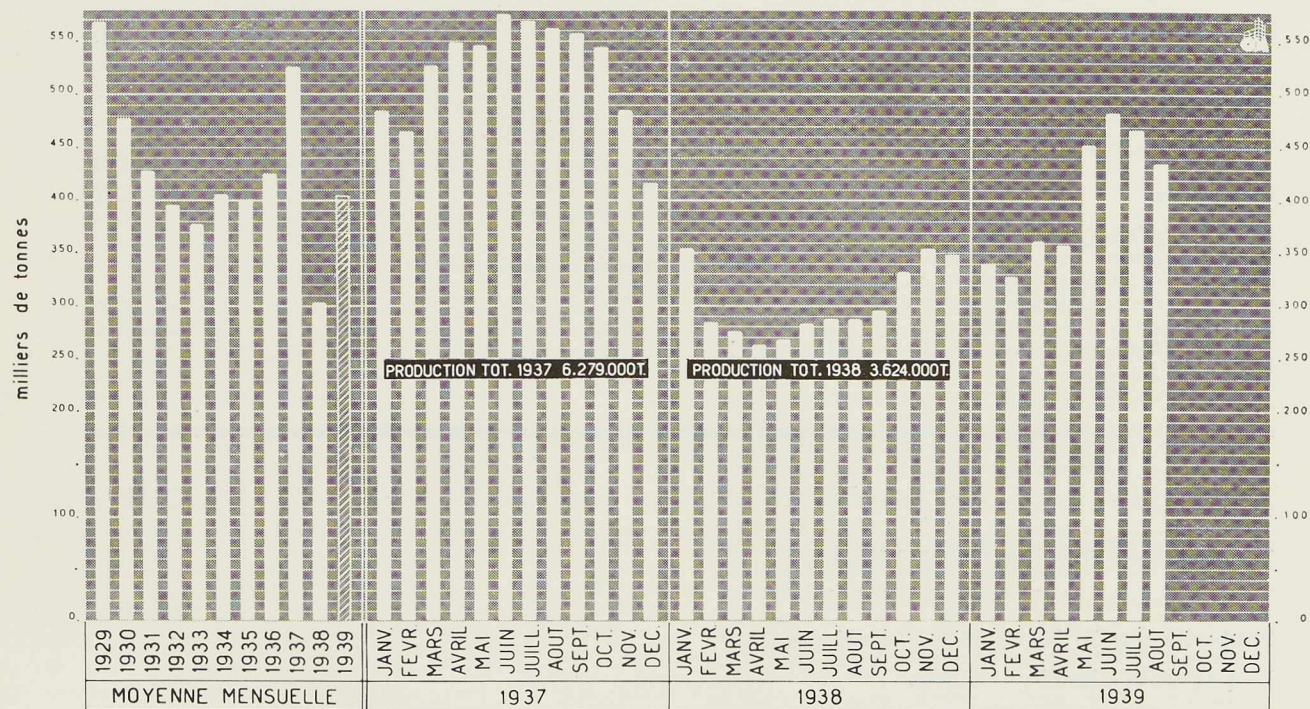


Fig. 608. Production des aciéries belges et luxembourgeoises.



Baraquements démontables

Les Bâtiments Militaires invitent tous les propriétaires de baraquements démontables métalliques à leur faire connaître la liste des baraquements qu'ils possèdent avec leurs particularités.

Cette liste mentionnera : l'emplacement actuel des baraquements; les dimensions intérieures : largeur, longueur, hauteur; le temps approximatif nécessaire pour le démontage et le remontage.

Emploi de palplanches au Canal Albert

La digue du bief Hasselt-Diepenbeek s'est rompue sur une centaine de mètres immédiatement en amont des écluses de Hasselt. On a battu les palplanches métalliques avec remblayage exté-

rieur et le bief a été remis partiellement sous eau. La palplanche métallique apparaît ainsi comme le remède le plus efficace pour soustraire une digue en sable à une sous-pression et aux infiltrations.

L'acier dans la fabrication des appareils ménagers aux Etats-Unis

En 1938, on a vendu, aux Etats-Unis, 3.863.000 appareils frigorifiques, cuisinières électriques et à gaz et machines à laver électriques. Ces différents appareils ont nécessité la mise en œuvre de 260.000 tonnes d'acier. Ce tonnage se répartit comme suit : appareils frigorifiques : 121.000 tonnes (47 %); cuisinières électriques et à gaz : 110.000 tonnes (42 %); machines à laver : 29.000 tonnes (11 %).

(D'après *Iron Age*, 15 juin 1939.)

ECHOS ET NOUVELLES

Ponts

Les *Ateliers Métallurgiques de Nivelles* ont reçu commande d'un pont métallique à Zeebrugge, pour la Société Nationale des Chemins de fer Belges.

Charpentes

Les *Anciens Etablissements Métallurgiques Nobels-Peelman* exécutent une commande de 600 tonnes de charpentes pour le nouveau hall des Usines de la Providence, à Marchienne-au-Pont.

Cette même société construit actuellement la

charpente de l'Institut de Psychiatrie à Lovénjoul. Le tonnage de cette fourniture est de 500 tonnes.

Les *Constructions Métalliques de Jemeppe-sur-Meuse* ont reçu commande d'une toiture de 12 tonnes pour la Société CINDA, en remplacement d'une toiture incendiée.

Cette même société exécute actuellement des pylônes pour lignes électriques d'un tonnage de 40 tonnes, destinés à l'exportation.

Matériel roulant

Les *Ateliers Métallurgiques de Nivelles* ont reçu commande de deux tenders pour locomotives, pour les chemins de fer de Colombie.

A paraître dans les prochains numéros de L'OSSATURE MÉTALLIQUE :

Les ouvrages d'art du Canal Albert.

