

L'OSSATURE MÉTALLIQUE

REVUE MENSUELLE DES APPLICATIONS DE L'ACIER
éditée par

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

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

19^e ANNÉE

N^o 4

AVRIL 1954

S O M M A I R E

Actualité de l' Industrial Design , par R. L. Delevoy	169
Travaux de reconstruction du pont « Reichsbrücke » sur le Danube à Vienne, par L. Faber	175
Charpente métallique en arc	184
L'Exposition industrielle belge de Mexico	185
Constructions haubanées	188
A propos de l'aménagement hydro-électrique de la Haute-Isère (France), par G. Ferrand	191
Eléments métalliques préfabriqués pour ports artificiels, par W. Ch. Brou	195
BIBLIOTHÈQUE	204
Les aciers Thomas à l'oxygène - Leur fabrication indus- trielle et leurs domaines d'applications, par J. Wurth	205
CHRONIQUE	225

La couverture est une créa-
tion Keiffer.

La polychromie en haut
donne une vue du nouveau
hall de la fabrique de fer
de Charleroi.

Constructeur : S. A. Baume
& Marpent.

La photographie inférieure
représente le pont sur le
Rio Blanco près de Vera
Cruz (Mexique), œuvre de
l'ingénieur C. Piccone.

Photo Lincoln Arc Welding Founda-
tion.

ABONNEMENTS 1954 (11 numéros) :

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

France et Union française : 2.400 francs français, payables au dépositaire général
pour la France : Librairie des Sciences, GIRARDOT & Cie, 27, quai des
Grands-Augustins, Paris 6^e (Compte chèques postaux : Paris n^o 1760.73).

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

Autres pays : 350 francs belges.

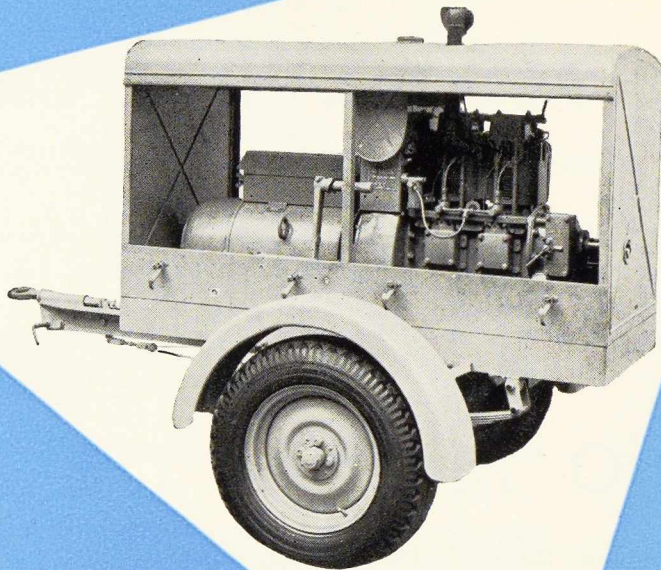
Tous les abonnements prennent cours le 1^{er} janvier.

PRIX DU NUMÉRO :

Belgique, Grand-Duché de Luxembourg, Congo belge : francs belges 30,-,
France : francs français 250,-, **autres pays** : francs belges 40,-.

DROIT DE REPRODUCTION :

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

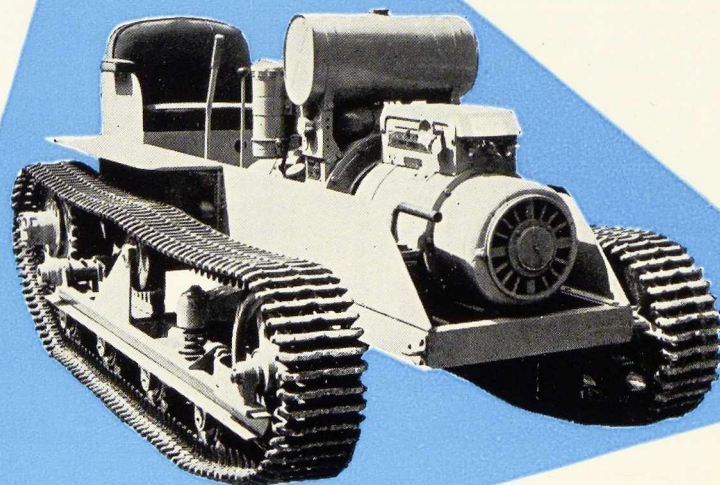


TYPE AS 2
MOTEUR DIESEL 20 HP
MODÈLE T 3 0 0 A



ELECTROGENES

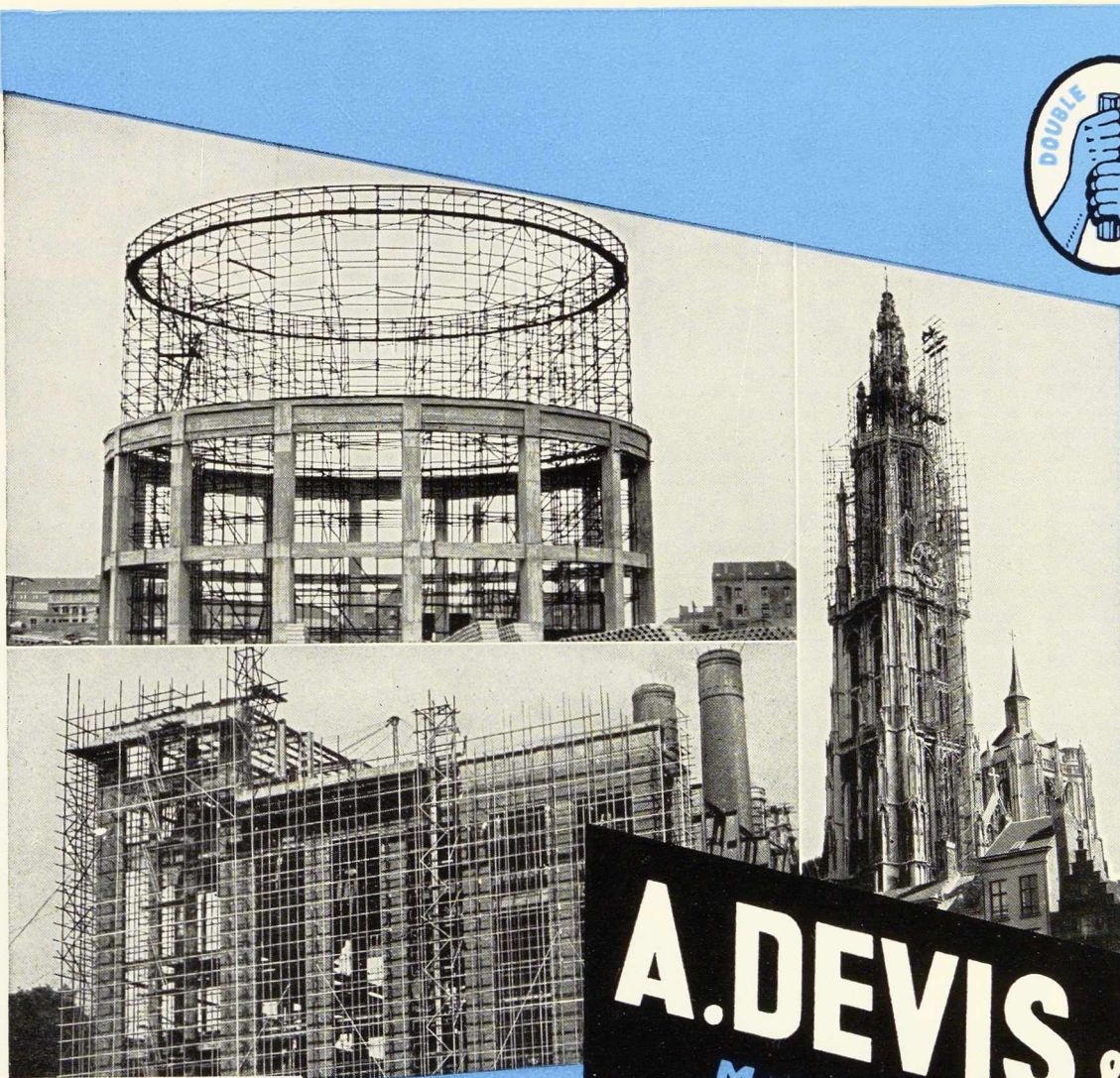
GRUPE DE SOUDURE
AUTO-TRACTEUR 300 A



SOUDOMETAL

MATÉRIEL DE SOUDAGE

83, CHAUSSÉE DE RUYSBROECK
FOREST - BRUXELLES



A.DEVIS & C^o

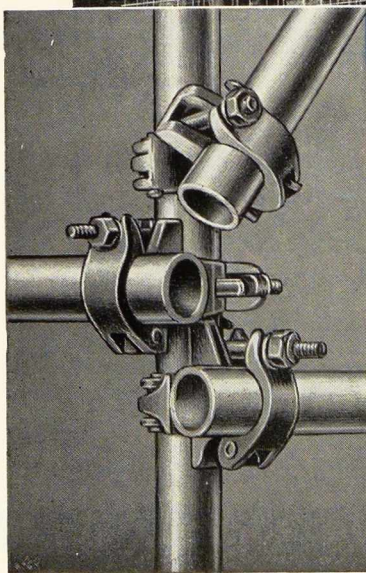
Matériel tubulaire

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

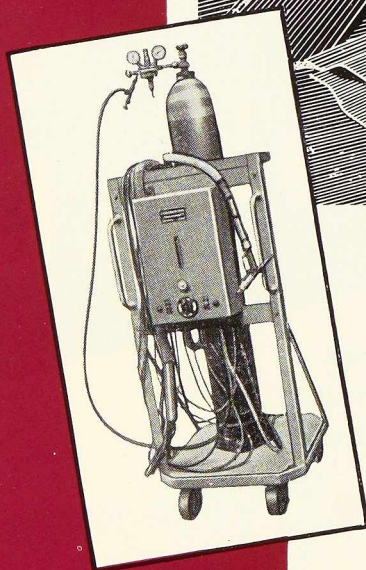
158, R. ST-DENIS, FOREST-MIDI • Tél.: 43.15.05 - 43.75.77

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

ÉTUDES ET DEVIS GRATUITS SUR DEMANDE



Soudage à l'ARGON...



... soudage de l'avenir !

Appareillage de divers modèles, ARGON 99,9% et mélanges spéciaux à base d'argon pour soudures à l'électrode réfractaire et à l'électrode fusible (proc. Sigma).

**L'OXHYDRIQUE
INTERNATIONALE**

S. A.

Nous sommes à votre disposition pour tous renseignements d'ordre technique et commercial

31 RUE P. VAN HUMBEEK. BRUXELLES · TÉL. 21.01.20 (6 lignes)

Robert L. Delevoy,

Professeur
à l'Ecole Nationale Supérieure
d'Architecture
et des Arts Décoratifs
(La Cambre)

Industrial Design et Esthétique industrielle

Qu'il soit peu heureux ou mal venu, le vocable *Esthétique industrielle*, introduit depuis la guerre dans notre langue, couvre une idée-force à laquelle le chef de l'école française d'esthétique, le professeur Etienne Souriau, a récemment conféré ses lettres de créance (1).

Nous admettons volontiers les réticences avec lesquelles nos amis suisses et allemands accueillent cette formule qui prétend traduire l'expression anglo-saxonne *Industrial Design* : « esthétique » ne restitue en effet nullement le sens de « design » qui enferme à la fois les notions de création, projet et dessin, tandis que l'appellation d'« esthéticien industriel » (ou de « styliste ») pour désigner l'*industrial designer* devient absurde et dangereuse. Il demeure toutefois parfaitement logique d'esquisser une réflexion d'ordre esthétique à propos de l'Industrial Design ou du fait industriel en général : l'esthétique industrielle devient, dès lors, au niveau de la pensée théorique, une discipline qui se propose d'étudier les conditions dans lesquelles des objets issus du mode de fabrication industriel sont susceptibles d'apparaître satisfaisants sur le plan de la sensibilité. « Il y a une esthétique industrielle, admet Souriau, en tant que les œuvres de l'industrie ont un certain genre de beauté dont l'éclat est due non pas à une préoccupation exceptionnelle, anormale même, et surajoutée faculta-

tivement, du réalisateur industriel; mais à son activité spontanée, autonome et normale. » Précisément, et en soi, l'Industrial Design entend orienter l'énergie créatrice de l'industrie vers la production de formes spécifiques, logiquement ordonnées et exprimant en termes clairs la vocation technique de la machine autant que celle des matériaux mis en œuvre. Ainsi intervient, dans le circuit d'une entreprise, un créateur spécialisé susceptible d'attaquer un problème « avec l'objectivité d'un savant et la sensibilité d'un artiste ».

Sans doute se défendra-t-on difficilement de penser qu'une palette égyptienne, une amphore grecque, un banc gothique et tant d'autres « formes utiles » que nous admirons aujourd'hui sans réserve furent conçus durant tant de millénaires antérieurs à l'ère industrielle sans l'intervention d'un « spécialiste », d'un ... « artisanal designer »!

L'homme d'aujourd'hui aurait-il perdu cette pure intelligence de la fonction, cette délicate logique des matériaux et ce sens inné des proportions « justes et convenables » qui enrichissent si longtemps le patrimoine sensible de l'humanité? Vivrions-nous, du point de vue strictement humain, une période tellement décadente qu'il faille envisager des moyens artificiels pour remonter le courant et retrouver le sens de certaines qualités fondamentales?

En réalité, l'irruption brutale et massive du machinisme au cours du siècle dernier a apporté,

(1) E. SOURIAU, *Esthétique industrielle*, Paris, Presses Universitaires, 1952.

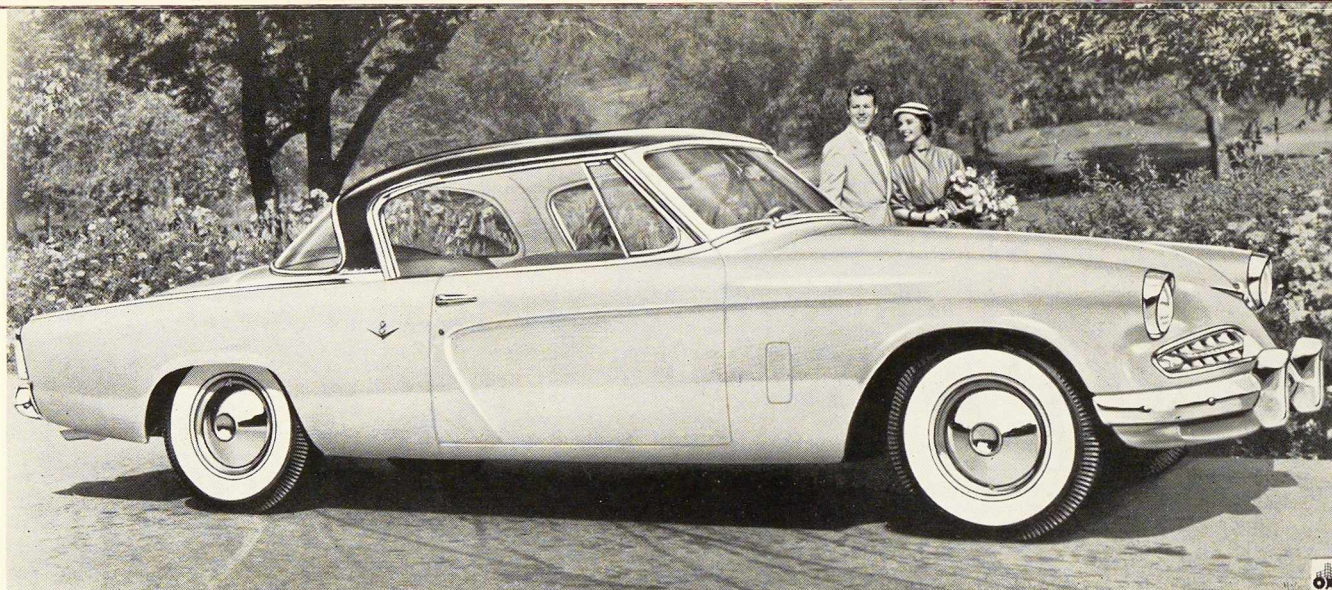


FIG. 1. CONDUITE INTÉRIEURE 1954. Berline Studebaker. Créateurs : Raymond Loewy Associates, New-York. Les outrances aérodynamiques, les formes empruntées, la prolifération des chromes qui ont marqué le style de la voiture américaine d'après-guerre s'atténuent : caisse surbaissée, ligne épurée, larges surfaces vitrées. Sous l'influence européenne : tendance à retrouver la forme essentielle que commande la fonction de chaque élément.

dans la vie humaine, l'une des plus profondes perturbations qu'elle ait connue. Le raz de marée machiniste déracina en l'homme quelques-unes de ses facultés les plus précieuses, corroda la sensibilité, provoqua un effondrement du goût et, en définitive, précipita la décadence esthétique la plus aiguë qui ait altéré une civilisation : l'industrie inonda l'univers de formes barbares, lourdes, sombres, bâtardes, depuis le « décor » des banlieues industrielles au réverbère à gaz électrifié, en passant par la garniture de cheminée en bronze massif... Au sein de cette époque paléotechnique, qui couvre pratiquement tout le XIX^e et le premier tiers de notre siècle, inventeurs et industriels ne virent dans la machine qu'un moyen susceptible d'atteindre des résultats essentiellement pratiques, le facteur humain étant complètement négligé : les préoccupations techniques et commerciales prirent le pas sur toute autre considération; exclusivement sollicités dans ce sens, les industriels ne se rendirent pas compte (*ne pouvaient*, alors, se rendre compte) que la machine était capable de révéler de nouveaux spectacles esthétiques, de créer des objets susceptibles de réveiller la sensibilité appauvrie, d'ériger des lieux de travail architecturalement valables, bref de contribuer à élaborer un milieu formel accordé aux façons nouvelles de penser, de voir et de sentir imposées à l'homme par ses propres découvertes.

Aujourd'hui, les prodigieux apports des mathé-

matiques, de la physique, de la chimie ont permis à la technique industrielle de devenir une



FIG. 2. APPAREIL TÉLÉPHONIQUE. Bell Telephone, Anvers, 1910. Le principe de la téléphonie n'a pas encore trouvé l'appareil commode et confortable, présent et discret, satisfaisant à la fois l'œil et la main. Réception et émission fonctionnent d'une manière indépendante. Boîte, béquille, cornet. Correcte solution technique, conception hostile.