Le nouveau pont de Longdoz à Liège.

Pont-rails sur le Nil à Nag-Hamadi (Egypte).

Le paquebot « Baudouinville ».

Le nouveau dispensaire-hôpital de la ville de Puteaux (France).

La nouvelle école primaire de Hornu (Belgique).



Ouvrages récemment parus

dans le domaine des applications de l'acier (1)

Le calcul des constructions soudées

par L. VANDEPERRE et A. JOUKOFF

Un volume relié de 275 pages, format 18 × 27 cm, illustré de 302 dessins et 66 photographies hors texte, édité par A. De Boeck, à Bruxelles et Ch. Béranter, à Paris, 1939. Prix : 90 francs belges.

Ce traité pratique, destiné aux ingénieurs, techniciens-calculateurs et dessinateurs d'exécution, expose d'une façon claire et détaillée tous les éléments nécessaires au calcul des assemblages soudés, avec l'appui de très nombreux dessins explicatifs.

Le premier chapitre de l'ouvrage traite des soudures en général, ainsi que des différentes techniques de soudures (autogène, électrique par résistance, etc.). Les cordons soudants font l'objet du chapitre II. Les trois chapitres suivants sont consacrés aux méthodes de calcul des assemblages soudés, à la sollicitation maximum admissible des assemblages métalliques rivés ou soudés. Viennent ensuite des chapitres relatifs à la résistance des cordons soudants, à la résistance au cisaillement sur tranche des goussets et des barres assemblés et à la résistance de l'arrachement sur tranche des aciers laminés, sollicités perpendiculairement à leur épaisseur de laminage. Les quatre chapitres suivants ont pour titre : Discussion comparative des résultats expérimentaux et résistance des cordons intérieurs pleins — Règles de calcul — Essais d'agrégation, de contrôle et de réception — L'érouissage par poinçonnage des tôles et l'oxydécoupage des aciers.

Les ensembles constructifs soudés sont étudiés dans un chapitre spécial.

Après avoir montré quelques applications de la soudure aux constructions rivées ou boulonnées, les auteurs terminent leur intéressant ouvrage par des applications et exemples numériques.

A signaler que chaque chapitre est accompagné d'une bibliographie contenant tous les principaux ouvrages de référence sur la question.

Calcul des colonnes métalliques

par A. NACHTERGAL

Un volume autographié de 173 pages, format 22 × 27,5 cm, illustré de 69 figures et 15 gra-

(1) Tous les ouvrages analysés sous cette rubrique peuvent être consultés en notre salle de lecture, 14, rue Van Orley, à Bruxelles, ouverte de 8 à 17 heures tous les jours ouvrables (les samedis : de 8 à 12 heures).

phiques (5^e édition). Edité par l'auteur, Uccle-Bruxelles, 1939. Prix : 70 francs belges.

Les nombreux ouvrages de l'ingénieur Nachtergal sont fort répandus dans les milieux industriels et, en particulier, dans ceux des constructeurs de charpentes métalliques.

L'auteur a rassemblé, dans ce travail pratique très complet, tout ce qu'il est utile de connaître sur les éléments constitutifs des colonnes métalliques, leurs assemblages soudés et rivés, et l'étude de leurs sollicitations. Il a tenu compte de toutes les circulaires et de tous les règlements parus en ces derniers temps. Les graphiques contenus dans ce volume ont été tracés d'après le règlement de mars 1937 de l'Association Belge de Standardisation (A. B. S.).

Structural Alloy Steels (Aciers alliés de construction)

Un volume de 136 pages, 21 × 26,5 cm. Edité par Samuel Fox & Co Ltd., Sheffield, 1939.

Ce manuel débute par des considérations sur les traitements thermiques appliqués aux aciers spéciaux (recuit, trempe, revenu, cémentation, etc.), ainsi que l'influence des divers éléments alliés sur le comportement des aciers.

Le restant du volume est divisé en deux grandes catégories :

- 1^o Aciers Siemens-Martin;
- 2^o Aciers électriques.

Les aciers spéciaux de la première catégorie conviennent particulièrement pour la construction d'automobiles et de voitures de chemin de fer. Pour chaque type d'acier, on trouve la composition chimique, les caractéristiques mécaniques et les traitements thermiques appropriés.

Les aciers électriques sont employés principalement dans les constructions aéronautiques et l'industrie automobile.

Quelques tables de poids et de conversion terminent cet ouvrage bien présenté et d'une consultation aisée.

Les soudures par résistance électrique (La résistance mécanique des points soudés et des tôles assemblées)

Une brochure de 88 pages, format 16 × 24 cm, avec de nombreux tableaux, figures et planches hors-textes. Edité par A. De Boeck, à Bruxelles, et Ch. Béranter, à Paris, 1939. Prix : 20 francs belges.

Cette brochure fait partie des Publications du

N° 10 - 1939



Construisez en acier!

Laboratoire de Connaissance des Matériaux de l'Université Libre de Bruxelles. Elle contient une étude théorique et expérimentale de la résistance des plats en acier doux soudés par points et soumis à des efforts appliqués statiquement. Des tableaux donnent les résultats d'essais comparés sur plats assemblés par points soudés et sur plats assemblés par boulons.

Arc Welding in Design, Manufacture and Construction (La soudure à l'arc - Calcul, fabrication et construction)

Un volume relié de 1.408 pages, format 14 × 22,5 cm, illustré de très nombreuses figures. Edité par J. F. Lincoln Arc Welding Foundation, Cleveland (Ohio), 1939. Prix : 2 dollars.

La J. F. Lincoln Arc Welding Foundation avait organisé, en 1938, un important concours international doté de 200.000 dollars de prix, pour promouvoir la construction soudée dans le monde. Près de 2.000 mémoires furent présentés au concours, parmi lesquels de nombreux furent primés.