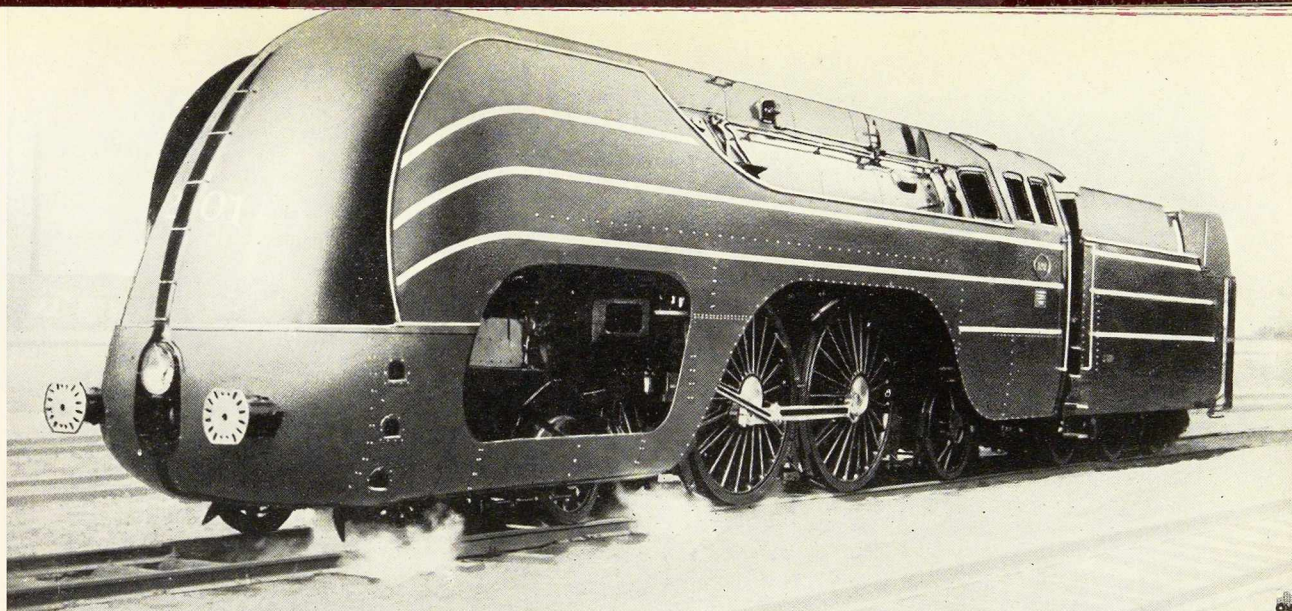


FIG. 3. LOCOMOTIVE ATLANTIC N° 1201. Société Nationale des Chemins de fer belges, 1939. Type de forme en mouvement : sa valeur sensible ne se réalise complètement qu'en pleine course; à l'état immobile : implique suggestion de vitesse et expression de puissance (capacité de traction 265 t, vitesse maximum 150 km/h). L'accroissement de la vitesse et celui du tonnage des trains ont engendré le développement considérable de la chaudière : amplification du volume limitée par deux servitudes essentielles, l'écartement des rails et le gabarit des ponts. Le parti aérodynamique affirme la résistance à vaincre. Critique : carénage incertain, tendance au formalisme; le souci de ménager l'accès aux organes essentiels et la mise en évidence des roues motrices s'accordent mal à la conception ampoulée du chanfrein; un ornement graphique intervient pour souligner le mouvement que la structure n'exprime pas suffisamment par elle-même; coque rivée : noter les protubérances disgracieuses des rivets.



Fig. 4. APPAREIL TÉLÉPHONIQUE. Bell Telephone, Anvers, 1953. Le concept de l'objet s'est précisé. Intégration des fonctions dans une forme unifiée. Une étape reste à franchir qui marquerait davantage l'unité de l'appareil, en assouplirait la ligne, dégagerait la qualité de prise en main du récepteur et poserait le problème de la couleur en relation avec le milieu à servir.

véritable « force créatrice »; la pensée technique elle-même tend à s'épurer en s'humanisant. On admet, cinquante ans après les thèses si lucides de Paul Souriau⁽²⁾ que non seulement les produits de la machine peuvent être esthétiquement aussi valables que les ouvrages façonnés par l'artisan, mais que la machine elle-même peut constituer un spectacle émouvant. Ces points d'appui nouveaux qui s'offrent à notre sensibilité, cette prise de conscience d'un nouveau monde sensible impliquent, bien entendu, des critères d'appréciation relativement neufs : précision, calcul, pureté, simplicité, vitesse, puissance; notre sensibilité est ainsi alertée par des qualités différentes de celles qui faisaient apprécier l'artisanat : le plaisir esthétique est engendré par la perception d'une forme essentielle, pensée dans l'abstrait selon une discipline rigoureuse — celle de l'architecte — et non plus librement « pensée avec la main ». En d'autres termes les vieux préjugés sentimentaux sont rompus, de séculaires habitudes sont ébranlées. Rendue disponible, la

(2) PAUL SOURIAU, *La beauté rationnelle*, Paris, Alcan, 1904.

FIG. 5. MACHINE À ÉCRIRE DE BUREAU. Réalisation Olivetti, 1951, modèle *Lexicon 80*. Musée d'Art Moderne, New-York. Au type archaïque, hirsute et agressif (tôle et châssis en fonte, organes apparents, volumes mal définis, décalcomanies décoratives) succède une formule repensée selon une discipline rigoureuse qui épouse l'évolution technique : la fonction de chaque organe a été l'objet d'une étude attentive, tant du point de vue plastique que mécanique; une enveloppe (coque indépendante) contient et protège les mécanismes, soutenus par une charpente réticulaire et logiquement dissimulés. L'apparence extérieure affirme fortement la structure de l'objet, stable et robuste. Ligne souple, proportions harmonieuses, volume net, tonalités discrètes (associent brillances et matités). Vérité physique et mécanique, ordre et clarté résonnent sur la sensibilité et attribuent à une forme utile un prestige imprévu.



sensibilité actuelle tend à éprouver l'avenir esthétique des formes engendrées par l'ère industrielle : l'homme d'aujourd'hui *assimile la machine*.

Cette *assimilation de la machine* constitue à la fois du point de vue psychologique, technique et esthétique un phénomène capital. Elle situe un *moment* essentiel dans l'évolution de l'ère industrielle et des valeurs qu'elle élabore :

Le moment où l'industrie est arrivée à *dominer* la machine;

Le moment où l'industrie envisage de créer, dans tous les domaines, des formes nouvelles, libérées de toute tradition, dégagées de tout mimétisme;

Le moment où l'industrie entend agir sur le consommateur par la qualité et l'apparence séduisante de ses produits;

Le moment où l'industrie se trouve équipée pour *dépasser* les problèmes techniques proprement dits, pour atteindre au-delà des impératifs fonctionnels, des formes qui *chantent* (comme dit

Eupalinos), des formes qui chantent à la sensibilité moderne la plus exigeante : c'est précisément à l'intérieur de l'opération créatrice qui consiste à *dépasser* la fonction que peuvent et doivent intervenir les préoccupations esthétiques : voici l'avènement motivé de *l'esthétique industrielle*. Tant il est vrai qu'il ne suffit pas, pour qu'un objet soit satisfaisant, que sa forme soit l'expression claire de sa fonction; il ne suffit pas d'attendre que l'impression esthétique se dégage d'elle-même des formes supposées s'adapter exactement à la définition des fonctions, mais (comme on l'a fort bien dit) il importe « d'exprimer une certaine conception de la fonction par une structure qui ne se contente pas d'y satisfaire au plus juste, mais la souligne et la magnifie » (3).

Or, on ne peut demander à un technicien, à un ingénieur, quelle que soit l'étendue de son génie créateur, les qualités sensibles et l'imagination poétique qui font l'artiste. (Il est remarquable que ce soient des architectes, singulièrement précurseurs, qui aient, au début de ce siècle ouvert le champ de l'« Industrial design » : Adolphe Loos, Henry Van de Velde et Walter Gropius.) Il reste douteux, cependant, qu'un artiste sorti d'une quelconque école traditionnelle (Beaux-Arts, Arts décoratifs, Arts et Métiers) puisse (quels que soient certains cas exceptionnels bien connus) apporter à l'industrie un con-

(3) MAGET, *Techniques et Architecture*, 1946, p. 413.

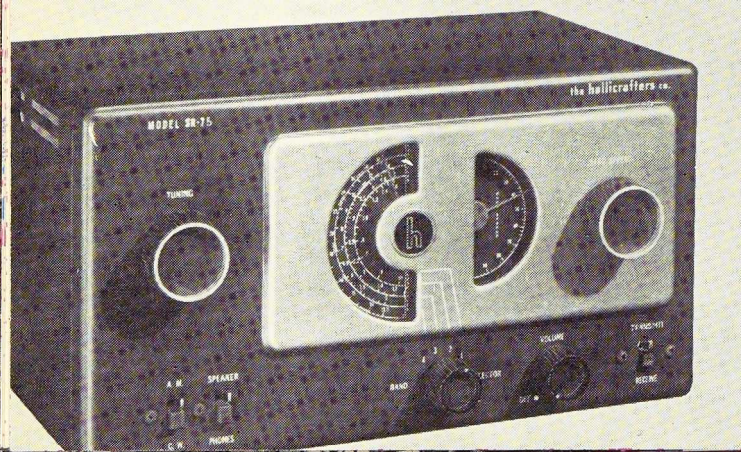


FIG. 6. RÉCEPTEUR DE RADIO. Créateurs : Raymond Loewy Associates, New-York, 1950. Editeurs : The Hallicrafters Co., Chicago. Conception claire, franche, mais austère. Le style « tableau de bord » s'inscrit mal dans l'ambiance de la pièce de séjour.

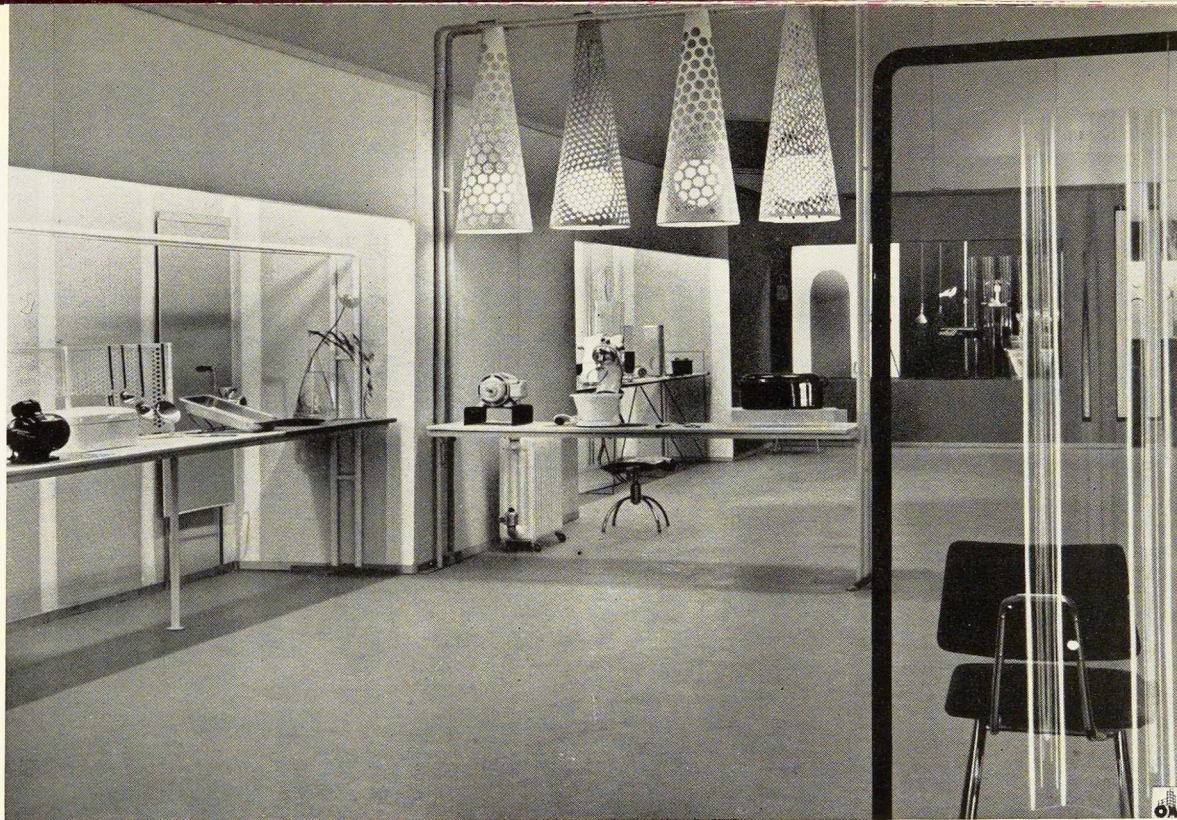


FIG. 7 et 8. ASPECT DE L'EXPOSITION « LA BEAUTÉ DE L'ACIER », Dusseldorf, 1952. Architecte : Paul Mahlberg. La sobre ordonnance de la présentation met clairement en valeur les objets exposés; elle souligne l'étendue des réalisations utilitaires et l'enrichissement du milieu formel obtenus sur la base d'un matériau « humanisé » chaque jour davantage.

Photos Liselotte Strelow.

cours vraiment efficace. Ce ne sont pas des dessinateurs plus ou moins habiles que l'industrie attend, mais des hommes nouveaux, des créateurs, des artistes, oui, mais des artistes qui aient reçu une formation adéquate, une formation spécialisée : la formation que suppose l'enseignement de l'« industrial design ». Cet enseignement est organisé sur une large échelle aux U. S. A. où 98 % de l'industrie ont depuis longtemps reconnu la nécessité d'employer des spécialistes pour assurer la qualité esthétique de leurs produits. Indépendamment des bureaux d'Industrial Design installés dans toutes les grandes usines américaines fonctionne une centaine de bureaux indépendants; en 1952, la vente des produits réalisés avec le concours de ces organismes a atteint un chiffre d'affaires supérieur à 1 milliard 700 millions de dollars. En

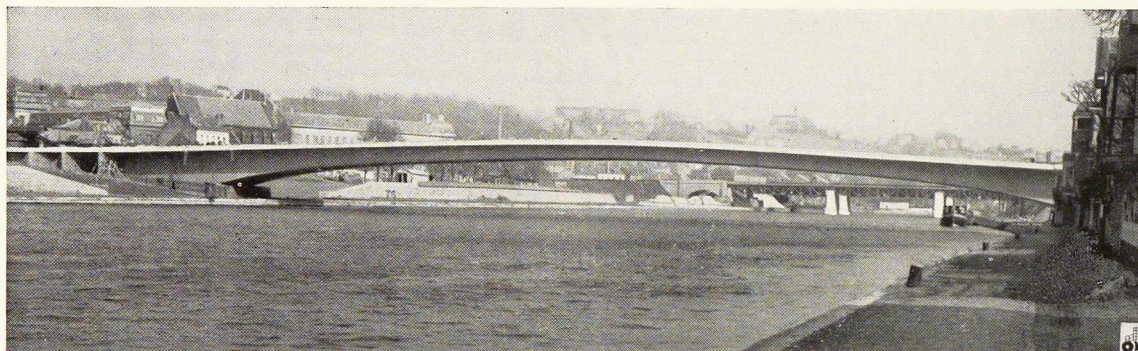


Photo J. Aterianus.

FIG. 9. PONT DES ARDENNES SUR LA MEUSE À NAMUR, 1954. Constructeur: Ateliers de Construction de Jambes-Namur. Poutres soudées en caisson, longueur totale 186 m, travée centrale 138 m. Une seule arche franchit le fleuve avec une force tranquille et s'inscrit harmonieusement dans le paysage. Tracé souple, ligne nette, structure franche accusent un parti audacieux et rassurant. Autorité de la technique, noblesse de la forme.



Angleterre, le Ministère du Commerce attribue annuellement une subvention d'environ 15 millions de francs au *Council of Industrial Design* : le succès de l'effort fourni par cet office s'est traduit par un accroissement du volume des ventes, augmentation directement imputable à une présentation améliorée des produits britanniques. Des initiatives tendant à fournir des cadres à l'industrie ont récemment été prises en Italie, en Allemagne, en France, en Suisse, en Hollande. Au-delà des contingences commerciales, l'ère machiniste semble promettre une heureuse rencontre de l'expérience scientifique et de l'expérience esthétique. Ainsi pourra s'accomplir l'espoir si justement formulé dès 1924 par Karl Bucher : l'espoir de voir s'unir l'art et la technique dans une unité rythmique plus élevée, qui restituera à l'esprit l'heureuse sérénité et aux corps la culture harmonieuse qui se rencontraient au plus haut point parmi les peuples primitifs...

R. L. D.

FIG. 10. TOUR D'ÉMISSION DE TÉLÉVISION À MANHATTAN (New-York), 1952. Architectes : Griffels & Vallet, Inc. et L. Rossetti. Le progrès scientifique suscite l'apparition dans l'espace de volumes inédits. Solution correcte et élégante d'un programme nouveau. Tour cylindrique à ossature d'acier. Hauteur 91 m. Les panneaux de revêtement en aluminium ($6,10 \times 0,20$ cm) accusent le mouvement ascensionnel et la flexibilité de l'ouvrage.

Dr. L. Faber,
Ingénieur diplômé,
Conseiller au Ministère fédéral
du Commerce
et de la
Reconstruction d'Autriche

Travaux de reconstruction de l'ancien pont " Reichsbrücke " à Vienne (1)

Le Danube est franchi en Autriche par quatre ponts-routes fédéraux :

- Le pont des Nibelungen à Linz;
- Le pont Stein-Mautern près de Krems;
- Le pont à Tulln;
- Le pont de l'Armée Rouge (anciennement Reichsbrücke) à Vienne.

Le premier de ces ponts n'a subi que des dégâts de faible importance qui purent être réparés facilement; les trois autres, par contre, ont été très sérieusement endommagés.

Un article sur la reconstruction des ponts de Krems et de Tulln pour lesquels on a fait largement usage d'éléments militaires R. W. a paru dans le n° 3-1952 de *L'Ossature Métallique*.

Le présent article est consacré à la reconstruction du Pont de l'Armée Rouge (anciennement Reichsbrücke ou Pont de l'Empire) à Vienne.

L'ancien pont de l'Empire sur le Danube à Vienne fut transformé d'une façon assez radicale en 1933, en vue de tenir compte de l'accroissement du trafic routier. La figure 1 représente le vieux pont de l'Empire; la figure 2 donne une vue d'ensemble du nouveau pont.

Construction du nouveau pont de l'Empire

Parmi les 22 projets généraux reçus au concours d'idées, le projet d'un pont suspendu fut retenu, car il se distinguait non seulement par ses avantages architecturaux, mais aussi par la possibilité d'assurer, avec son ouverture libre de

241 m, à la batellerie, une voie libre sur presque toute la largeur du fleuve. Avec sa longueur totale de 1 235 m et sa largeur de 23,50 m, il constitue en même temps un noble et remarquable monument de Vienne (2).

Les travaux de construction du nouveau pont de l'Empire commencèrent au début de 1934 et furent terminés en 1937. On ne peut s'étendre davantage sur la construction de cet important ouvrage, le but de cet article étant de décrire les travaux de remise en état du pont qui fut endommagé pendant la dernière guerre.

En dehors de la chaussée qui a été atteinte par des bombes, deux voûtes qui portent le chemin des piétons, à l'extrémité vers Vienne, du pont de crue, ont été détruites par le coup direct d'une bombe. D'innombrables coups de grenades ont causé de sérieux dommages aux constructions en acier des suspentes dont l'une a été entièrement mitraillée, des trottoirs, des poutres de raidissement, des cadres des pylônes et enfin les plus graves, aux deux chaînes.

(1) Résumé d'une Conférence faite à l'Association autrichienne des Ingénieurs et Architectes dont le texte a paru dans le « Zeitschrift des O. I. A. V. » nos 1/2 et 3/4-1953.

(2) Cet ouvrage a été décrit en détail dans le n° 10-1939 de *L'Ossature Métallique*.

Fig. 1. Vue de l'ancien pont « Reichsbrücke » construit en 1876.





Fig. 2. Le pont «Reichsbrücke» sur le Danube à Vienne, tel qu'il se présentait avant la deuxième guerre mondiale.

Photo W. Wagner.

Travaux de remise en état, effectués aux suspentes, aux balustrades, à la chaussée, aux poutres de raidissement, aux voûtes des ponts de crue et à la rampe de Kagran

Les travaux de remise en état à grande échelle n'ont pu commencer qu'en mai 1947. Il s'agissait d'abord de nombreux petits dégâts à la chaussée et aux trottoirs, ensuite à la disparition des énormes dégâts aux balustrades, dont les nombreux panneaux emportés constituaient un danger surtout pour les enfants, et enfin à la remise en état de cinq suspentes gravement endommagées, qui durent être réparées par l'insertion de nouvelles pièces.

Pour pouvoir découper les parties endommagées des suspentes, celles-ci durent être au préalable détendues à l'aide d'un dispositif spécial de décharge mû hydrauliquement (fig. 4). Le rem-

placement de 59 panneaux complets et la réparation de 80 autres panneaux des garde-fous et la fourniture de 2 500 balustres nouveaux (en chiffres ronds) demandèrent 25 t de matériel. On remédia aux dommages les plus dangereux pour la circulation des piétons, d'abord provisoirement par des garde-fous en bois. La réparation définitive des balustrades ne put, par suite des très longs délais pour la coulée des balustres, commencer qu'à la fin de 1948. En plus, on commença encore en 1947 les travaux aux deux voûtes endommagées du pont de crue (fig. 3) et on exécuta les remises en état très étendues aux mâts d'éclairage et de support des tramways. Les travaux aux suspentes et aux mâts de tramway furent terminés en 1948; ceux des garde-fous seulement en l'année 1950.

Remise en état des deux câbles et des pylônes

La vérification (fig. 6) des dommages aux deux câbles, avait montré que sur 7 éléments (5 éléments des deux câbles aval et 2 éléments du câble amont) il fallait démonter de 1 jusque 4 lamelles et les remplacer en partie (au total dans les 7 éléments on remplaça 27 lamelles).

Ces dégâts réduisaient sensiblement la force portante des câbles, de sorte qu'en cas de pleine charge du pont qui ne se produit heureusement



Fig. 3. Travaux de réfection des voûtes endommagées du pont de crue.

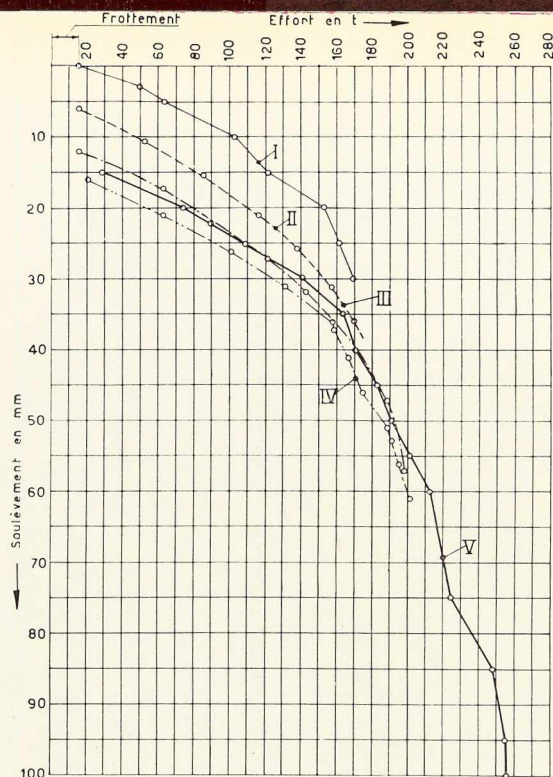
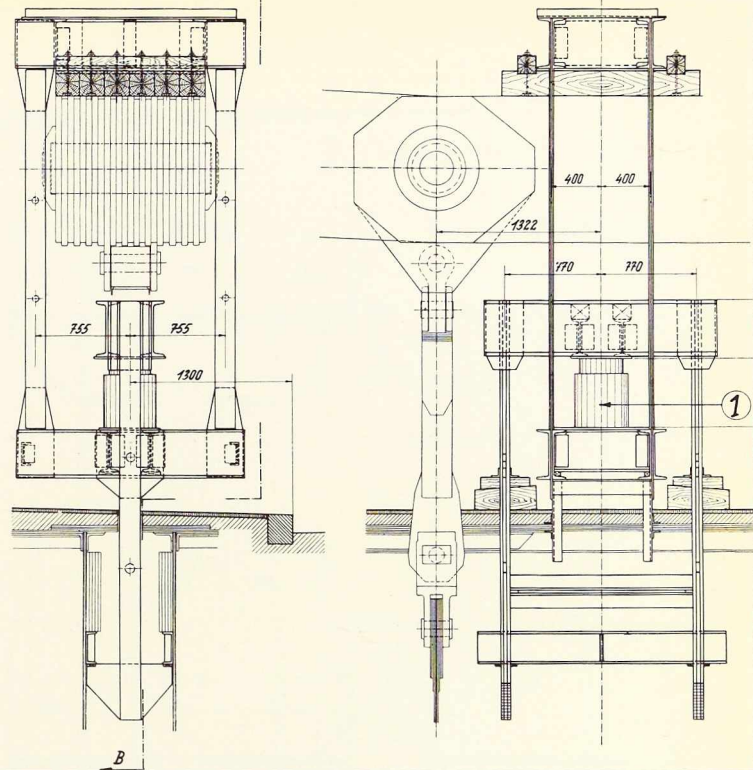


Fig. 4. A gauche. Diagramme des tensions relevées dans une des suspentes. A droite. Appareillage utilisé pour détendre les suspentes.

1. Vérin de 300 t.



Coupe A-B

presque jamais, des sollicitations dépassant la tension permise seraient apparues.

Après les câbles, ce furent les deux pylônes, dont chacun est composé de deux montants et de traverses inférieure et supérieure, que l'on soumit à un examen approfondi; ici également on constata de graves dégâts, principalement aux deux traverses supérieures.

La fonction principale des deux traverses est de maintenir les montants dans leur position verticale contre la tendance à dévier latéralement sous la poussée considérable du vent; ces montants, sous la charge du câble doivent reporter chacun une charge de plus de 7 000 t sur les appuis. Les dommages les plus importants atteignirent le pylône côté Kagran. L'âme en tôle de la traverse supérieure a reçu dans deux panneaux voisins des coups à ce point violents que les parois en tôle durent être remplacées en totalité et les raidisseurs se trouvant entre elles, pour une grande part (fig. 8).

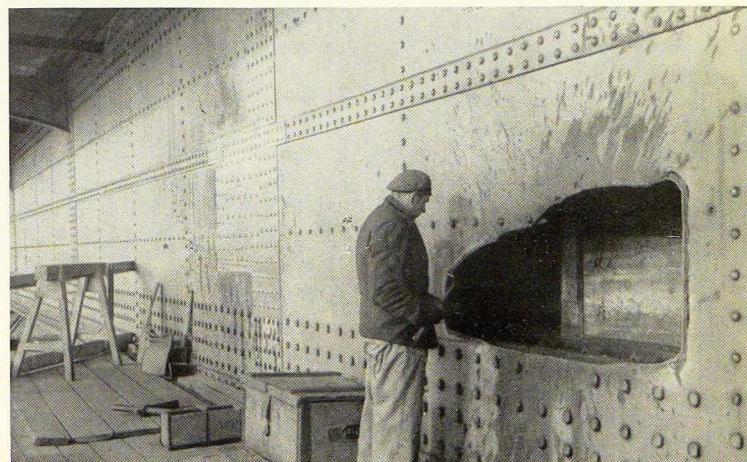
En dehors des traverses des cadres-pylônes, les montants de ceux-ci ont subi également des dommages, lesquels sans être très graves, étaient néan-

moins assez considérables. Le montant du pylône aval du côté de Vienne avait été fortement bosselé par un coup de grenade juste au-dessus du trottoir (fig. 11). Des déformations analogues ont été provoquées aussi aux autres montants des pylônes. La façon de réparer ces dommages n'a pas encore été définitivement décidée.

Pour réparer les deux câbles, il est nécessaire de les détendre complètement sur une longueur de trois éléments : celui à remplacer et les deux voisins, de façon à pouvoir retirer les deux pivots de l'élément endommagé en vue de permettre le démontage et la remise en état des lamelles défectueuses.

La détente du câble s'exécute de la façon suivante : pendant la guerre, on avait établi deux piles auxiliaires sous les poutres de raidissement,

Fig. 5. Dommages subis par l'âme d'une poutre de rigidité.



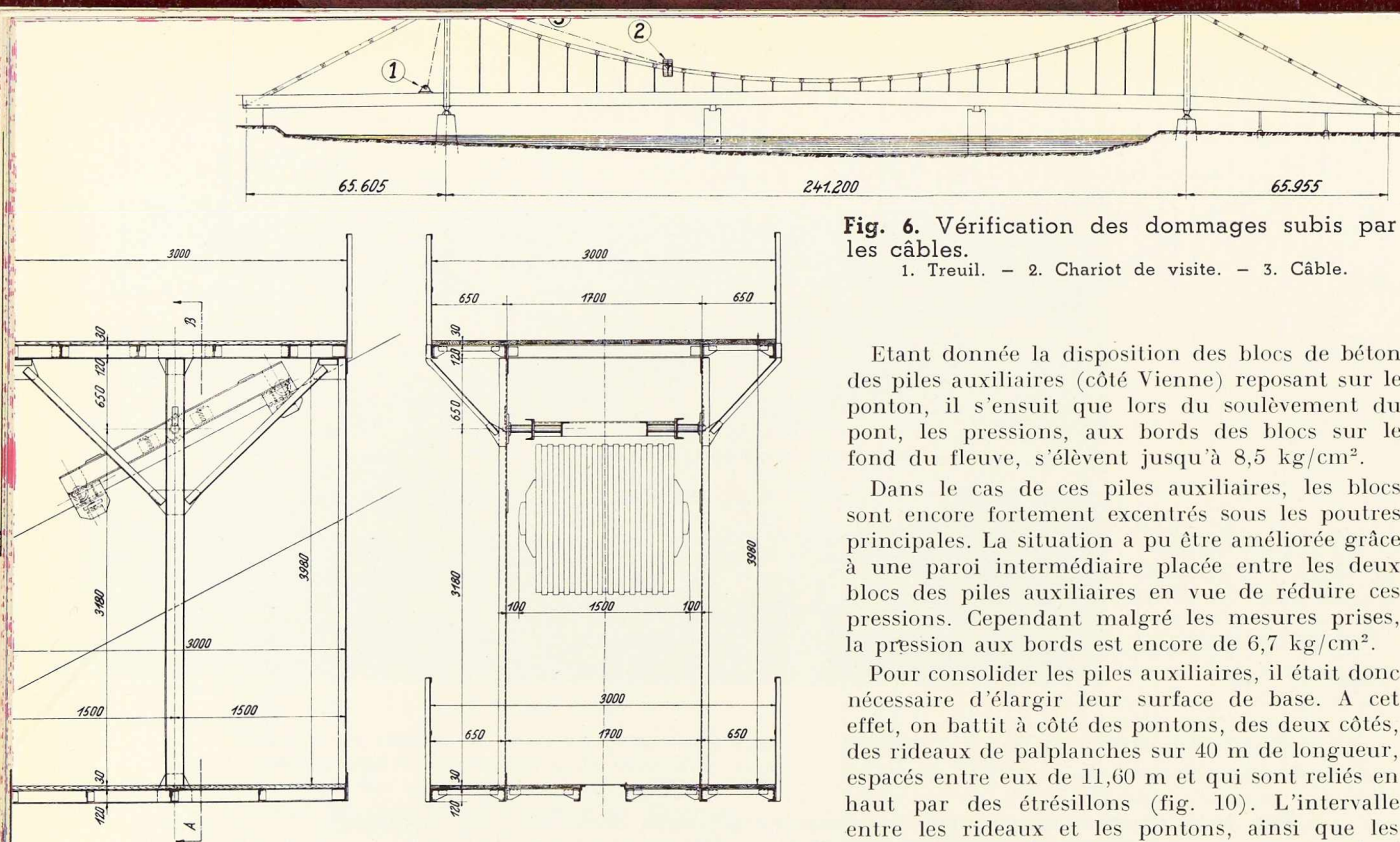


Fig. 6. Vérification des dommages subis par les câbles.

1. Treuil. — 2. Chariot de visite. — 3. Câble.

Etant donnée la disposition des blocs de béton des piles auxiliaires (côté Vienne) reposant sur le ponton, il s'ensuit que lors du soulèvement du pont, les pressions, aux bords des blocs sur le fond du fleuve, s'élèvent jusqu'à $8,5 \text{ kg/cm}^2$.

Dans le cas de ces piles auxiliaires, les blocs sont encore fortement excentrés sous les poutres principales. La situation a pu être améliorée grâce à une paroi intermédiaire placée entre les deux blocs des piles auxiliaires en vue de réduire ces pressions. Cependant malgré les mesures prises, la pression aux bords est encore de $6,7 \text{ kg/cm}^2$.

Pour consolider les piles auxiliaires, il était donc nécessaire d'élargir leur surface de base. A cet effet, on battit à côté des pontons, des deux côtés, des rideaux de palplanches sur 40 m de longueur, espacés entre eux de 11,60 m et qui sont reliés en haut par des étrépillons (fig. 10). L'intervalle entre les rideaux et les pontons, ainsi que les espaces restant dans les pontons à côté des blocs de la pile auxiliaire furent remplis de pierraille et injectés de ciment. Ces corps solides constituent ainsi l'élargissement des deux piles auxiliaires.

Pour les protéger de la débacle des glaces, il fallut construire devant chacune, un avant-bec brise-glace.

La figure 12 montre la pile auxiliaire côté Vienne après consolidation, avec le mur intermédiaire et l'avant-bec brise-glace.

Le renforcement des piles auxiliaires commença fin 1949. Comme premier stade des travaux qui ne pouvaient s'exécuter que par très basses eaux, il était nécessaire de draguer les moellons posés pour protéger les pontons, afin de pouvoir battre les palplanches.

Dans les années 1950 et 1951 le niveau élevé de l'eau n'a pas permis un travail continu. Ce n'est qu'à la fin de 1951 qu'on réussit à terminer ces opérations. Au début de la remise en état des deux piles auxiliaires, la firme Waagner-Biró en accord avec le Ministère fédéral du Commerce et de la Reconstruction, élaborait un projet de décharge complète du câble en vue du remplacement des éléments défectueux.

Un dispositif de détente qui s'étend chaque fois sur trois éléments et qui forme un quadrilatère articulé, réalise cette opération à l'aide de vérins hydrauliques.

capables de supporter le pont, en cas de rupture de câble. Ces piles sont utilisées actuellement pour soulever le pont, grâce à quoi les efforts de tension dans les câbles furent notablement diminués. L'effort de traction de chaque câble d'environ 5 480 t fut réduit, à la suite du soulèvement, à 2 408 t. Cet effort résiduel dans le câble est annulé par un dispositif de détente qui s'étend sur trois éléments.

En dehors de la construction des piles auxiliaires, on commença déjà pendant la guerre à établir de solides dispositifs de renforcement aux points des poutres de raidissement qui se trouvent au-dessus de ces piles.

En 1948, on termina la mise en place de ces dispositifs qui étaient en grande partie déjà à pied d'œuvre, mais non encore mis en place, ainsi que l'exécution des tendeurs destinés à soulever le pont.

En 1949 commencèrent seulement les travaux les plus importants de réparation aux deux câbles.

Les deux piles auxiliaires s'appuient sur deux pontons, reposant sur le fond du fleuve. Ne possédant donc aucune profondeur de fondation, elles n'étaient pas, dans leur forme primitive, capables de reporter avec la sécurité nécessaire sur le terrain de fondation les grandes charges avec lesquelles le pont devait être soulevé.

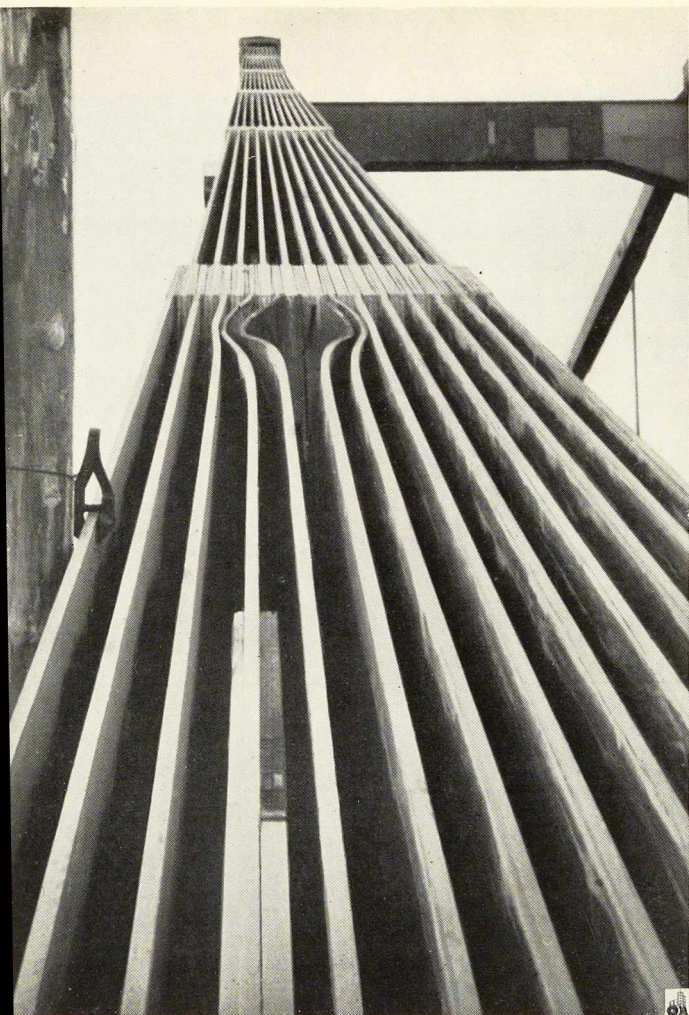


Fig. 7. Dégâts subis par le câble de retenue côté Kagran.

Photos W. Wagner.

Fig. 8. Construction auxiliaire utilisée pour la remise en état de la traverse supérieure du pylône.

Fig. 9. Vue prise avec un téléobjectif montrant les dégâts subis par le câble de retenue près du pylône côté Kagran.

On a procédé de la même façon pour la décharge de l'élément 11' et 12' au milieu du pont qui est le point le plus bas du câble (fig. 13).