Le présent volume constitue un recueil de 109 mémoires choisis parmi les plus importants primés au concours. L'ouvrage est divisé en dix sections, qui ont pour titres :

Automobile — Aéronautique — Chemin de fer — Constructions hydrauliques — Constructions civiles — Mobilier — Emploi de la soudure dans les ateliers et les garages — Containers — Machines — Outillage.

Le chapitre relatif aux constructions civiles contient, outre le mémoire sur les charpentes soudées grillagées à éléments diagonaux dont L'OS-SATURE MÉTALLIQUE a publié un important résumé⁽¹⁾, de nombreux mémoires intéressant les constructeurs métalliques.

Citons, notamment, les mémoires suivants : Construction d'un bâtiment entièrement soudé (J. G. Tsagaris) — Un bâtiment industriel soudé (G. H. Atwood) — L'acier soudé à l'arc dans la construction de théâtres (W. Cory Hale) — Tableaux métalliques soudés pour ponts et viaducs (N. L. Ashton) — Pont-route entièrement soudé (S. G. Reiff) — Portes d'écluses métalliques soudées (H. E. Boath et Ch. F. Mac Nish) — etc.

Cet excellent ouvrage, clairement écrit et bien édité, constitue une contribution très intéressante à l'étude de la soudure dans les différents domaines de la technique moderne.

Zehnteilige Einflusslinien für durchlaufende Träger (Lignes d'influence pour poutres continues, définies par les ordonnées corres-

⁽¹⁾ Voir *Les charpentes soudées grillagées à éléments diagonaux*, par A. H. PANDYA et R. J. FOWLER, L'OS-SATURE MÉTALLIQUE, n° 3-1939, pp. 119-124.

Sauvegardez l'avenir

pondant aux points de division de chaque travée en dix parties égales) 3^e édition

par G. ANGER

Un volume de 176 pages, format 16 × 22 cm, avec 34 figures. Edité par W. Ernst & Sohn, Berlin, 1939. Prix : 8,25 RM.

Le présent ouvrage est destiné à faciliter la tâche de tous ceux qui ont à calculer ou à surveiller la construction des ponts et des charpentes. L'auteur commence par rappeler les notions fondamentales du calcul des poutres continues et développe les formules qui ont servi de base à la confection de ses tables numériques, qui constituent la plus grande partie de l'ouvrage.

Dans la troisième édition, l'auteur a considérablement développé les tables numériques facilitant les calculs de poutres continues.

Memoirs of the Faculty of Engineering, Hokkaido Imperial University (Mémoires de la Faculté Technique de l'Université Impériale de Hokkaido, Japon, vol. V, n^{os} 2 et 3)

Deux volumes formant ensemble 254 pages, format 19 × 26,5 cm, avec de nombreuses figures. Sapporo, 1939.

Le numéro 2 des mémoires de l'Université de Hokkaido a pour titre « Etudes mathématiques et expérimentales sur l'élévation de température des machines électriques », par M. Mori.

Le numéro 3 traite du calcul rapide et rigoureux pour l'établissement de réseaux triangulaires fondamentaux par la méthode dite du dessin mécanique, par T. Itakura.

Art in our Time (L'art de notre temps)

par A. H. BARR

Un volume relié de 384 pages, format 13 × 26 cm, illustré de très nombreuses figures. Edité par *Museum of Modern Art*, New-York, 1939. Prix : 2 dollars.

Ce volume constitue un catalogue richement illustré de l'exposition qui s'est tenue à New-York pour célébrer le dixième anniversaire du *Museum of Modern Art* et l'inauguration de son nouvel immeuble.

Le recueil est divisé en quatre grands chapitres : Peinture, sculpture et arts graphiques — Photographie — Architecture et Art industriel — Le film.

Dans la section consacrée à l'architecture, on trouve les œuvres des principaux architectes contemporains. Citons notamment des réalisations de Frank Lloyd Wright, de Le Corbusier, de Lubetkin et Tecton, Alvar Aalto, Walter Gropius, A. Jacobsen, Beaudouin et Lods, etc.



Bibliographie

Résumé d'articles relatifs aux applications de l'Acier (1)

15.35. - Le contrôle radiographique des constructions soudées

F. CAMPUS et H. LOUIS, *Revue Universelle des Mines*, juillet 1939, pp. 345-360, 20 figures.

Dans l'introduction de cet article, l'un des auteurs résume la question du contrôle des constructions soudées et rappelle sa conclusion antérieure, que le contrôle radiographique à lui seul n'est pas toujours suffisant et doit être complété dans les cas difficiles.

Dans une seconde partie sont rappelés les principes du contrôle par les rayons X : source de rayons X, discussion du choix des variables intervenant dans la prise d'une radiographie, films utilisés, protection contre le rayonnement secondaire.

Viennent ensuite le commentaire des principaux défauts rencontrés dans les soudures et la description complète du camion-laboratoire radiographique destiné au service de contrôle des ponts et constructions métalliques de l'Administration des Ponts et Chaussées.

20.12a. - Le nouveau pont sur le Nil des Chemins de fer de l'Etat égyptien

The Railway Gazette, 4 août 1939, pp. 178-179, 4 fig.

Au mois d'avril 1939 fut achevé, en Egypte, le nouveau pont-rails métallique sur le Nil construit pour les chemins de fer de l'Etat égyptien par la firme belge Baume et Merpent. L'ouvrage, qui est du type en treillis, a une longueur totale de 448 mètres. Il se compose de six travées fixes de 65 mètres et une travée mobile de 58 mètres. Le tablier livre passage à une voie de chemin de fer.

Le coût des travaux par mètre linéaire a été de 300 livres égyptiennes, ce qui constitue un record

(1) La liste des quelque 275 périodiques reçus par notre Association, a été publiée dans le n° 2-1939, pp. 109-112 de L'OSSATURE MÉTALLIQUE. Ces périodiques peuvent être consultés en la salle de lecture du Centre belgo-luxembourgeois d'Information de l'Acier, 14, rue Van Orley, à Bruxelles, ouverte de 8 à 17 heures tous les jours ouvrables (les samedis : de 8 à 12 heures).

Les numéros d'indexation indiqués correspondent au système de classification dont le tableau a été publié dans L'OSSATURE MÉTALLIQUE, n° 1-1937, pp. 43-45.

d'économie pour les ponts-rails à voie unique sur le Nil.

20.22. - Pont-levis soudé à Bergen (Norvège)

F. FLACK-TÖNNESEN, *Arcos*, septembre 1939, pp. 2.185-2.188, 9 fig.

On a terminé récemment un nouveau pont, qui comporte notamment une arche mobile pouvant livrer passage à la navigation. Cette arche mobile est un pont-levis en acier, système Werkspoor, construit entièrement par soudure.

Le pont comporte une chaussée de 10^m50 de largeur, comprenant deux voies de tramways, placées symétriquement à 2^m80 de part et d'autre de l'axe du pont, et deux trottoirs de 2^m50.

La travée mobile, qui comporte quatre poutres-maitresses, a été exécutée en deux parties égales, montées l'une après l'autre. Les poutres-maitresses sont des poutres composées soudées. La hauteur normale de l'âme est de 1^m21. Au droit de l'axe de rotation, cette hauteur est portée à 2^m00, puis se réduit à 1^m55 pour le bras du contrepoids.

La portée théorique des poutres-maitresses entre l'axe de rotation et l'appui est de 14^m00, celle du bras du contrepoids étant d'environ 5 mètres.

30.3. - La Halle aux poissons d'Alger

Chantiers, n° 6, 1939, pp. 273-278, 10 fig.

La nouvelle halle aux poissons d'Alger couvre 1.820 mètres carrés et ne comporte aucun point d'appui intermédiaire susceptible de gêner la vue ou la circulation, et de s'opposer éventuellement à des transformations ultérieures.

La suppression de tout appui intermédiaire a pu être réalisée, en faisant supporter le poids de toute la couverture par un véritable pont formé de deux grandes poutres métalliques de 47^m86 de portée, reposant sur deux culées fondées sur pieux.

Ces poutres en acier à haute résistance Ac 54 présentent la disposition classique en croix de Saint-André et constituent le lanterneau central de la halle, ce qui a permis de leur donner la hauteur de 3^m75 nécessaire eu égard à leur portée. Le poids de chacune d'elle est de 40 tonnes environ.



Maximum de sécurité

La couverture proprement dite est constituée par des entretoises en charpente métallique supportant des tuiles creuses armées.

L'étanchéité est réalisée par un revêtement en asphalte.

30.6. - La nouvelle échelle des pompiers de Paris

Engineering, 21 juillet 1939, pp. 87-88, 3 fig.

Les Pompiers de Paris viennent d'être dotés d'une échelle développable système Merryweather.

Cette échelle d'une longueur de plus de 30 mètres est adaptée à un châssis automobile. L'échelle proprement dite est en acier, assemblée par soudure; elle est constituée par des profils tubulaires et comprend quatre tronçons télescopables. Montée sur une plaque tournante, l'échelle peut occuper toutes les positions désirables; elle est mue par des mécanismes rapide et lent pour la mise en place exacte.

36.4. - Silos métalliques ouverts pour le stockage des grains

Le Génie Civil, 22 juillet 1939, pp. 86-87, 2 figures.

A la suite d'essais faits à l'Ecole d'Agriculture du Chesnoy (Loiret), on tend actuellement en France à construire les grands silos tout en acier. Dans les essais du Chesnoy, on a opéré sur un silo hermétique, c'est-à-dire dont l'atmosphère est confinée, et sur des blés de diverses provenances et dont les teneurs en humidité étaient très différentes. A côté des silos hermétiques, il existe en France et, notamment, dans le Sud-Ouest où le climat est très humide, des silos métalliques ouverts d'un type particulier. Dans ce type de silo, on a cherché à se rapprocher le plus possible de la conservation en sacs empilés. L'expérience a montré que c'est le meilleur mode de conservation. Malheureusement, on ne peut recourir à l'ensachage que pour de petits ou de moyens tonnages, car le prix d'achat et d'entretien est très élevé; l'ensachage et la manutention des sacs sont très coûteux aussi.

L'emploi des sacs est évité, en constituant des cellules à cloisons en tôle perforée, dans l'intérieur desquelles sont disposées des cheminées de ventilation, aussi en tôle perforée.

Au début, on avait donné aux cellules une forme à section carrée. Ces cellules ayant donné de bons résultats, on a adopté depuis la forme circulaire ou elliptique, beaucoup moins coûteuse que la forme carrée. Les dimensions adoptées, comme les plus avantageuses pour la commodité, sont : diamètre, 5 mètres; hauteur 4^m50; une partie cône-

Construisez en acier!

que disposée au centre porte la hauteur totale à 6 mètres. Les cheminées d'aération sont au nombre de 4 et la capacité est de 1.000 quintaux. Les silos métalliques, du type décrit ci-dessus, étant démontables, peuvent être déplacés et laisser leur hangar disponible pour une autre utilisation que le stockage du blé.