La même opération a été répétée pour le point VI-V du câble de retenue de Kagran, également du côté aval, ainsi que pour le point voisin de la tête du pylône amont du côté Kagran. Une partie du dispositif de détente qui est mis en

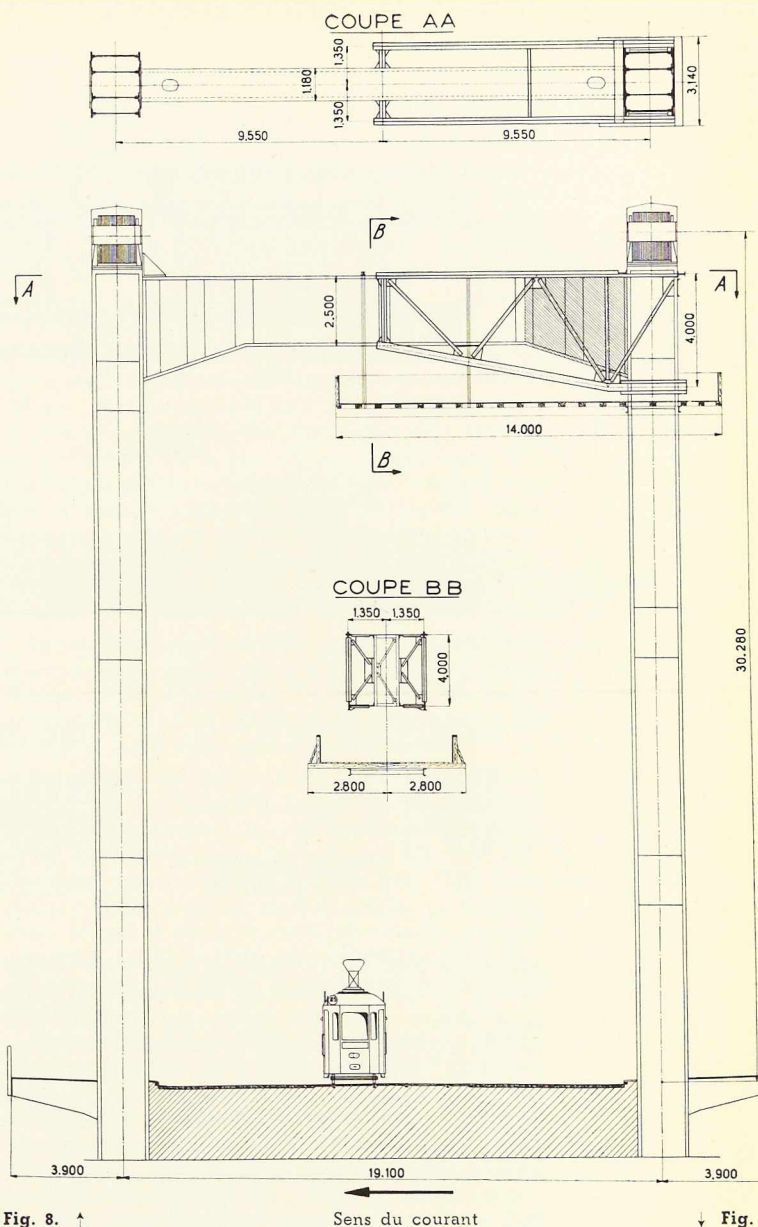
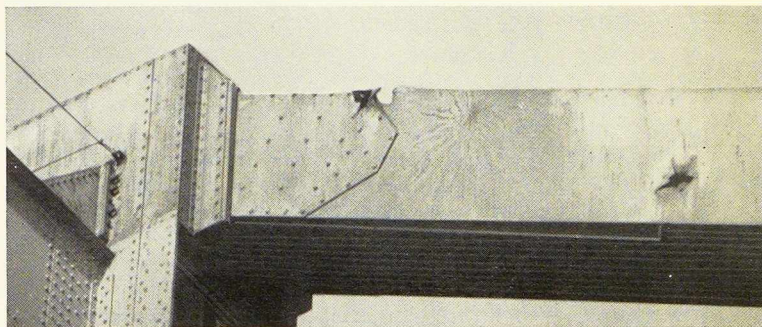


Fig. 8. ↑

Sens du courant

↓ **Fig. 9.**



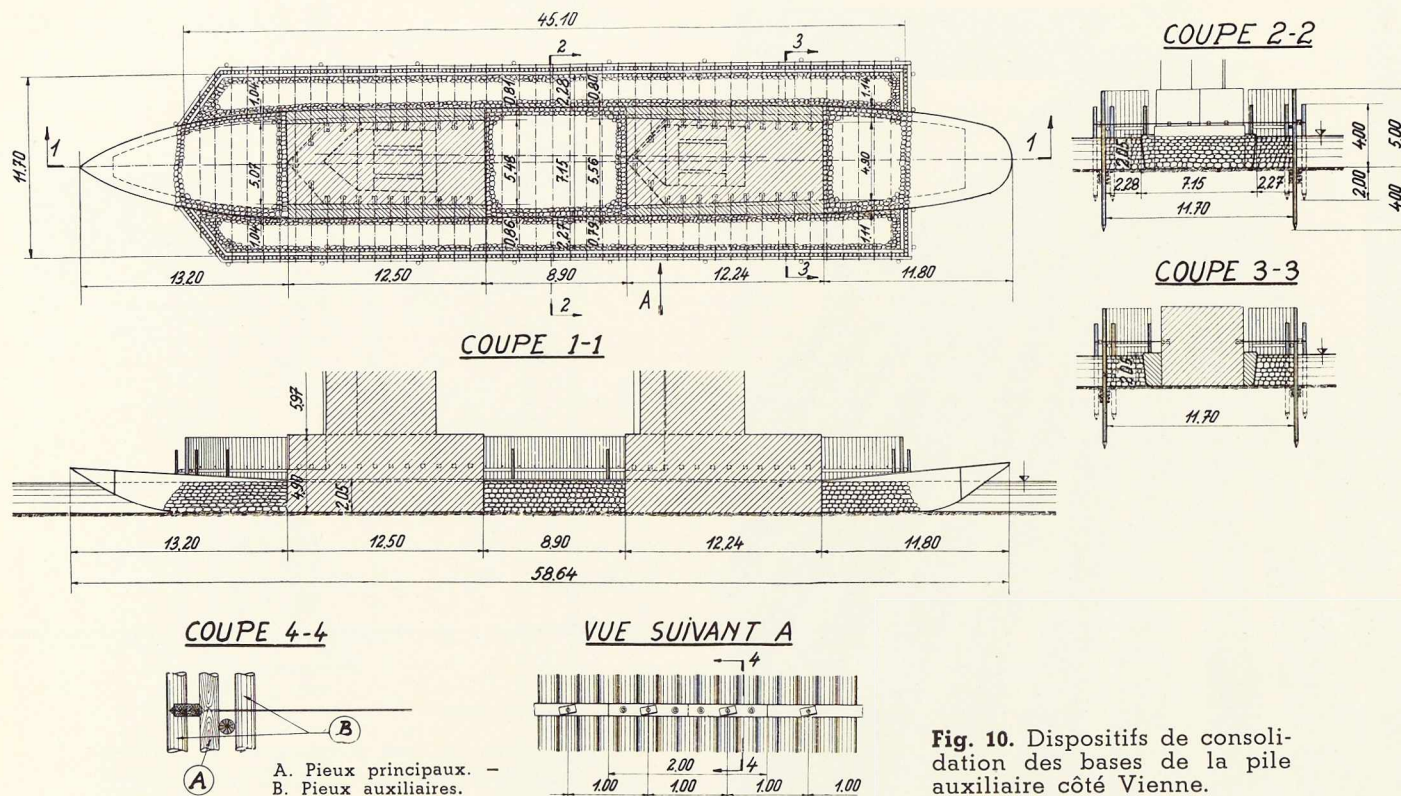


Fig. 10. Dispositifs de consolidation des bases de la pile auxiliaire côté Vienne.

œuvre au total sur 7 éléments peut être utilisée en tous les points, tandis qu'il est prévu en outre pour chaque point des pièces qui sont uniquement adaptées aux conditions existant à l'endroit considéré. Ainsi le poids total du dispositif de détente avec toutes les pièces se monte à environ 250 t. Les pièces qui s'emploient à l'endroit le plus bas pèsent 130 t et celles qui servent à l'endroit le plus élevé près de la tête du pylône, 180 t.

C'est après essais que fut déterminée la réparation des joints de câbles. Elle se fit de la façon suivante : les parties endommagées sont enlevées par découpage et remplacées par de nouvelles pièces de tôle. Les extrémités avec les trous forés au diamètre exact pour les pivots de chaîne sont conservées et rivées aux parties insérées. Ce travail toutefois exige une très grande précision, parce que l'écartement des trous doit être exactement conservé. Pour 14 des 27 lamelles à réparer, une des extrémités avec le trou et le renforcement est renouvelée et rivée à la partie restante utilisable. La mise à longueur exacte est indispensable pour l'écartement des trous.

Pour cette raison, six éprouvettes comportant

des rivets à têtes rondes, à têtes fraisées et à têtes lenticulaires, ainsi qu'avec trous de rivure tant de 26 mm que de 23 mm, de la même nuance d'acier dont est constitué le câble, furent soumises à la station d'essai de l'Ecole Technique Supérieure de Vienne à un essai de rupture. Il fut constaté que pour toutes les barres rivées à tête fraisée, les charges de rupture étaient un peu plus élevées que pour les barres analogues avec rivets à tête bombée. Sur la base de cette constatation, on put décider l'exécution du rivetage des lamelles avec rivets à tête fraisée.

En automne 1951, lorsque les travaux de consolidation aux piles auxiliaires touchaient à leur fin, on mit en adjudication les travaux de mise en état des câbles. Les travaux furent adjugés en été 1952 à la firme Waagner-Biró A. G. à Vienne.

La figure 14 montre la disposition des vérins sur lesquels le pont avait été déposé. Sur chaque pile auxiliaire sont disposés sous chaque poutre principale 6 vérins hydrauliques, soit deux de 300 t et quatre de 200 t, et tous accouplés ensemble. L'accouplement des vérins était néces-

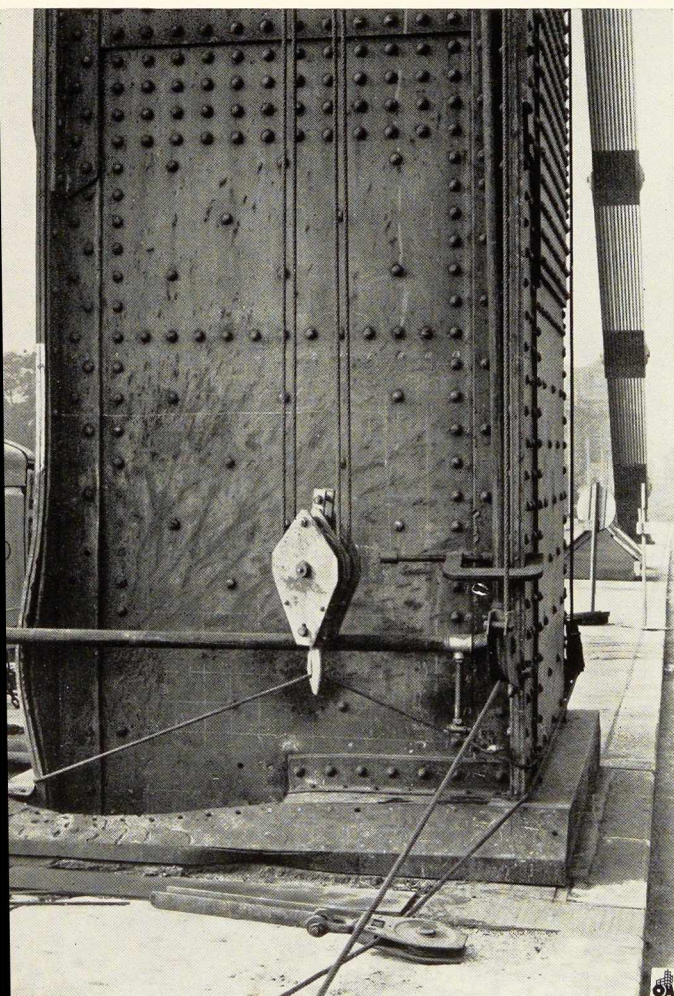


Fig. 11. Montant aval du pylône côté Vienne endommagé par un coup but.

saire pour produire une charge complètement régulière des piles auxiliaires.

La hauteur de soulèvement du pont était calculée de façon à arriver à décharger le plus possible les câbles. Le point capital pour cette mesure était la capacité de charge des poutres de raidissement. Aux points de soulèvement, les poutres de raidissement sont sollicitées par les moments aux appuis d'une poutre reposant maintenant sur quatre points. Pour la sollicitation des poutres de raidissement, on admit une tension relativement élevée, soit 0,8 de la limite élastique, c'est-à-dire pour l'acier 44, utilisé pour

les poutres raidisseuses, $0,8 \times 27 = 21,6 \text{ kg/mm}^2$. En outre, par rapport à la surcharge mobile très élevée de 7,17 t par mètre dont on avait tenu compte dans le calcul, on a admis aujourd'hui une surcharge notablement réduite de 4,62 t par mètre courant pour chaque poutre principale. Cette surcharge d'ailleurs ne se produit pratiquement jamais.

Cette tension élevée dans la poutre de raidissement pouvait être admise, parce qu'une surcharge éventuelle n'entraînerait pas la rupture de la poutre, mais seulement une répartition des moments avec l'élimination des pointes de tension au-dessus des piles auxiliaires. Notamment différentes sont les conditions dans les éléments soumis à traction dans l'appareil détendeur; pour ceux-ci on s'en tint, pour la charge admise dans le calcul, à la tension usuelle, parce que ici un effort exagéré aurait pu mener à la rupture de l'élément.

La capacité portante des poutres de raidissement a donc permis la détente de 56 % de la chaîne, déjà mentionnée. Le soulèvement nécessaire a atteint pour la pile auxiliaire vers Vienne 49 cm et pour celle vers Kagan, 44 cm.

Les efforts nécessaires pour le soulèvement des poutres de raidissement (soumises à leur poids propre uniquement, la circulation sur le pont ayant été interrompue) étaient de 1 100 t en chacun des quatre points d'appui. Si l'on tient compte de la surcharge mobile réduite (introduite dans le calcul pour ce cas) ces valeurs peuvent atteindre 1 500 t; c'est en considérant ces surcharges que fut calculé le renforcement des piles auxiliaires.

Pour soulever le pont on exerça donc, en quatre points, un effort de 1 100 t chacun. Le poids du pont sur toute l'ouverture au-dessus du fleuve entre les deux pylônes représente environ 10 000 t. De celles-ci, 4 400 t environ sont reportées par le soulèvement sur les piles auxiliaires par l'intermédiaire des poutres de raidissement tandis que le reste (soit environ 5 600 t), continue à être supporté par les câbles.

Les câbles ont bénéficié d'un soulagement plus important provenant du fait que les piles auxiliaires se trouvent au tiers de l'ouverture et que là, la ligne d'influence accuse pour la force horizontale des valeurs sensiblement plus élevées que celles qui correspondraient à une valeur moyenne.

Le soulèvement du pont dut être exécuté en trois phases, en fonction de la longueur de la course des vérins, c'est-à-dire environ 15 cm. Après avoir atteint cette hauteur, il fallait glisser entre les appuis et les supports les surmon-



Fig. 12. Pile auxiliaire côté Vienne après consolidation, avec le mur intermédiaire et le bec brise-glace (à l'avant-plan).

Photo W. Wagner.

tant, un grillage de hauteur correspondante, pour pouvoir décharger les vérins et les faire redescendre à leur hauteur primitive.

On interposait alors des cales en bois de chêne pour pouvoir faire partir de cette position plus élevée la phase de levage suivante. Après cette phase de levage un grillage plus haut fut inséré pour pouvoir à nouveau déposer le pont à ce niveau. Après l'achèvement de cette phase de soulèvement vers 17 heures du premier dimanche, qui avait permis d'atteindre un soulèvement total d'environ 30 cm, la circulation fut à nouveau rétablie. La troisième phase du soulèvement du pont fut effectuée le dimanche suivant 21 septembre jusqu'à midi.

Pendant le soulèvement du pont, en dehors

d'observations précises des piles auxiliaires quant à leurs tassements, l'Office fédéral de contrôle et de mesures a procédé en 54 endroits à des mesures de tension. Celles-ci furent faites avec un appareil à mesurer les tensions de la firme H. Mainak à Hambourg, qui est basé sur la comparaison de deux fils d'acier vibrants; la mesure cependant est effectuée non par comparaison des tons, mais au moyen d'un tube électronique de Braun, par l'observation d'une image lumineuse. En plus des mesures effectuées aux deux câbles (6 mesures pour chaque câble), on procéda à des mesures sur câbles de retenue : au milieu du pont, dans l'élément le plus endommagé, on fit 8 mesures. D'autre part, les poutres de raidissement furent l'objet de mesures ana-

Fig. 13. Décharge de l'élément 11'-12' de câble au milieu du pont.

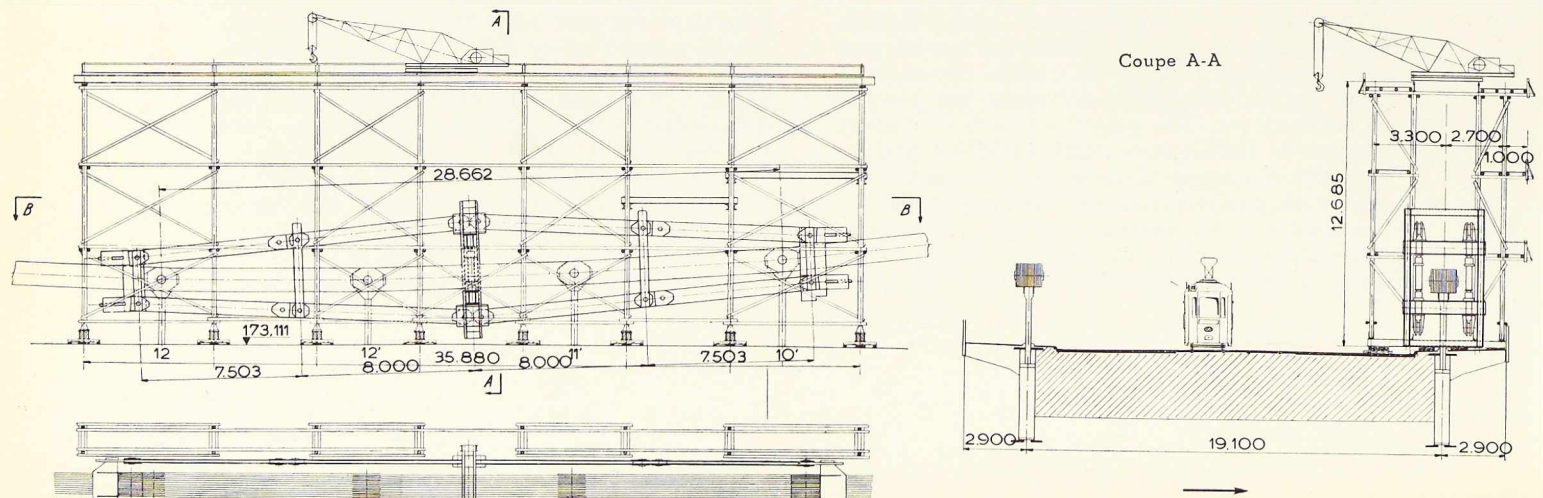


Fig. 14. Dispositif de soulèvement du pont comprenant des vérins hydrauliques.

Photo W. Wagner.

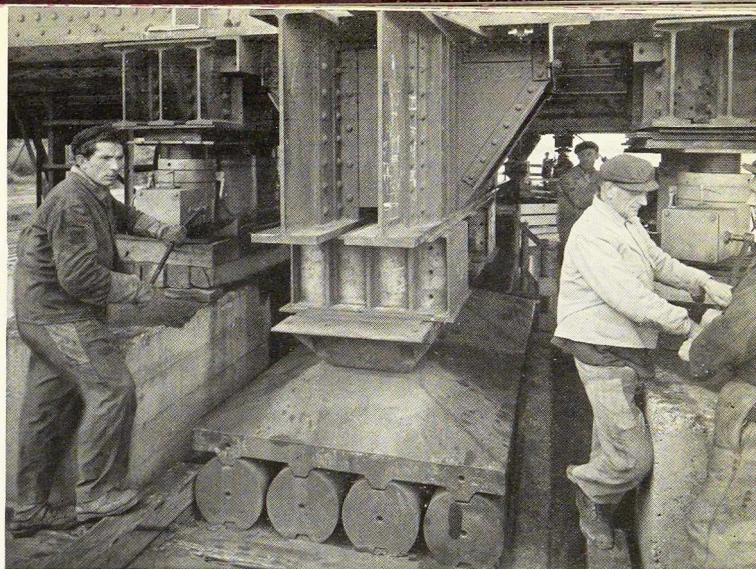
logues. Enfin, près de chaque pile auxiliaire, on fixa 6 appareils de mesure aux tiges de suspension et un à la membrure inférieure de chaque poutre longitudinale. Huit points de mesure furent encore disposés dans les montants des pylônes.

L'Office fédéral des Poids et Mesures a entrepris les observations concernant le tassement des piles auxiliaires avec des instruments de nivellement précis. Ces mesures effectuées en 54 endroits furent réalisées par le Ministère fédéral du Commerce et de la Reconstruction (40 emplacements) en collaboration avec l'Ecole Technique Supérieure de Vienne (14 emplacements).

Les mesures des niveaux aux piles auxiliaires par l'Office fédéral ont montré que les piles auxiliaires se sont affaissées. Il en résulte que le plus grand affaissement aux piles auxiliaires a atteint 8,1 mm et le plus faible 5,6 mm.

Les mesures de tensions ont accusé en général des résultats satisfaisants. Elles ont permis de constater que les caissons et leur remplissage peuvent être considérées à raison de 80 % comme membrures des poutres de raidissement.