42.2 - Le paquebot « Pasteur » de la Compagnie de Navigation Sud-Atlantique

O. QUÉANT, *Le Génie Civil*, 16 septembre 1939, pp. 233-238, 7 fig.

Le paquebot *Pasteur*, récemment construit en France, jauge 29.950 tonneaux. Sa largeur est de 27^m52. Sa longueur atteint 212^m40. Le *Pasteur* a 9 ponts, dont 4 sont complets et 5 partiels. Il peut transporter 749 passagers.

Du point de vue de la défense contre l'invasion de l'eau, le navire est divisé en 13 compartiments par 12 cloisons étanches, comportant des portes étanches à manœuvre hydraulique.

Des précautions particulières ont été prises au point de vue de la protection contre l'incendie. Un cloisonnement spécial contre le feu a été réalisé : sa coque est divisée en 6 tranches verticales autonomes, subdivisées en 12 tranches secondaires et en 88 tranches élémentaires. Tous les escaliers sont à ossature métallique et les cabines d'ascenseurs sont en métal. Il est intéressant de noter que tous les tuyaux des installations sanitaires sont en acier ou en cuivre, à l'exclusion du plomb, dont la résistance au feu a été jugée insuffisante.

54.0. - But et travaux actuellement en cours à la Commission belge pour l'Étude de la Protection des Métaux contre la Corrosion

P. ERCLUSSE, *Revue Universelle des Mines*, août 1939, pp. 450-459.

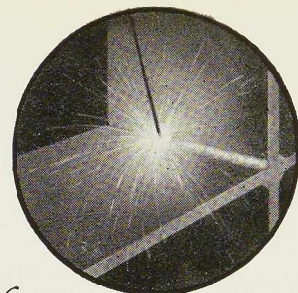
Dans sa communication aux journées de la Corrosion organisées en février 1939 par l'Association des Ingénieurs sortis de l'Ecole de Liège (A. I. Lg.), le Professeur Erculisse définit tout d'abord l'état initial et l'état final du système métal-oxygène. Il aborde ensuite l'étude de la protection contre la corrosion et en établit les bases théoriques. Vient ensuite un exposé sur les réalisations pratiques où l'auteur examine différentes méthodes de protection du métal (auto-protection des aciers inoxydables, galvanisation, plombage, peinture, etc.). L'étude se termine par des considérations sur les essais des peintures et leur classification.



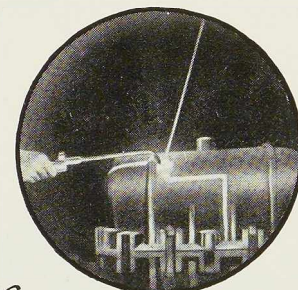
Souder...



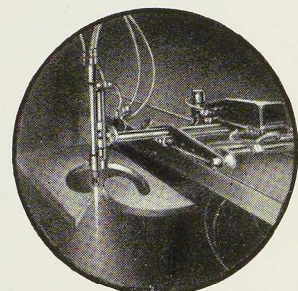
avec les appareils "AIR LIQUIDE"
c'est travailler pratiquement
et économiquement.....



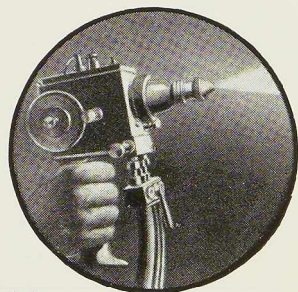
Souder à l'arc...



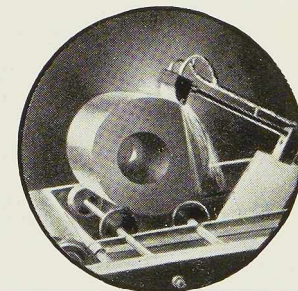
Soudo-braser ...



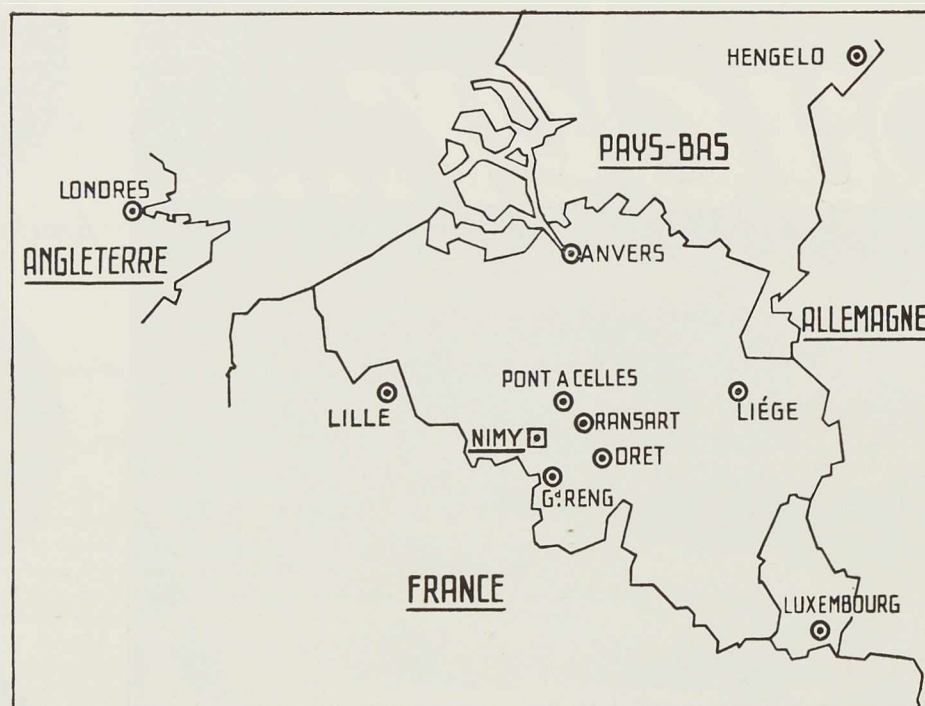
Oxy-couper ...



Métalliser ...



Tremper ...



SILICA

Sables de moulages

Société Anonyme **NIMY-LEZ-MONS** (Belgique)
 TÉLÉPHONE : MONS 761 TÉLÉGRAMMES : **SILICA MONS**

SIÈGES D'EXPLOITATION :

A) GRAND-RENG & PEISSANT

Téléphone : Peissant 27

Sables de Moulages Jaunes à grains moyens pour Fonderies d'acier et de fonte. Raccordement par fer : Grand-Reng - par eau : Erquennes-Bassins.

B) RANSART & HEPPIGNIES

Téléphone : Charleroi 30.632 - 50.733

Sables de Moulages Rouges à gros grains - Sables à Noyaux pour Fonderies d'acier et de fonte - Sables Rudes pour Béton, Construction, Pavage. Raccordement par fer : Ransart - par eau : Charleroi-Bassins.

C) ORET & MORIALMÉ

Téléphone : Florennes 39

Sables Réfractaires pour Convertisseurs, Cubilots, Poches, Fours rotatifs - Sables pour Bouchage des Hauts Fourneaux - Terres Réfractaires et Sables Kaoliniques pour Produits Réfractaires et Faïenceries. Raccordement par fer : Morialmé-Bifurcation.

D) PONT-À-CELLES & OBAIX-BUZET

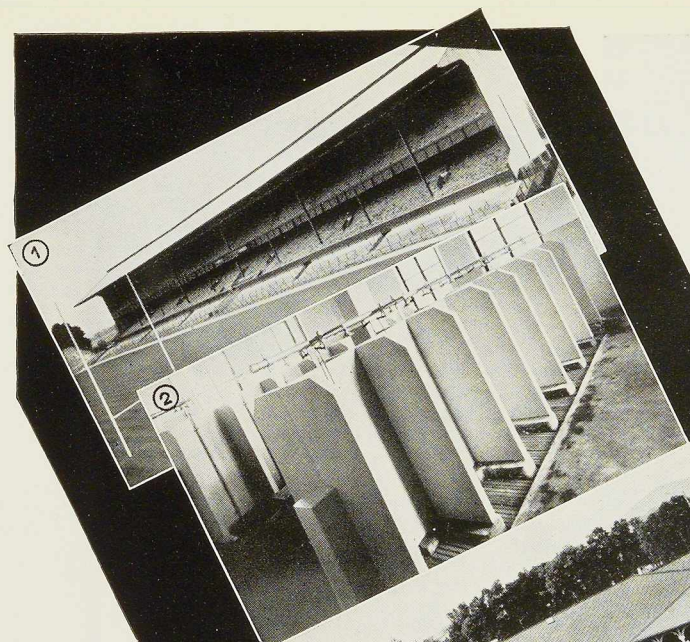
Téléphone : Luttre 261

Sables de Moulages à fins grains pour Fonderies de fonte, cuivre et aluminium. Raccordement par fer : Obaix-Buzet.

BUREAUX DE VENTE :

LONDRES (Grande-Bretagne et Irlande).
 ANVERS (Scandinavie et Finlande).
 HENGELO (Pays-Bas).

LUXEMBOURG (Grand-Duché, Allemagne et Est France).
 LILLE (France).
 LIÈGE (Belgique).