Il est compréhensible que dans l'état actuel des forces, alors que les poutres de raidissement sont fléchies vers le haut par l'action de deux fortes charges isolées, elles ne coopèrent pas à 100 %. Dans l'essai sous charge en effet, avec des charges réparties sur de grandes longueurs, les poutres de raidissement étaient fléchies vers le bas. Les forces transversales étant relativement faibles, les joints rivés étaient à même de résister à de petits efforts secondaires, mais dans le cas du pont soulevé par de très grandes forces concentrées, provoquant aussi de grands efforts transversaux, c'était demander aux joints rivés rattachant le tablier aux poutres principales de résister à des efforts secondaires considérables. Les minimales déplacements au voisinage des moments maxima qui en résultaient ne permettaient pas de compter sur une collaboration totale du tablier avec la superstructure de l'ouvrage. Une discordance dans les mesures des tensions, n'a jusqu'à présent pas encore pu être éclaircie, malgré de longs calculs. Les tensions dans la membrure inférieure des poutres de raidissement au voisinage des points d'appui, qui devaient servir de base pour déterminer le relevage du pont, ne concordent pas entièrement avec le calcul. A la pile auxiliaire côté Vienne, les tensions mesurées



étaient d'environ 100 kg/cm² moindres que ce qu'avait donné le calcul, tandis qu'à la pile vers Kagran la tension mesurée était d'environ 200 kg/cm² plus grande qu'il n'avait été calculé.

Ce fait montre encore combien il était nécessaire de mesurer les tensions et de ne pas soulever plus haut que le calcul exact n'avait indiqué.

Si l'on examine le pont sous l'influence de la charge permanente et si l'on compare la courbe du câble à celle du pont en cours de montage (à l'état détendu) on constate ce qui suit : le câble sans tension est notablement plus court que le câble tendu et il pend donc au milieu du pont d'environ 1 m plus haut que dans l'état final.

Les câbles de retenues qui sont également plus courts produisent une inclinaison des pylônes vers l'extérieur.

Dans le cas du pont considéré avec les piles auxiliaires, le raccourcissement du câble est notablement moindre, ce qui entraîne seulement une détente partielle du câble.

Les montants des pylônes par suite de leur décharge se sont relevés de 1,2 mm tandis que les blocs d'ancrage se sont abaissés de 1,22 mm.

En conclusion, faisons encore une fois ressortir combien il est important, dans le calcul des charpentes, de serrer la réalité d'aussi près que possible, en mesurant exactement les efforts et les déformations et en tenant compte de toutes les influences dans toute la mesure où elles peuvent être saisies.

C'est seulement lorsqu'en pénétrant plus profondément dans l'essence du mode d'action des constructions qu'on accède à une concordance étendue de la conception théorique avec les résultats effectifs que l'on peut dire avec Schiller « On ressent dans le fond de son cœur ce qu'on a créé de ses mains ».

L. F.



Fig. 1. Vue d'un atelier dont la toiture est portée par une charpente en arc de 12 m de portée.

Charpentes métalliques en arc

Les Ateliers C. Mambour, de Huy, ont construit dans la région de Liège plusieurs halls ou ateliers dont les toitures sont portées par une charpente en arc d'une conception originale ⁽¹⁾. Les portées varient de 12 à 40 m. Les calculs sont élaborés par l'Ingénieur-Conseil R. Leboutte.

Cette toiture se compose de bandes pleines et de bandes vitrées alternées dont les largeurs peuvent varier en fonction de l'intensité lumineuse désirée.

Elle est soutenue par des poutres autoportantes triangulées posant leurs extrémités sur des murs, des piliers ou des colonnes.

A ces poutres autoportantes sont suspendues les nervures métalliques dont la flèche est établie suivant la portée à couvrir. Ce sont les poutres autoportantes qui soutiennent toute la toiture.

⁽¹⁾ Brevet Ghilain.

Les nervures généralement en fers U reçoivent les profilés soutenant les dalles des parties pleines ainsi que le vitrage des lanterneaux. Les dalles s'incrument dans l'épaisseur des nervures.

La figure ci-dessus montre un atelier de 23 m de portée sur environ 70 m de longueur, comportant une toiture en arc sans colonnes ni tirants.

Grâce à l'isolation thermique, existant aussi bien sous les bandes pleines que sous le vitrage, la chaleur ambiante demeure; d'où une économie de combustible.

Les éléments de la charpente sont constitués par des profilés légers. Les murs en maçonnerie qui soutiennent la toiture peuvent être construits plus bas qu'à l'ordinaire par suite de l'élan que donne la voûte. La toiture étant asphaltée dans ses parties courbes, la circulation y est aisée et sûre.

Fig. 1. Vue d'ensemble du stand du C. B. L. I. A. à l'Exposition de Produits belges de Mexico.



Exposition industrielle belge de Mexico

Le Mexique, pays en pleine évolution, compte actuellement une population de près de 25 millions d'habitants.

La capitale fédérale, Mexico, est une des plus anciennes villes d'Amérique. Bâtie sur le plateau de l'Anahuac, à 2 250 m d'altitude, elle jouit d'un climat particulièrement doux et agréable. Sa population atteint actuellement près de 3 millions d'habitants.

C'est à quelques kilomètres de la ville de Mexico que vient de se tenir une importante exposition de produits belges qui a connu un très vif succès.

Elle comportait quatre pavillons :

— Le Hall A où étaient exposés des tapisseries, de la bijouterie, de l'orfèvrerie, de la faïencerie, des ornements sacerdotaux, des vitraux, du mobilier et des dentelles;

Fig. 2 et 3. A gauche : M. J. Duvieusart, Ministre des Affaires Economiques de Belgique, prononçant son discours à l'inauguration de l'Exposition industrielle belge de Mexico le 19 février 1954. A droite : M. E. Greiner, Directeur du C.B.L.I.A., au cours d'une réception organisée dans le cadre de l'Exposition de Mexico.

Photos Mayo.





Fig. 4 à 9. Quelques aspects de l'Exposition industrielle belge, qui vient de se tenir

- Le Hall B (Hall Fabrimétal) réservé à l'industrie des fabrications métalliques, mécaniques et électriques;
- Le Hall C occupé par les stands de la sidérurgie et de l'industrie chimique;
- Le quatrième pavillon abritait un restaurant.

En outre le matériel pour entrepreneurs était exposé sur l'esplanade se trouvant devant le pavillon B.

Le Centre Belgo-Luxembourgeois d'Information de l'Acier et Ucométal occupaient d'importants stands au pavillon C.

L'exposition a été inaugurée le 19 février par M. Gilberto Loyo, Ministre de l'Economie du Mexique représentant le Président Ad. Ruiz Cortinez, en présence de M. J. Duveusart, Ministre

des Affaires Economiques de Belgique, ainsi que de nombreuses personnalités belges et mexicaines.

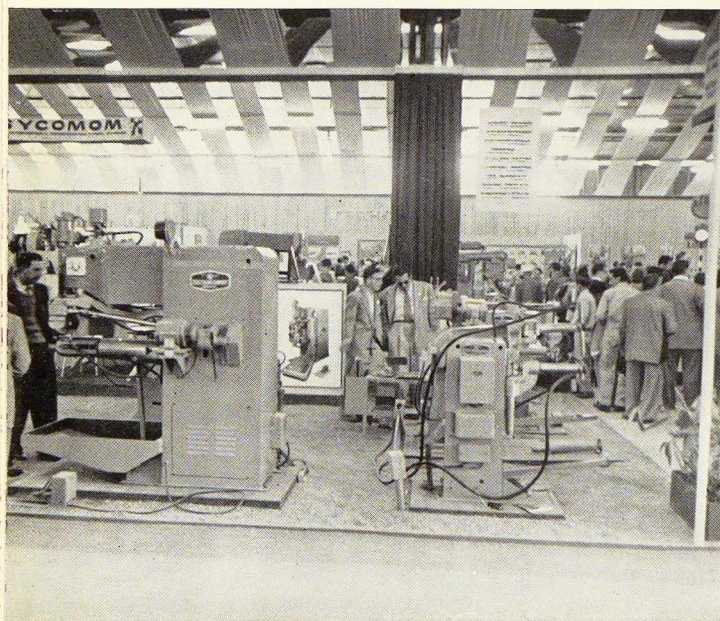
Dès le premier jour, on notait une affluence considérable à cette manifestation à laquelle participaient plus de 150 firmes belges.

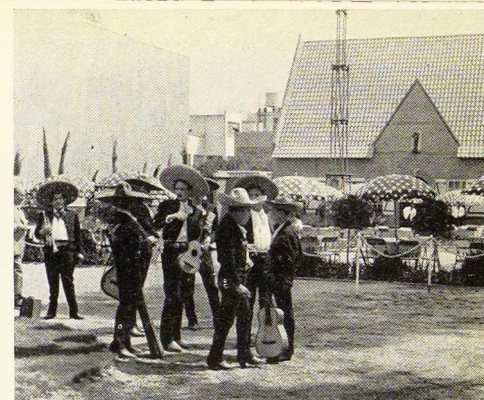
D'importantes affaires y ont été traitées et les exposants se montrent en général fort satisfaits des résultats obtenus.

La capitale fédérale connaît actuellement une grande activité dans le domaine du bâtiment. De nombreux immeubles de grande hauteur y sont en construction. Rappelons à ce sujet le vaste Auditorium municipal, récemment achevé sur le terrain du Champ de Mars, prévu pour contenir 18 500 spectateurs (1).

(1) Voir *L'Ossature Métallique*, n° 1-1953.

Fig. 10 à 13. Les stands de Sycomom, des Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi





me Président Masaryk, à quelques kilomètres de la capitale fédérale du Mexique.

L'industrie mexicaine, bien que jeune encore, s'est beaucoup développée pendant la deuxième guerre mondiale. Cette industrialisation continue. C'est ainsi que l'on construit à l'heure actuelle un atelier de fabrication de matériel roulant. D'autre part, les usines sidérurgiques de Monterrey produisent plus de 250 000 t d'acier par an.

Dans les environs de la ville de Mexico, il existe plusieurs petits laminoirs dont l'existence est basée sur le relaminage de mitrailles et petits lingots produits au four électrique en simple fusion.

D'autre part, les transformateurs mexicains travaillent d'importants tonnages de demi-produits importés.

Dans le domaine de la construction métallique,

on peut citer le très élégant pont métallique sur le Rio Blanco près de Vera Cruz. Cet ouvrage aux lignes modernes se présente sous forme d'un pont en arc, d'une portée de 76,25 m ⁽²⁾.

L'exposition de produits belges à Mexico à laquelle le Gouvernement mexicain a voulu donner le caractère d'un événement important, constitue une initiative intéressante. Elle aura permis aux visiteurs mexicains de se rendre compte des possibilités offertes par l'industrie belge. Nul doute qu'un courant d'affaires de plus en plus important s'établira entre les deux pays. Ce sera là le plus beau mérite de l'effort industriel belge à Mexico.

⁽²⁾ Voir *L'Ossature Métallique*, n° 11-1953.

E. C.) et des Tréfileries Léon Bekaert au Pavillon Fabrimétal à l'Exposition de Mexico.

Photos Mayo.



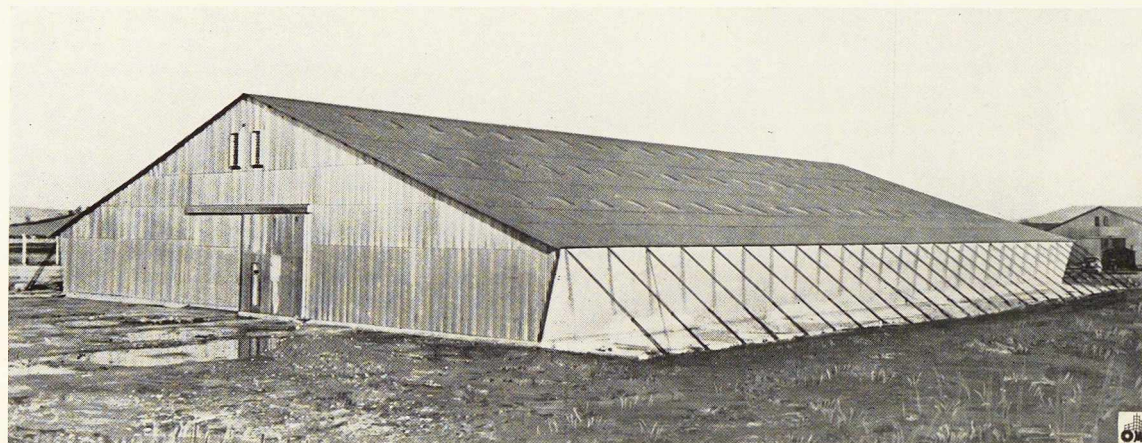


Fig. 1. Vue d'ensemble d'un hangar haubané, système Buckwyn, construit en Grande-Bretagne.

Constructions haubanées

Il existe sur le marché de nombreux systèmes de hangars du type dit « démontable ».

Ces systèmes sont basés sur l'étude appropriée du mode d'assemblage des différents éléments constitutifs, sur le choix des profils normaux ou spécialement étudiés pour le but poursuivi, enfin, sur l'emploi d'une main-d'œuvre non qualifiée pour le montage de ces constructions qui sont considérées comme définitives ou provisoires.

Ces dernières années, on a vu se développer plusieurs modèles de hangars légers et solides concrétisant les résultats de l'expérience des années de guerre.

Parmi ces systèmes, une mention toute spéciale revient au type de hangars dits « haubanés » du système Buckwyn ⁽¹⁾ dont l'originalité principale consiste surtout en l'emploi presque exclusif de tubes et câbles prédimensionnés suivant des modèles standardisés. Les fermes classiques des charpentes métalliques sont remplacées par un réseau de câbles constituant les pièces essentielles de la charpente.

⁽¹⁾ Représenté en Belgique par la S. A. Fabricom.

Il s'ensuit une diminution considérable du poids des matériaux employés et, par voie de conséquence, une économie importante sur le tonnage total d'ossature de l'ordre de 60 %, au minimum, une économie de temps de l'ordre de 40 % et une économie substantielle du prix de revient.

Chaque ferme est constituée par un poteau tubulaire central et deux poteaux tubulaires de rive inclinés sur la verticale. Sur ces tubes, deux câbles porteurs prennent appui et sont amarrés à l'extérieur du hangar par des fers d'ancrage noyés dans des blocs de béton, qui peuvent être préfabriqués et récupérés lors d'un démontage.

Les fermes ainsi définies sont distantes entre elles de 2,28 m (cette cote étant une dimension caractéristique de cette construction).

Des pannes en fers cornières sont fixées sur les câbles porteurs par crapauds boulonnés et sont destinées à recevoir une toiture soit en tôle ondulée galvanisée soit en tôle d'aluminium.

De longs pans en fers cornières sont prévus pour assurer la fixation de la clôture latérale en bardage de tôle et chaque pignon est prévu de façon à installer très facilement des portes roulantes ou

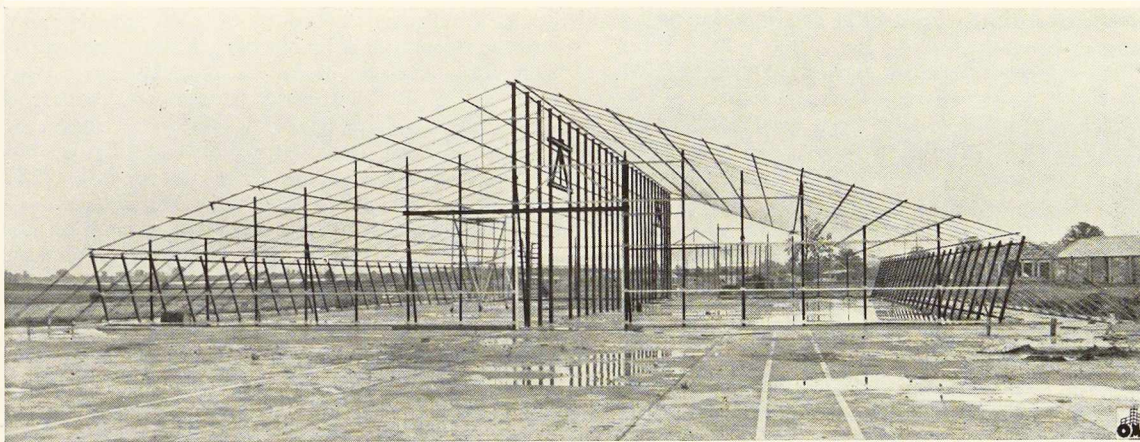


Fig. 2. Ossature métallique du hangar de la figure 1.

Fig. 3. Vue schématique des contreventements du pignon.

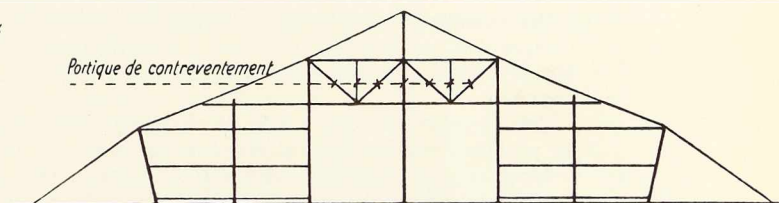
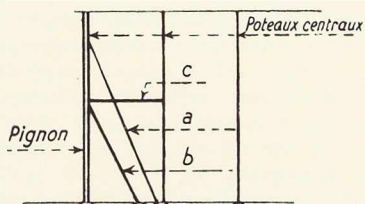


Fig. 4 (ci-dessus). Section avec pannes, poteaux et serre-câble.

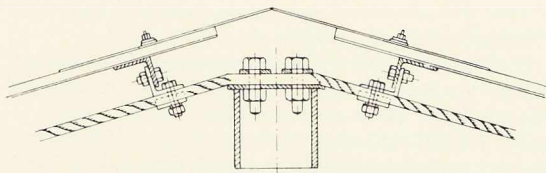


Fig. 5 (à droite). Vue en plan de l'élévation de la figure 3.

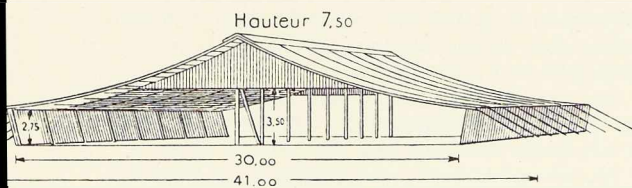
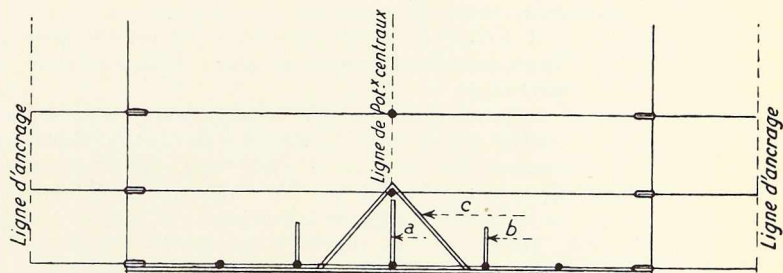
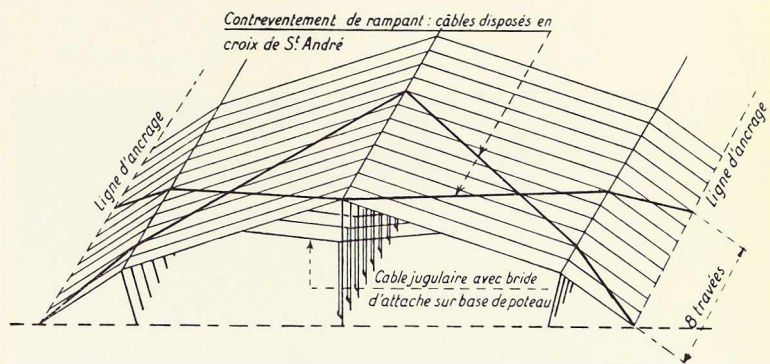


Fig. 6 (ci-dessus). Schéma d'ensemble d'une construction haubanée démontable.

Fig. 7. Vue schématique des contreventements de toiture.



des portes simples suivant la demande et l'utilisation envisagées.

Le contreventement est assuré par des câbles disposés en diagonale sous les rampants et par des câbles intérieurs évitant toute possibilité d'arrachement de la toiture.