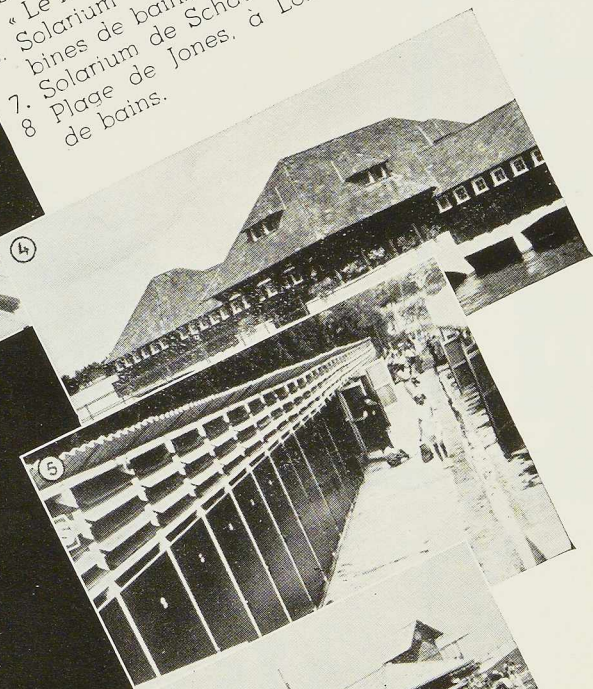


①

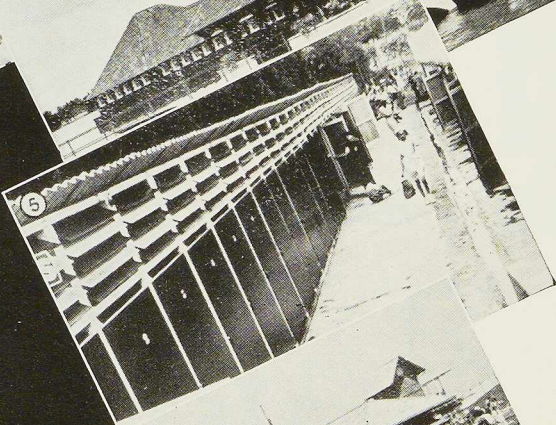
②



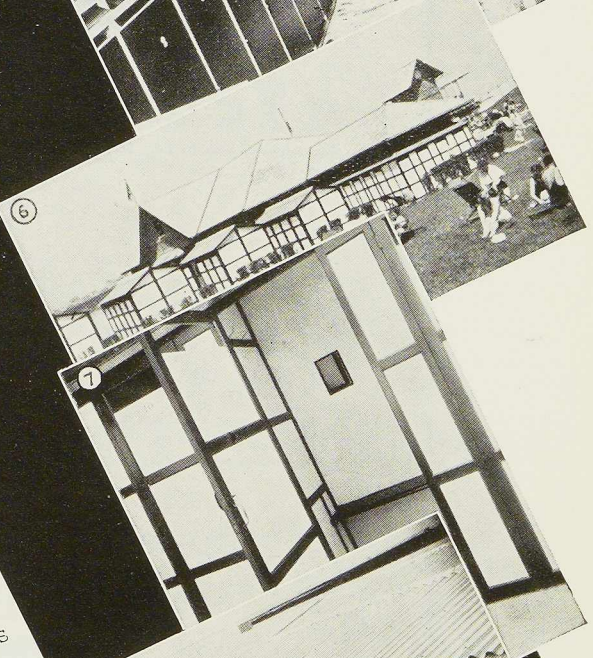
③



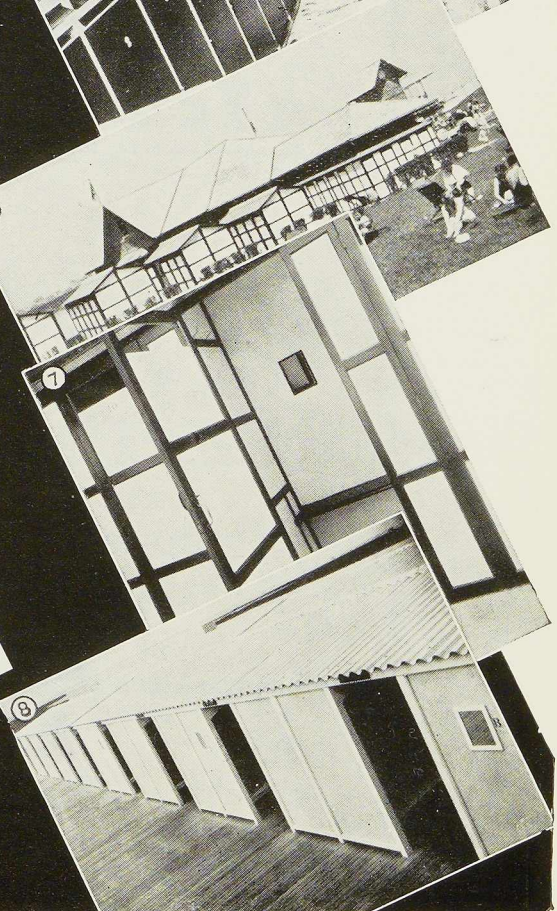
④



⑤



⑥



⑦

- ## BAINS
1. Tribune de la « Rugby Union », Twickenham, toiture en amiant-ciment.
 2. Bain du refuge des chômeurs à Vienne, parois de separation.
 3. Plage de Rohrschach, toiture.
 4. « Le Relais » à Tervueren, cabines de bains.
 5. Solarium de Schaerbeek, toiture et cabines de bains.
 6. Solarium de Schaerbeek, détail de cabine.
 7. Plage de Jones, à Long-Island, cabines de bains.
 8. Plage de Jones, à Long-Island, cabines de bains.

Eternit

SOCIÉTÉ ANONYME
KAPPEL-OP-DEN-BOSCH

L'Eternit convient idéalement pour la construction des bâtiments qui sont le complément indispensable des établissements de bains, plaines de sports, etc. Il est universellement employé pour son inaltérabilité, sa résistance, sa légèreté et sa parfaite netteté. Il s'emploie couramment pour la couverture des tribunes, le cloisonnage des cabines, l'aménagement des vestiaires, la décoration des salles de réunions, etc. Une documentation complète sur tous les produits ETERNIT est envoyée sur simple demande.

★
PERFECTION **TECHNIQUE**



ETABLISSEMENTS DE PHOTOGRAVURE

TALLON & C^o S.A.

22-26, RUE SAINT-PIERRE. BRUXELLES



CONTRE LA CORROSION

Schoopinisation

procédé de métallisation
par projection au moyen du
pistolet à fil.

La Schoopinisation au fil de zinc électrolytique dépôt 600 grammes minimum au m² de surface développée, est le procédé de métallisation le plus efficace contre la **corrosion** des métaux ferreux et qui assure la protection parfaite des menuiseries métalliques.

Les travaux de Schoopinisation au moyen du pistolet à fil **SCHOOP S. N. M.** sont exécutés par la

SOCIÉTÉ ANONYME A C E M E T A
Avenue Rittweger, 64, HAREN - BRUXELLES

Téléphone : Bruxelles 15.15.34
Télégrammes : Acemeta Bruxelles

ELECTRODES « CITOBEST »



AGRÉÉES PAR :

LE LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING
LA S. N. DES CHEMINS DE FER BELGES

ÉLECTRODES COURANTES ET SPÉCIALES

SOUDOMETAL, S. A., CHAUSSÉE DE RUYSBROECK, 107
TÉL. : 43.45.65 **FOREST**

OZALID OZALID OZALID OZALID OZALID

Marque déposée

Le papier sensibilisé industriel pour développement à sec de copies de plans, textes, documents, etc.

Reproductions positives en traits noirs, bruns, bleus ou sépia inaltérables.

Développement parfait et rapide à sec par simple exposition aux vapeurs ammoniacales.