Cet ensemble se présente donc à la fois comme un système solide et élastique qui pourra absorber dans des conditions optima toutes les surcharges accidentelles telles que la neige et le vent, même dans les conditions les plus défavorables, ainsi d'ailleurs que les surcharges dynamiques éventuelles (vent en tornade, effet de souffle de bombes, etc...).

Il est important de souligner ici qu'en cas de rupture d'un câble (cas d'un bombardement par exemple), la construction ne sera pas affectée dans son ensemble du fait de l'indépendance des fermes dont chacune constitue un système autonome.

Par construction et par conception même, chaque hangar doit être considéré comme deux hangars accolés à cause de la présence des poteaux centraux.

Cela ne constitue pas un inconvénient puisque les portées possibles peuvent être très grandes.

Le plus petit modèle a une portée de 19 m et il soutient déjà la comparaison avec les hangars de types classiques quant à la largeur d'utilisation, soit 9,50 m.

A fortiori cela sera vrai pour les portées plus importantes qui peuvent atteindre 70 m ou même davantage.

De plus, il est possible de supprimer un poteau central sur deux, de manière à faciliter le déplacement des camions à l'intérieur des hangars. Dans cette hypothèse, les autres poteaux sont reliés par des poutres tubulaires.

Enfin, on s'est attaché à standardiser au maximum les modèles de façon à pouvoir adapter un type précis à une destination déterminée.

La conception technique est telle que le montage est très facile à réaliser; il faut remarquer, en effet, que les pièces les plus lourdes pèsent de 110 à 150 kg suivant le type de hangar. Il n'est donc pas nécessaire de disposer d'engins de levage et seuls deux échafaudages roulants sont nécessaires avec une main-d'œuvre spécialisée très réduite.

Le mode de fixation et de mise en tension des câbles a été particulièrement étudié pour que cette opération essentielle soit rendue aussi simple que possible et très précise.

On pourrait, le cas échéant, supprimer l'aspect brillant de la toiture métallique par les procédés classiques.

L'éclairage diurne à l'intérieur de ces constructions peut être obtenu par des panneaux en « Perspex » (surtout pour des hangars de grande longueur); il est prévu des dispositifs de ventilation et d'isolation, voire même des chéneaux pour l'évacuation des eaux de pluie.

La longueur standard des hangars est de 36 m mais il est possible d'augmenter cette longueur d'autant d'éléments unitaires de 4,56 m qu'il serait demandé. On n'est donc pas limité et il est possible d'installer des hangars de très grandes longueurs.

Ce rapide aperçu montre toutes les possibilités qui sont offertes aux utilisateurs que ce soit pour ériger des constructions sur le territoire métropolitain ou dans la colonie.

Par leurs caractéristiques propres, les hangars Buckwyn peuvent être adaptés à toutes les régions du globe et pour de multiples usages.

Ils constituent des constructions intéressantes pour tous usages civils ou militaires nécessitant de grandes surfaces couvertes : entrepôts, garages, halls de montage pour pièces légères, hangars agricoles, halls d'exposition, magasins généraux, constructions militaires, grands hangars d'aviation civile et militaire, etc.

Ils ne sont pas considérés comme constructions définitives du point de vue juridique et, s'ils sont érigés sur terrain d'autrui, ils restent l'entière propriété de l'utilisateur.

Le genre de hangars décrit ci-dessus est utilisé en Angleterre depuis de nombreuses années. Il fait d'ailleurs l'objet d'un brevet.

Plusieurs unités ont été acquises par l'autorité militaire en Angleterre, en Hollande, au Maroc, en Australie, etc.



Fig. 8. Vue intérieure d'un hangar haubané, construit en Grande-Bretagne pour le Ministère du Ravitaillement.

G. Ferrand,
Président-Directeur Général
de la
Société Dauphinoise d'Etudes
et de Montages (S. D. E. M.)

À propos de l'aménagement hydroélectrique de la Haute-Isère (France)

L'aménagement de la Haute-Isère inauguré en juillet 1953 par le Président de la République Française a son point de départ à Tignes (Savoie).

Le barrage de Tignes retient les eaux de l'Isère et réalise une accumulation de 235 000 000 de m³ d'eau. Au pied de celui-ci se trouve l'usine des Brévières qui fonctionne sous une chute de 231 m et restitue les eaux turbinées à un barrage situé immédiatement à l'aval. Ce barrage permet une accumulation de 180 000 m³ d'eau et comporte la prise d'eau de l'usine de Malgovert située à 20 km à l'aval de Tignes et à 3 km à l'amont de Bourg-Saint-Maurice.

La Centrale hydroélectrique de Malgovert fonctionne sous une chute de 750 m et un débit de 50 m³ développant une puissance totale de 406 000 CV distribuée par deux conduites forcées à huit turbines Pelton de 50 750 CV chacune actionnant deux par deux, quatre groupes de 80 000 kVA. Ces conduites forcées sont tout à fait remarquables puisque chacune d'elle développe une puissance de 203 000 CV réalisant ainsi le record actuel mondial des conduites forcées de grande puissance sous haute chute. Le nombre de conduites a pu être réduit à deux grâce à la technique française bien connue, basée sur les principes d'auto-frettage et de surpressage⁽¹⁾, dont l'emploi a donné à l'Economie nationale française de substantielles économies. Leur poids est en effet de 4 250 tonnes alors qu'il aurait été presque sextuplé par l'emploi de la technique utilisée et des moyens mis en œuvre en France 20 ans auparavant. Sur les bases économiques de 1948, le prix de ces deux conduites forcées ressort

à 900 millions de francs français alors que sur les mêmes bases il aurait été de plus de 3 milliards de francs.

Elles méritent ainsi une attention toute particulière.

Les conduites forcées de Malgovert font suite à une galerie d'aménée de 15 km de longueur environ et de 4,55 m de diamètre se terminant par une cheminée d'équilibre du type à diaphragme dont le diamètre est de 18 m et la hauteur de 45 m. Après laquelle on rencontre tout d'abord une conduite en galerie blindée de 3,2 m de diamètre et de 280 m de longueur, amenant



Fig. 1. Carte de France montrant l'emplacement du barrage de Tignes, situé dans la région de la Haute-Isère.

(1) A ce sujet, voir notre compte-rendu dans le n° 1-1954 de *L'Ossature Métallique*: (Intervention de M. G. Ferrand au XV^e Congrès International des Centres d'Information de l'Acier.)

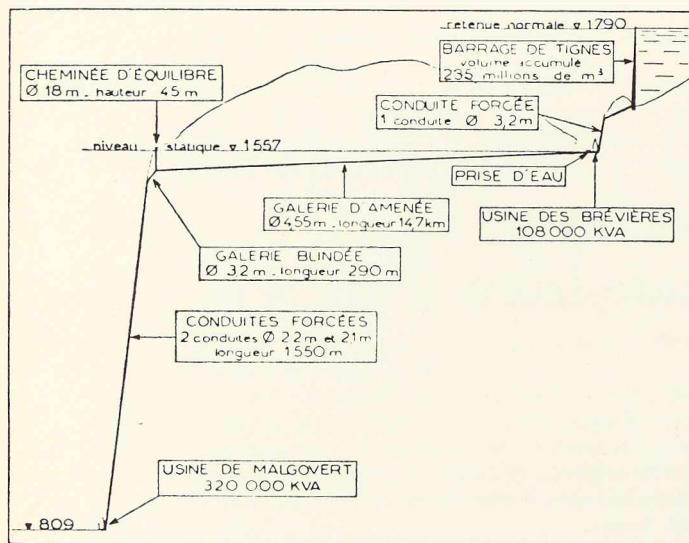


Fig. 2. Aménagement hydro-électrique de la Haute-Isère. Schéma montrant le barrage de Tignes et les usines des Brévières et de Malgovert.

les eaux à une chambre des vannes, où une culotte de bifurcation d'un type spécial, à lyre intérieure et d'un poids de 13 500 kg, partage le courant entre deux conduites qui s'allongent sur les pentes boisées de la forêt de Malgovert jusqu'au collecteur de distribution. Là d'autres culottes de bifurcation partagent les eaux entre les huit turbines de la centrale (deux par groupe, quatre par conduite).

Les tuyaux de la galerie blindée de 9 m de long ont été aménagés pour permettre des injections de ciment sous pression entre tôle et béton.

Chacune des deux conduites à forte pente a 1 550 m de long. Leur diamètre est de 2,2 m à la partie supérieure et de 2,1 m à la partie inférieure. A chaque sommet de la conduite est placé un massif d'ancrage destiné à assurer la stabilité de l'ouvrage. Les conduites sont du type autofretté⁽¹⁾, système G. Ferrand sur toute leur longueur, la partie basse étant à frettage rigide,

(1) L'autofrettage est un procédé de frettage par extension de la paroi à froid.

Pour réaliser ce procédé, on construit un tuyau paroi avec un diamètre extérieur tel que les frettes puissent être posées à froid sans difficulté. Une fois celles-ci en place et convenablement espacées, l'ensemble est introduit entre les plateaux d'une presse hydraulique. La pression intérieure est portée jusqu'à une valeur dite pression de frettage telle, qu'en fin d'opération, les frettes sont fortement tendues sur la paroi qui a acquis une déformation permanente.

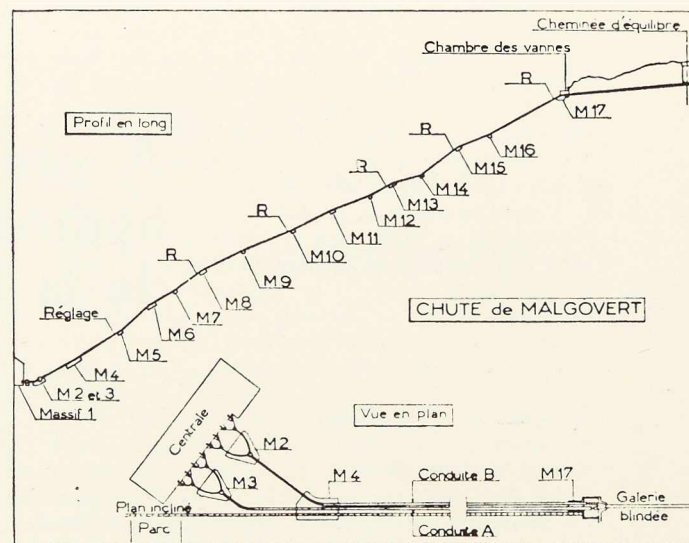


Fig. 3. Conduites forcées de Malgovert. Chacune des conduites A et B a une longueur de 1550 m.

les parties moyenne et haute à frettage souple. La tôle utilisée est de l'acier demi-dur supérieur soudable au Cr-Cu à 54 kg/mm². Les frettes rigides sont en acier spécial au Cr-Ni traité à 115 kg/mm² et les frettes souples sont en élingues à fils câblés à 200 kg/mm² composées de sept torons de fils de 3 mm.

La longueur des tuyaux varie de 6 à 10 m et leur poids de 5 800 à 16 300 kg selon leur position sur le profil.

A l'arrivée à la centrale chacune des deux conduites est d'abord bifurquée en deux conduites, chacune d'elles bifurquée ensuite en deux autres pour alimenter les deux turbines d'un groupe. Les diverses culottes de bifurcation sont du type à haut rendement hydraulique système G. Ferrand; elles sont constituées d'une enveloppe sphérique servant de pièce de résistance à l'intérieur de laquelle est placé un chemisage à pression équilibrée de forme appropriée pour guider l'écoulement dans les meilleures conditions de rendement hydraulique.

La première bifurcation transforme une arrivée de 2,1 m de diamètre en deux sorties de 1,40 m de diamètre à leur tour bifurquées en deux autres de 1 m de diamètre. Le poids de la première culotte de bifurcation atteint 40 000 kg, le diamètre de l'enveloppe sphérique est de 3,20 m.

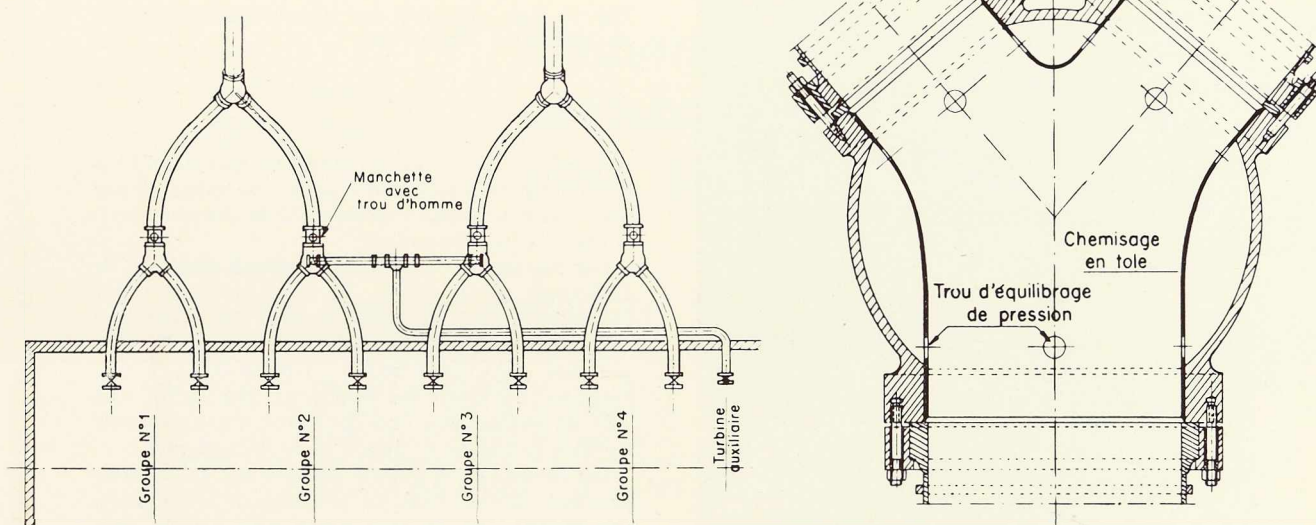


Fig. 4 et 5. Collecteurs de distribution type « Arly » utilisés pour les conduites de Malgovert.

Documents « La Houille Blanche ».

Quelques jonctions mises à part, la soudure électrique a été le seul moyen d'assemblage utilisé tant aux usines de construction qu'aux chantiers de montage. Toutes les soudures longitudinales des viroles ont reçu en cours de fabrication des recuits appropriés, mais aucune des soudures transversales n'a été recuite, sauf cependant certaines d'entre elles du collecteur de distribution. Toutes les soudures d'atelier ont été examinées aux rayons X et toutes les soudures de montage l'ont été aux rayons gamma.

Selon un principe admis en France il y a 35 ans déjà, tous les éléments des conduites forcées ont été soumis à une épreuve hydraulique finale sous une pression au moins égale au double de la pression de marche (pression statique + surpression max. normale).

Les tuyaux auto-frettés dont la pression de frettage est déterminée en fonction de la limite élastique réelle des tôles observées au cours des essais, ont de ce fait été éprouvés à une pression encore supérieure, car la limite élastique réelle fut toujours supérieure à celle ayant servi de base aux calculs d'établissement.

Cette règle devenue « Règle d'Or » donne à l'exploitant une garantie exceptionnelle puisque tous les éléments réalisent à la sortie des ateliers

de construction un coefficient de sécurité réel et contrôlé au moins égal à 2.

Le calcul d'établissement a été fait en admettant que sous une surpression maximum normale de marche de 115 m au collecteur avec répartition linéaire le long du profil de la conduite, on réalise un coefficient de sécurité de 2,5 par rapport à la limite élastique des aciers employés. On a d'autre part admis que pour une cause accidentelle, il pouvait se produire une surpression instantanée de 115 m au collecteur avec propagation



Fig. 6. Chute de Malgovert. Collecteurs de distribution d'un type spécial à lyre intérieure, en cours de montage.



Fig. 7. Vue partielle des conduites forcées de la chute de Malgovert.

intégrale tout le long du profil et que dans tous les tuyaux la pression d'épreuve en usine et sur place reste toujours supérieure à la pression accidentelle ainsi déterminée.

Les travaux de montage n'ont pas présenté de difficultés particulières. Ils ont commencé par l'installation sur le profil de deux funiculaires à voie de 1 m, à marche électromécanique. La liaison des deux funiculaires, sensiblement à mi-longueur du profil des conduites, comportait une voie de garage avec un dispositif aménagé pour faciliter la reprise et éviter les transbordements.

Les tuyaux de la galerie blindée ont été montés pendant l'été de 1950. Le montage de la conduite rive droite s'est effectué entre mai 1951 et septembre 1952. Celui de la conduite rive gauche, décalé d'un an environ par rapport à celui de la première, s'est terminé en octobre 1953.

Après l'achèvement du montage et des travaux de génie civil, une épreuve générale à surpression constante de 115 m au-dessus de la pression statique fut effectuée sur chacune des conduites avec leurs collecteurs de distribution.

Une telle épreuve destinée à vérifier la stabilité de l'ensemble d'une conduite et des ouvrages s'y rattachant est des plus importantes. Elle permet en effet de réaliser en tous les points d'une conduite, des pressions au moins égales à celles résultant de circonstances accidentelles exceptionnelles pouvant se produire au cours de son existence.

G. F.

Articles à paraître prochainement :

Le Palais des Expositions de Charleroi.

Constructions tubulaires en Grande-Bretagne.

L'immeuble Lafayette à Alger.

Hangars d'aviation système Polynorm.

Nouvelle raffinerie Esso à Anvers.

L'emploi des aciers inoxydables dans le bâtiment.

La construction métallique soudée dans l'industrie du pétrole.

W. Ch. Brou,
Major du Génie,
Ingénieur A. I. A.

Éléments métalliques préfabriqués pour ports artificiels

1. Introduction

Si, en temps de paix, la préfabrication d'éléments constitutifs d'ensembles importants permet d'assurer le montage de ces derniers plus rapidement et plus économiquement, les événements du passé ont prouvé qu'en temps de guerre, cette préfabrication est encore plus intéressante, voire indispensable, pour atteindre plus sûrement — sinon économiquement — la rapidité d'exécution.

Ainsi en fut-il en 1944, à l'occasion de la création de toutes pièces des ports artificiels de Normandie! Cette invention prodigieuse et cette audace extraordinaire, dont le mérite revient en très grande partie aux techniciens britanniques, issus d'une lignée séculaire de constructeurs de navires, d'armateurs et d'ingénieurs civils et militaires, permit de réaliser l'opération combinée « Overlord », la plus grande opération de l'Histoire, qui assura l'effondrement du mur Atlantique et la libération rapide de la France et de la Belgique (fig. 1).

Dans un article antérieur ⁽¹⁾, ont déjà été décrits les principaux éléments métalliques d'un port artificiel. Les précisions et considérations qui vont suivre, sans revenir sur ce qui a déjà été dit, détaillent de nouveaux développements dans le domaine des ports préfabriqués.

2. L'importance de l'acier dans la construction des ports artificiels de Normandie (fig. 3)

En 1944, la préfabrication des deux « Mulberries » et des cinq « Gooseberries », c'est-à-dire des ports artificiels et des brise-lames artificiels destinés à permettre le débarquement massif des forces alliées en Normandie, exigea des quantités considérables de matériaux, et en particulier d'acier.

Les chiffres du tableau ci-dessous sont éloquentes.

Au total, plus de 20 000 ouvriers britanniques travaillèrent pendant huit mois à la construction de ce gigantesque matériel flottant qui, terminé, pesa près d'un million de t : quelque 115 000 t

⁽¹⁾ *L'Ossature Métallique*, n° 3/4-1945. Le port artificiel d'Arromanches.

Nature	Quantité	Tonnage total
« Blockships »	60	500 000 t de déplacement
Caissons en béton armé « Phénix »	146 (de 1 700 à 6 000 t)	600 000 t de matériaux pierreux 31 000 t d'acier 1 500 000 panneaux de coffrage
« Bombardons »	115 (totalisant 8 000 m de brise-lames)	15 000 t d'acier
« Whale Piers »	33 (de 1 000 t de jauge)	50 000 t d'acier
Routes flottantes sur « Bettles »	Plus de 500 travées (totalisant 13 000 m de route flottante)	20 000 t d'acier

d'acier et quelque 250 000 m³ de béton armé furent mis en œuvre.

A partir de septembre 1943, en même temps que les rapports d'espionnage, les photos aériennes, les sondages par commandos, fournissaient de précieux renseignements sur les points de débarquement choisis, des essais avec modèles réduits de ces divers éléments de port artificiel étaient réalisés au Laboratoire National de Physique de Teddington (Grande-Bretagne). Il en résulta un vaste planning industriel de fabrication des éléments de port tant en acier qu'en béton armé.

Plus de 8 000 ouvriers furent occupés pendant des semaines à la construction des 115 flotteurs « Bombardons ».

Les 146 caissons « Phénix » furent construits en deux mois et, vu leur encombrement d'une part, et la saturation des ports et des chantiers navals d'autre part, la construction de beaucoup d'entre eux dut se faire à marée basse sur des hauts-fonds, le long des côtes méridionales anglaises, ou sur des bancs de sable de l'estuaire de la Tamise. Vingt-cinq firmes anglaises furent chargées de leur construction.

Près de 240 firmes furent intéressées par la pré-

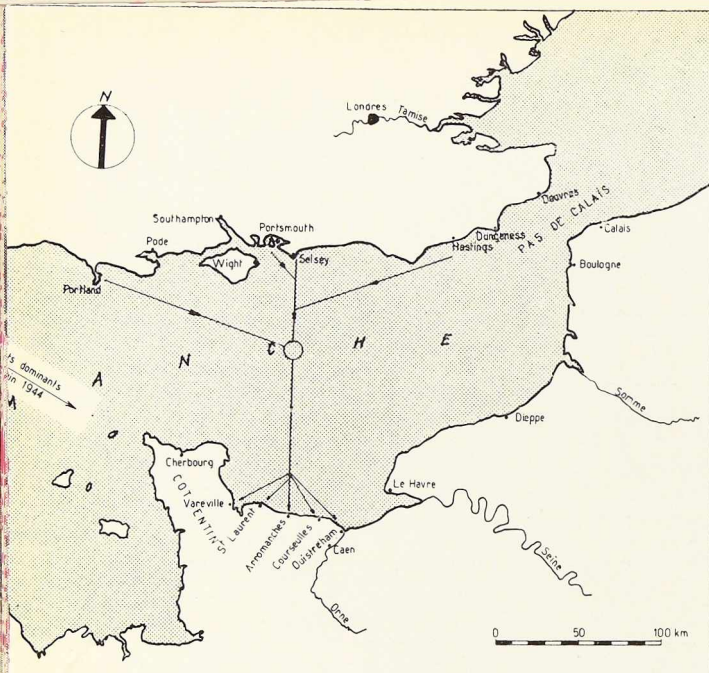


Fig. 1. Concentration et remorquage des éléments de port artificiel lors du débarquement allié en Normandie en juin 1944.

vées métalliques de ce matériel, ainsi qu'un certain nombre de flotteurs en acier « Bettles ». Ce matériel très précieux et très robuste permit aux Ponts et Chaussées de France de reconstruire, entre 1945 et 1948, plus de soixante ouvrages d'art importants.

Grâce aux cinq plages de débarquement ainsi réalisées en Normandie, il fut débarqué :

— Le premier jour : cinq divisions (3 britanniques et 2 américaines), avec leur matériel.

— Après dix jours : 500 000 hommes avec leur matériel.

— Après vingt-cinq jours : 1 500 000 hommes, 340 000 véhicules et 750 000 t de matériel.

— Après cent jours : 2 200 000 hommes, 450 000 véhicules et plus d'un million de t de matériel (Cherbourg avait été pris et remis partiellement en état, entre-temps).

fabrication des quais d'accostage ou « Whale Piers ».

Plus de 500 travées de route flottante sur caissons métalliques « Bettles » furent mises en fabrication pour constituer quelque 13 000 m de jetée flottante : toute la charpente métallique était en acier à haute limite d'élasticité et assemblée presque exclusivement par rivure.

Après la capitulation de l'Allemagne et pour hâter la reconstruction des nombreux ponts détruits, l'Armée anglaise céda à la France 183 tra-

3. Les « Bombardons » métalliques pour brise-lames préfabriqués

Il a été décrit précédemment l'usage que firent les Alliés, pour constituer leurs brise-lames, d'une part des « Blockships » ou vieux navires sabordés, et, d'autre part, des « Phenix » ou caissons en béton armé, coulés également, qui furent employés en très grande partie en Normandie en 1944. Il y a cependant intérêt, dans certains cas,

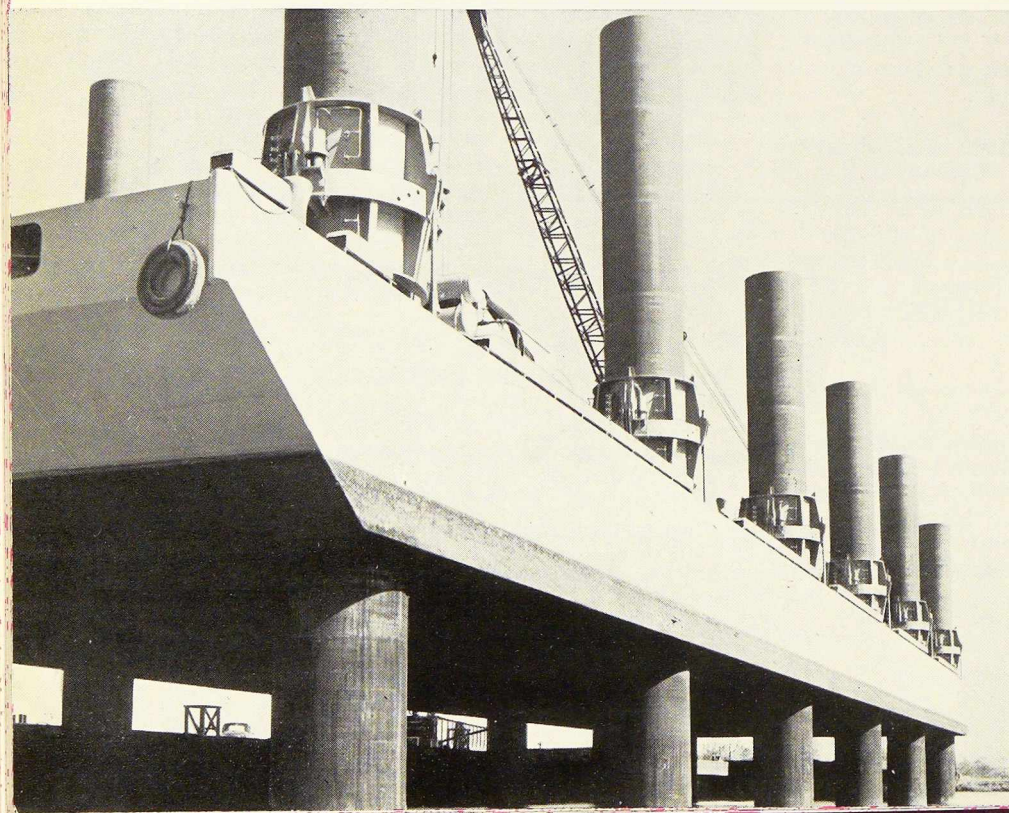


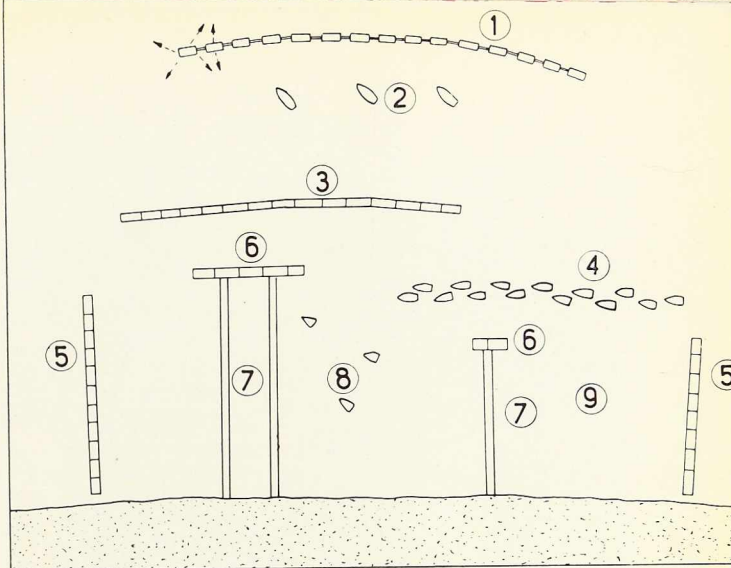
Fig. 2. Docks flottants métalliques construits par la U. S. Steel Corporation pour l'Armée américaine. Le dispositif comportant de gros tubes au caisson et des crics à air est remorqué vers l'endroit des opérations. Les crics grimant le long des caissons soulèvent la coque à hauteur des jetées. Après avoir été immobilisée, la coque peut servir de dock. Sa mission accomplie, le dispositif mobile peut, en quelques heures, être descendu sur l'eau et remorqué vers un nouvel endroit.

Fig. 3. Schéma d'un port préfabriqué.

1. Brise-lames flottant en flotteurs « Bombardons ». — 2. Cargos au mouillage. — 3. Brise-lames fixe en caissons « Phoenix » coulés. — 4. Brise-lames fixe en « Blockships ». — 5. Quais d'accostage transversaux en caissons « Phoenix » coulés. — 6. Quais d'accostage sur béquilles ou « Whale Piers ». — 7. Routes flottantes - ponts métalliques sur flotteurs « Bettles » ou tapis synthétiques de « Swissroll ». — 8. Caboteurs au mouillage. — 9. Landing ships au mouillage.

à vouloir protéger ces brise-lames mêmes contre l'assaut des vagues du large par des constructions, flottantes cette fois, qui, placées à quelque distance de cette ligne de navires ou de caissons coulés, brisent la force des lames et atténuent leurs effets de destruction (fig. 3).

Or, on constate que si un radeau lourd flottant sur la mer n'a pas sa période de roulis en phase avec la périodicité des vagues qui l'assailent, la mer est nettement calmée derrière ce radeau et les crêtes déferlantes des vagues disparaissent. On mit à profit cette constatation pour construire de vastes radeaux constitués de la façon suivante. Trois cylindres métalliques de 70 m de longueur sur 5 m de diamètre, étaient assemblés côte à côte et supportaient une quille verticale de béton de 750 t, dont la partie supérieure émergeait de six pieds (1,80 m). On devait ancrer ces radeaux au large de chaque port artificiel par 20 m de fond et les placer bout à bout, de façon à fournir un brise-lames de quelque 1 600 m; on espérait ainsi diminuer la force des vagues de 40 %. On construisit 115 « Bombardons » de façon à cons-



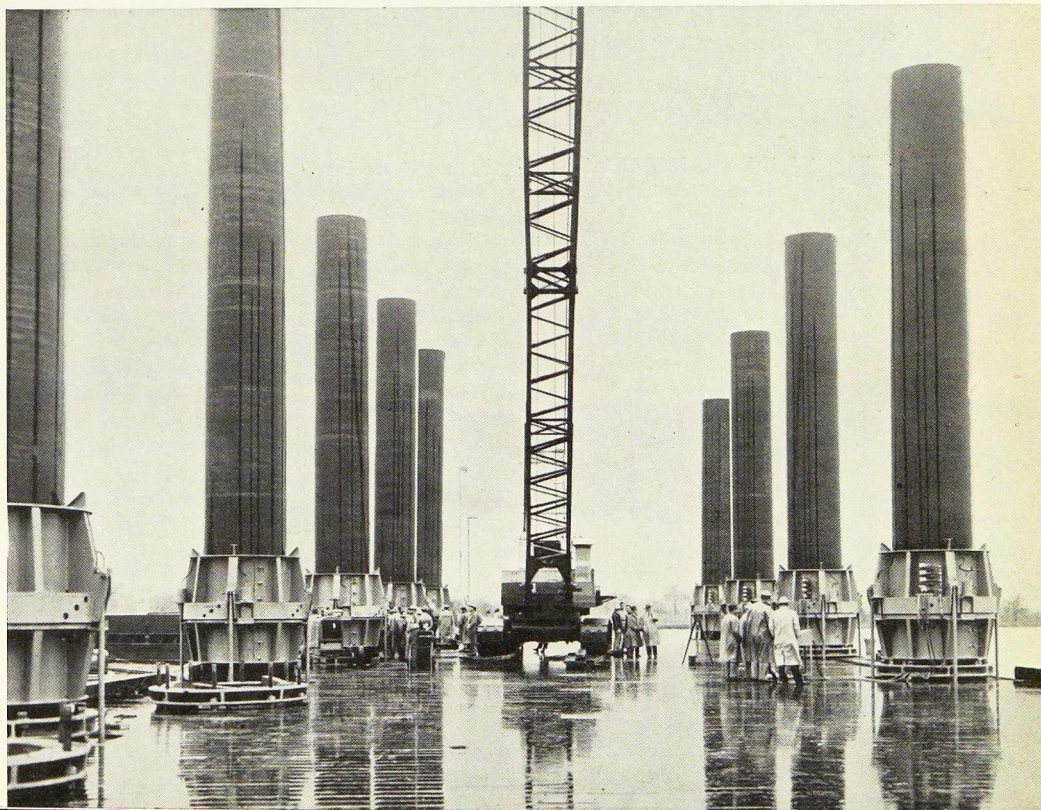
tituer les $5 \times 1\,600$ m de môle flottant prévu. Ces files de « Bombardons » furent placées à près de 1 km au large des files de caissons en béton coulés.

La fabrication de ces flotteurs exigea 6 000 ouvriers, et leur assemblage 2 000; elle absorba quelque 15 000 t d'acier.

A l'usage, ces « Bombardons » métalliques se révélèrent très efficaces, là où ils furent très soigneusement ancrés et surveillés. Leurs dimensions avaient été calculées pour le cas particulier de leur emploi dans la Manche où, par vent fort, les lames peuvent atteindre une longueur de 80 m.

Fig. 4. Le pont du quai d'accostage : on y voit les crics annulaires à air et à commande électrique permettant de soulever ou d'abaisser les douze pieds. Au centre, une grue d'exploitation portuaire, sur chenilles.

Documents « U. S. Information Service ».



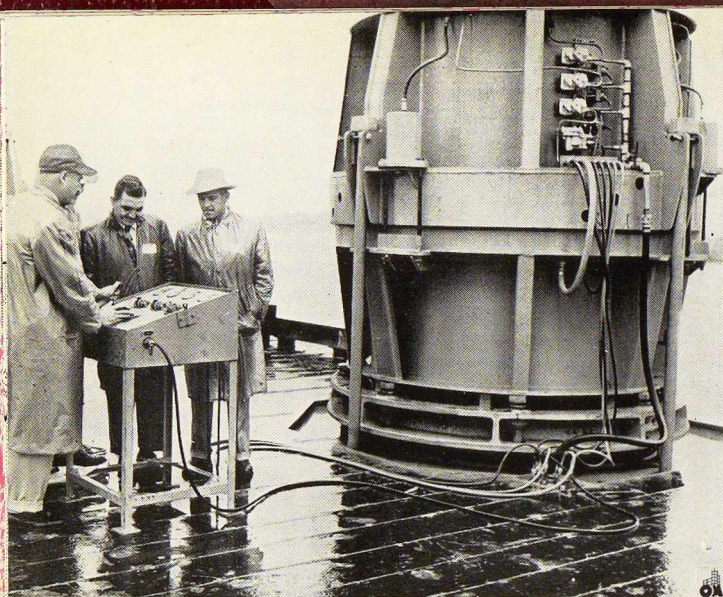


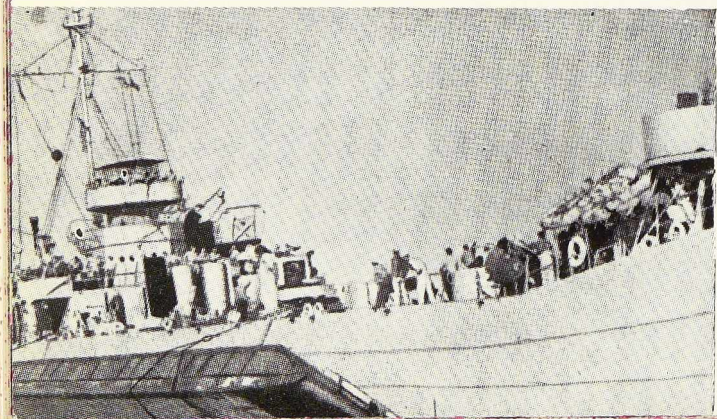
Fig. 5. Cric annulaire à air, actionné par un tableau de distribution électrique (voir aussi fig. 2 et 4). Document « U. S. Information Service ».



Fig. 6 (ci-dessus). Une phase de la construction d'un quai d'accostage au moyen de « dodécapodes » lors de la création de la Base aérienne américaine de Thulé (Groenland).

Fig. 7 (ci-dessous). Le long d'un navire est arrimé un tronçon de « causeway » en caissons T6 et T7; grâce à des derricks, le tronçon est largué et mis à l'eau.

Cliché « Institut Géographique Militaire ».



4. Les nouveaux quais d'accostage métalliques américains

En Normandie, il fut employé pour constituer les quais d'accostage, soit des caissons en béton armé, pontés et coulés, appelés « Phenix », soit des quais d'accostage métalliques à quatre béquilles, appelés « Whale Piers » ⁽¹⁾. La description de ces éléments est suffisamment connue. Depuis la guerre, de nombreuses recherches ont été faites, tant en Angleterre qu'aux Etats-Unis d'Amérique; de grands progrès et des réalisations concrètes ont été obtenues dans le domaine des quais d'accostage préfabriqués.

Le « Transportation Corps » des Etats-Unis a mis au point un quai mixte, c'est-à-dire, mi-flottant, mi-fixe de toute nouvelle conception. Chaque élément de quai est un caisson construit entièrement en acier, d'une longueur de quelque 60 m sur une largeur de 20 m. Le caisson-radeau est muni de deux rangées de grands tubes cylindriques creux en acier qui constitueront béquilles d'appui sur le fond de la mer. Chacun de ces tubes traverse le corps du caisson et peut y coulisser, grâce à un jeu de crics-couronnes à air comprimé, actionnés à l'électricité. Un tableau de distribution installé dans un coin du caisson permet d'actionner, isolément ou simultanément, les crics circulaires des béquilles.

Pour la navigation, le caisson-radeau remonte ses douze béquilles qui se dressent au-dessus du pont d'acier comme autant de colonnes gigantesques. Arrivé sur place, le radeau s'immobilise et par le jeu des crics, descend jusqu'au fond de la mer les quatre béquilles d'angle sur lesquelles le caisson finit par s'appuyer solidement. A ce moment, on actionne isolément les crics des autres béquilles de façon que chacune de celles-ci vienne à son tour reposer sur le fond de la mer et contribuer à soutenir le caisson qui, de flottant, est devenu fixe.

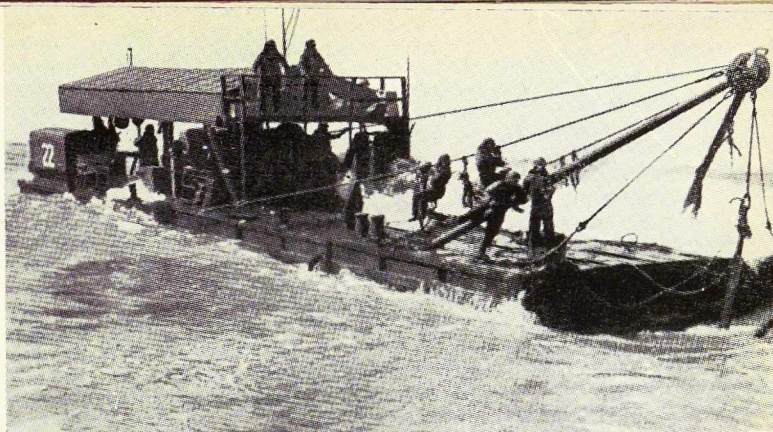
Grâce aux crics, on peut faire suivre au caisson-quai, le jeu des marées ou même régler sa hauteur d'après la hauteur des ponts des navires qui viennent s'y ranger pour déchargement.