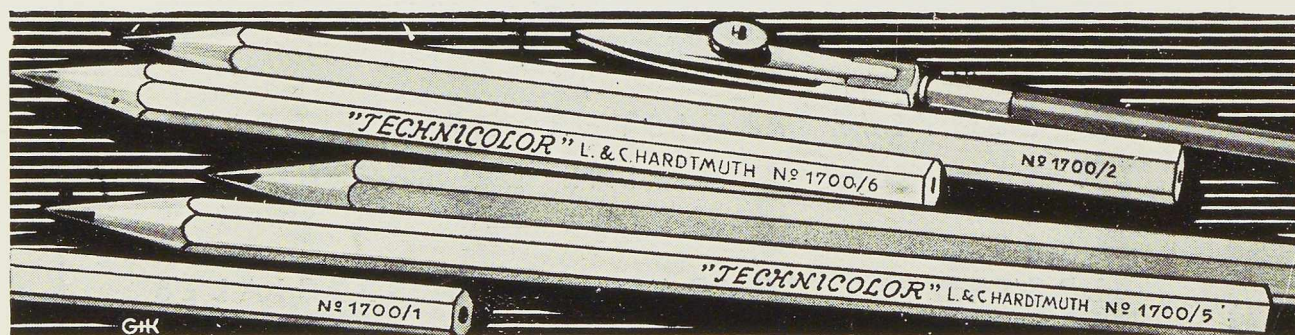
Utilisé et apprécié depuis de longues années dans tous les pays du monde.

Pour tous prospectus et renseignements :

G. M. C.
La Générale des Matières Colorantes
 Produits chimiques et pharmaceutiques, Soc. Coop:
 66, avenue du Port, BRUXELLES

OZALID OZALID OZALID OZALID OZALID

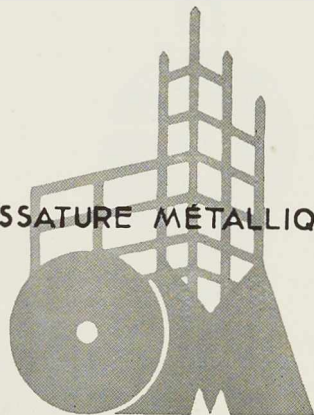
L. & C. HARDTMUTH



Le crayon de couleur „TECHNICOLOR“

AGENT GÉNÉRAL : **M. FRUGIER**, BOULEVARD DE DIXMUDE, 40, **BRUXELLES**. TÉLÉPHONE 17.78.62

L'OSSATURE MÉTALLIQUE



Nous rachetons actuellement les numéros suivants de notre Revue :

N^{os} 1 et 2 - 1932 à fr. 25,- l'exemplaire,

N^{os} 1 et 6 - 1934 à fr. 15,- l'exemplaire,

N^{os} 1 et 4 - 1936 à fr. 10,- l'exemplaire.

Prière de renvoyer les revues à
L'OSSATURE MÉTALLIQUE,
38, boulevard Bischoffsheim, Bruxelles,
en indiquant le numéro de votre
compte de chèques postaux.

LE PROCÉDÉ ROVAL

ROVALISATION

le plus efficace contre
LA CORROSION
des métaux ferreux
est basé sur le principe
D'IMPRÉGNATION
ÉLECTROLYTIQUE

- ▲ pénétration absolue
- ▲ absence de couche
- ▲ protection inégalée

Atelier de démonstration et de façonnage

DEMONSTRATION SUR RENDEZ-VOUS

PROCÉDÉS ROVAL, S. A.

Tél. 12.78.78

Rue du Boulet, 18, BRUXELLES

P. OORTMEYER L. MERCKEN ET C^{IE}

Successeurs des Anciens Etablissements
J. PETERS, H. VANDROOGENBROECK ET C^{ie}
MAISON FONDÉE EN 1807

404-414, AV. VAN VOLXEM
BRUXELLES - MIDI

TÉLÉPHONES : 37.35.07 - 37.35.08

37.35.09



POUTRELLES NORMALES ET GREY
RONDs POUR BÉTON - FONTES
DE BÂTIMENT - PROFILÉS DIVERS
TÔLES - ACIERS DE QUALITÉ
BOULONS - ZINC



M. D.

DÉPÔTS À HAREN-NORD-
MACHELEN - TÉL. 15.97.15

ET À BRUXELLES-NORD
RUE TRAVERSIÈRE - TÉL. 17.77.25



Vue d'une des vitrines du hall d'exposition
Citroën — garnies de glace polie A. M. G. E. C.



BEAUTÉ
SOLIDITÉ
TRANSPARENCE

La glace polie A.M.G.E.C.

EST EMPLOYÉE NOTAMMENT :
COMME VITRAGE DES FENÊTRES ; COMME PANNEAUX DE PORTES
ET DE MEUBLES ; COMME DESSUS DE TABLES ET DE BUREAUX ;
COMME REVÊTEMENTS DE MURS ; POUR LE VITRAGE DES AUTOS,
TRAMWAYS, VOITURES DE CHEMINS DE FER, ETC.

Association des Manufactures de Glaces de l'Europe Continentale

11, rue du Gentilhomme, BRUXELLES

Téléphone : 11.24.37

Liste des miroitiers fournie gratuitement sur demande adressée aux organismes affiliés en Belgique :
Union Commerciale des Glaceries Belges, 81, chaussée de Charleroi, Bruxelles.
Agence des Manufactures des Glaces et Produits Chimiques de Saint-Gobain, Chauny et Cirey,
19, rue du Congrès, Bruxelles.



Renseignez-vous
sur les emplois dans l'Architecture des
GLACES DE SÉCURITÉ

Glacetex et Securit



Tous renseignements techniques, documentation, références, et conditions
vous seront adressés gratuitement sur simple demande à
l'Agence de Vente de la S. A. GLACERIES REUNIES, 82, rue de Namur, Bruxelles