Après utilisation, il suffit de rentrer les béquilles pour rendre à nouveau le quai flottant et l'amener par remorquage vers d'autres destinations et usages. Par mer très calme et soumise à de faibles variations de marée, le quai peut évidemment être employé sous sa forme flottante.

Au cours des trois mois de l'été arctique de 1952, la U. S. Navy et les U. S. Sea-Bees (Génie de la Marine) en étroite collaboration, ont procédé à la construction d'une puissante base aérienne à

⁽¹⁾ Whale Pier = jêlée pour baleine; voir leur description dans *L'Ossature Métallique*, n° 3/4-1945.

Fig. 8. Une barge à fond plat, constituée de caissons T6 et T7 est équipée d'un puissant moteur avec treuil et d'un propulseur hors-bord; ce remorqueur improvisé sert ici à jeter et à lever les ancrs des « causeway ».



Thule (Groenland). L'opération s'appela « Blue Jay » et devait débiter par la création d'un véritable port artificiel, dans un site particulièrement difficile, tant comme terrain que comme climat. Il semble que ce fut là qu'on expérimenta pratiquement et avec succès les « dodécapodes » nouvellement inventés. La figure 6 montre une phase de la construction d'un quai d'accostage. A l'extrémité gauche, un élément de quai est en place; on remarque nettement que les six pieds du côté du large sont posés sur des fonds plus profonds que les six pieds du côté du rivage. Un puissant remorqueur amène un second élément de quai en se frayant un chemin à travers les glaçons flottants. Une digue constituée de terres et de débris rocheux amenés par camions-bennes, formera jetée d'accès et est en voie d'achèvement. Une fois terminé, ce quai d'accostage en dodécapodes métalliques, aura quelque 300 m de longueur et permettra de décharger simultanément deux « Liberty-ships ». Des mesures spéciales de protection contre les glaces flottantes et la poussée des glaçons dérivants seront prises.

Le principe de ces quais d'accostage mixtes semble devoir trouver une nouvelle application intéressante dans la construction de docks ou cales sèches flottantes pour navires et barges de débarquement d'assez faible tonnage. On imagine aisément ces embarcations avariées s'introduisant dans la cale d'un caisson-écluse flottant de ce genre. La porte de l'écluse s'étant refermée, le caisson sort ses béquilles, s'appuie sur le fond de la mer et fait remonter l'écluse au-dessus du niveau de l'eau. On vide l'écluse de l'eau de mer qu'elle contient et le bateau endommagé s'y retrouve à sec, prêt à subir les réparations nécessaires.

Les figures 2, 4, 5 et 6 donnent une idée de la grandeur de ces quais préfabriqués et de leurs intéressantes possibilités, même en temps de paix.

5. Les « Causeways » ou jetées d'accès métalliques préfabriquées (fig. 7 à 14)

Pour relier les quais d'accostage au rivage, sur

Fig. 10. Des « Seave-bees » (Génie de la Marine) amènent par flottaison au rivage des éléments de « causeway »; on remarque l'élément de rive, muni de caissons T7 d'extrémité pour constituer rampes.

Clichés « Institut Géographique Militaire ».

une distance qui, en Manche par exemple, peut atteindre 1 000 m, il faut des routes ou jetées d'accès flottantes suffisamment souples et exten-

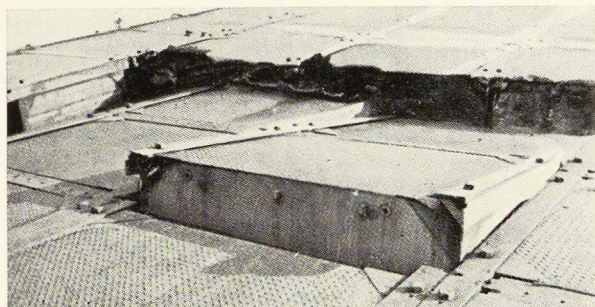


Fig. 9. Vue de la surface d'une jetée de caissons T6. La tempête a endommagé la jetée et a rendu plus apparents les fers cornières d'angle et les caissons T6; la surface est gaufrée et antidérapante.

sibles pour que l'agitation des vagues dans le port n'en secoue pas les éléments au point de les désarticuler et avarier. En juin 1944, les Britanniques employèrent de véritables ponts métalliques sur flotteurs spéciaux métalliques « Bettles »; ce matériel a été décrit précédemment dans cette revue.

Les Américains se sont efforcés, eux, de mettre au point un matériel plus simple et aussi robuste, mais d'un usage moins limité, plus universel que celui de leurs alliés de Grande-Bretagne. Ce matériel possède aussi l'avantage d'être plus



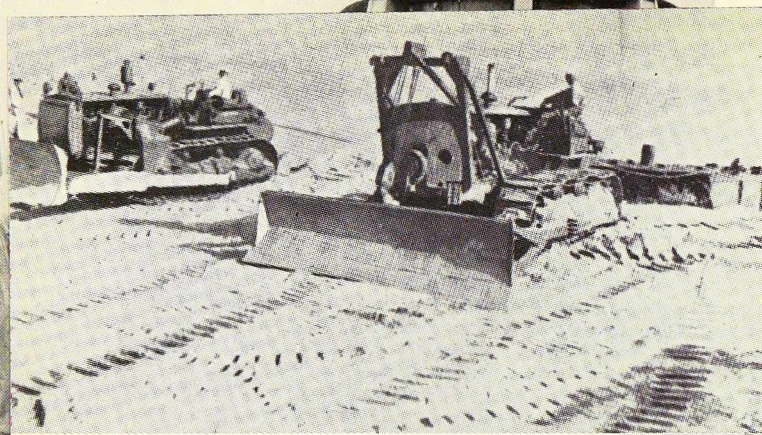


Fig. 11. Des éléments de « causeway » sont tirés sur le sable sec par des bull-dozers; à la marée haute, ils flotteront.

transportable, démontable et remontable par de la main-d'œuvre peu ou pas spécialisée. Ils ont mis au point et expérimenté largement en pratique (notamment en Corée) leurs fameuses « Causeways » ou *chaussées flottantes*, constituées de pontons d'acier T6 et T7, entièrement soudés et étanches.

Il existe deux types de pontons T6 (fig. 9).

— Le ponton parallélépipédique de 7' \times 5' (2,10 m \times 1,50 m) et de 5' (1,50 m) de tirant d'eau.

— Le ponton parallélépipédique de 7' \times 7' (2,10 m \times 2,10 m) et de 5' (1,50 m) de tirant d'eau.

Les caissons T7 ont les mêmes dimensions, mais une face latérale est aménagée en biseau, de façon à constituer éléments de proue dans la construction de barges ou de radeaux, en vue de faciliter la navigation. Ces caissons T7 peuvent également former rampes à l'extrémité des jetées (fig. 7 et 10).

L'assemblage des caissons se fait au moyen d'agrafes d'angle et de fers plats d'assemblage boulonnés (l'un sur l'arête des plats-bords et l'autre juste sous la ligne de flottaison).

Fig. 12. Une jetée flottante en caissons T6 est mise en service. Un LST (Landing Ship Tanks) vient s'y amarrer.

Clichés « Institut Géographique Militaire ».

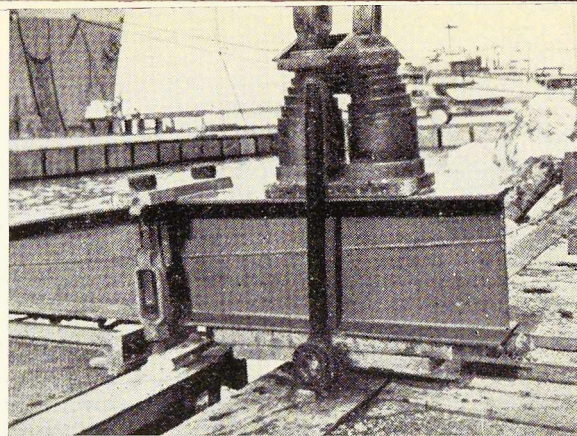
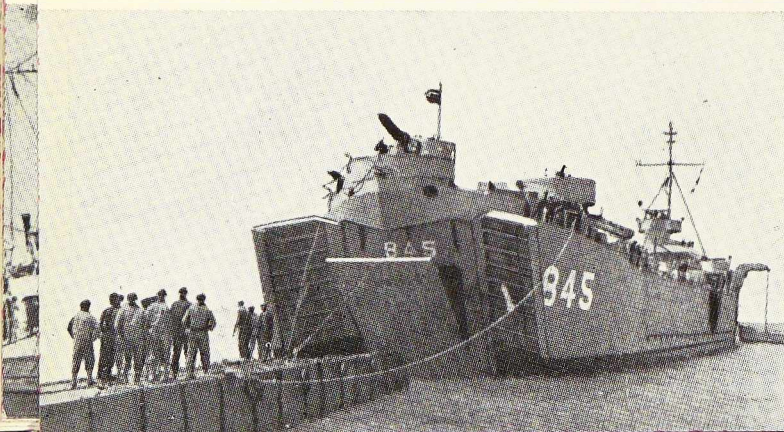


Fig. 13. La connexion « Hensen » ou « absorbeur de chocs ». Elle relie d'une manière élastique l'extrémité flottante de la jetée de pontons T6 au bord d'un quai fixe.

Tous ces pontons ou caissons sont solidement armaturés et contreventés intérieurement : les parallélépipèdes pèsent respectivement 1 200 et 1 500 kg et ont une force portante de 3 et 4 t.

Assemblés en deux rangées de douze caissons, ils forment de vastes barges de 18 m sur 4,20 m dont la propulsion peut être assurée par deux moteurs hors-bord fixés sur châssis spéciaux à la poupe.

Chaque barge ainsi constituée est transportée verticalement contre le flanc des LST⁽¹⁾ (fig. 7). Mises à l'eau par les derricks du LST ou par grue flottante, ces barges constituent autant de sections de chaussée flottante qu'un remorqueur peut mettre en place; ce même remorqueur (fig. 8) peut assurer le mouillage des ancrs de la chaussée. Des bulldozers achèvent la mise en place sur le sable des derniers tronçons de chaussée (fig. 11).

Ces chaussées conviennent particulièrement pour le déchargement des LST, et autres bateaux de débarquement à proue ouvrante. Le jeu des marées ne fait que soulever puis redéposer, sur la plage, la chaussée flottante, sans la disloquer ni l'abîmer.

Dans le cas où la jetée de caissons aboutit non plus à une plage mais à un quai fixe existant, il faut trouver un dispositif de connexion jetée-quai qui, au lieu de résister aux effets de choc des vagues, les absorberait.

On imagine la connexion « Hensen » (fig. 13) qu'on appelle aussi absorbeur de chocs.

C'est une poutre I en acier, soudée sur l'extrémité du bord de la chaussée de pontons; le bout de cette poutre est muni d'un double ressort puissant dont les têtes solidarisiées servent de point de suspension à une grosse barre formant pendule, et solidaire du corps mort de culée du

(1) L. S. T. = Landing Ship Tanks (navire de débarquement de tanks).

quai. Ainsi les variations de marée et l'action de fortes vagues ont pour effet de faire glisser la poutre en va-et-vient sur le corps mort, sur une longueur de plusieurs pouces.

Les assemblages que les « Sea-bees » peuvent faire au moyen des caissons T6 et T7 sont extrêmement variés; ils en constituent des quais (fig. 11), des ponts flottants sur rivières, des jetées ou embarcadères (fig. 12), des remorqueurs et des chalands à matériel, des barges pour grue flottante (fig. 14), même des docks flottants pour navires de petit tonnage.

Les usages variés qu'ils parvinrent à faire de ce matériel, amenèrent les Américains à appeler ces caissons flottants des « Magic Boxes » ou « boîtes magiques ». Ils en tirèrent un rendement consi-

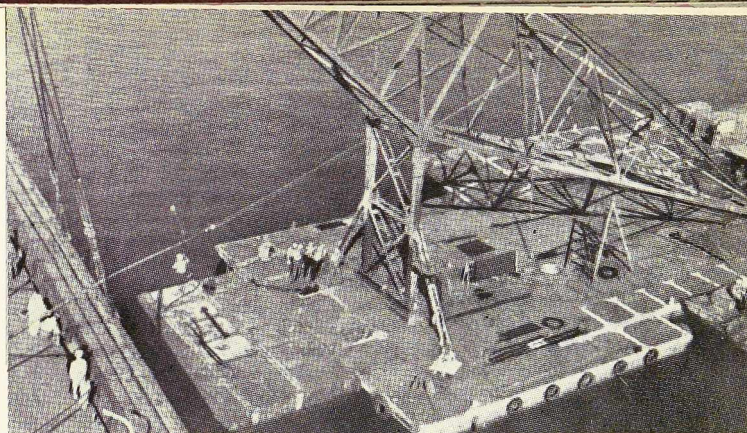


Fig. 14. Un radeau de caissons T6 est équipé d'une grue métallique pour exploitation portuaire.

Cliché « Institut Géographique Militaire ».

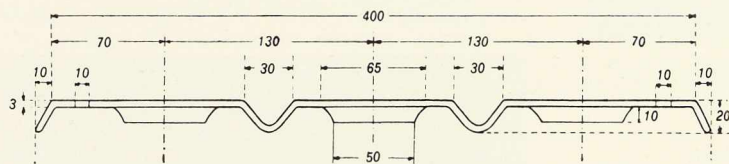


Fig. 15. Plaque de « Pierced Steel Planks » (P. S. P.). Longueur : 3 m.

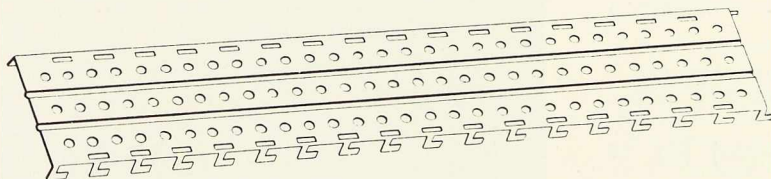


Fig. 16. Détail de jonction de deux plaques de P. S. P. Le crochet-baïonnette d'une plaque engagé dans l'œil rectangulaire de l'autre plaque, y est calé par l'agrafe spéciale à ressort.

Document « Aviation Engineers ».

dérable dans nombre d'opérations de débarquement.

6. Les revêtements métalliques préfabriqués pour routes et pistes sur plage

Dans la plupart des débarquements, il faut s'attendre, une fois que les chars et les véhicules ont atteint le rivage, à surmonter de nouvelles difficultés.

— Franchir une bande de sable humide soumise à marée et de consistance variable d'une heure à l'autre;

— Franchir une bande de sable sec se prolongeant parfois par un cordon dunaire ou une falaise verticale dans laquelle des brèches chaotiques auraient été créées par bombardements;

— Derrière les dunes ou les falaises, franchir des polders marécageux ou un plateau aux routes et pistes rares ou insuffisantes pour le lourd trafic prévu.

Il faut donc préfabriquer des revêtements de routes ou pistes, les transporter par bateaux jusqu'au rivage et les faire mettre en œuvre rapi-

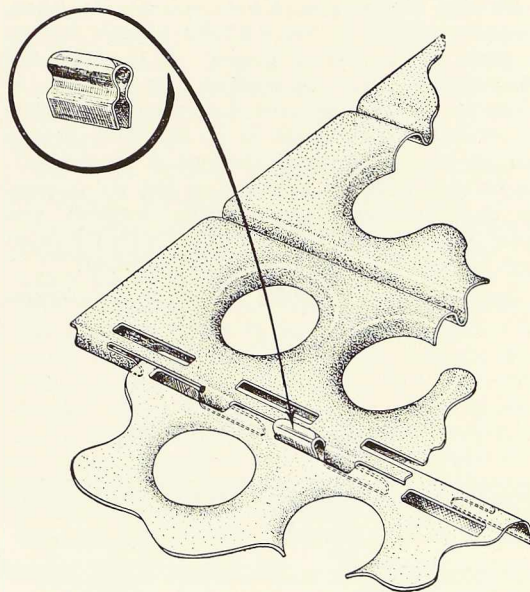




Fig. 17. Rouleau de treillis « Sommerfeld Track » déroulé sur le sable d'une plage, permettant le passage aisé des véhicules à roues débarqués.

exige donc 225 plaques dont le poids est de l'ordre de 7 t.

b) Les « Heavy Bar and Rod Mats » et les « Light Bar and Rod Mats » (fig. 19)

Ce sont des panneaux de quadrillages carrés constitués de lattes verticales et de fers ronds, soudés perpendiculairement les uns sur les autres. Ces panneaux ont 12' sur 3' (3,60 m sur 0,90 m).

Le panneau lourd pèse environ 65 kg, le panneau léger environ 30 kg. On les transporte en bottes, respectivement de 14 ou de 30 panneaux.

Pour constituer une section de route de 3,60 m \times 90 m, il faut 100 panneaux, soit environ 6,5 t de panneaux lourds ou 3 t de panneaux légers.

dement par des unités de construction du Génie. Il existe actuellement quatre solutions :

- a) Les revêtements métalliques;
- b) Les revêtements de nature végétale;
- c) Les revêtements de nature minérale;
- d) Les procédés chimiques de stabilisation rapide du sable des plages.

Nous ne décrivons ici que les revêtements métalliques préfabriqués pour routes et pistes.

a) Les P. S. P. (Pierced steel planks) (fig. 15 et 16)

Ce sont des plaques d'acier, percées de trous, pesant chacune 30 kg. Chaque plaque mesure 9 pieds \times 1 pied 3 pouces \times 1 pouce $\frac{3}{4}$ (2,80 m \times 0,40 m \times 0,04 m d'épaisseur). Les bords de ces plaques sont garnis respectivement de crochets à baïonnette et de douilles, permettant de les solidariser solidement et rapidement. Le transport de ces plaques se fait en paquets de cinq plaques; cinq paquets forment une liasse qui pèse environ 800 kg et qu'un camion grue ou un char grue décharge aisément.

Une piste de 100 yards (90 m) de ces plaques



Fig. 18. Pose de « Sommerfeld Track » sur une plage. Deux rouleaux de Sommerfeld sont déroulés parallèlement, côte à côte, de façon à former double piste de roulement. Le même fer plat longitudinal est passé dans les œillets d'extrémité des fers ronds transversaux. Des piquets-cornières courts fixent ce fer plat dans le sable.

Document « Aviation Engineers ».

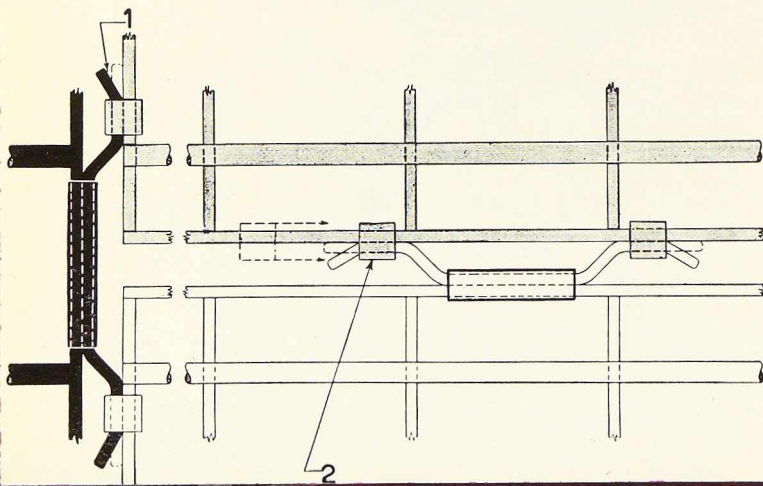
c) Les « Irving grid mats »

Ce sont des panneaux constitués d'un quadril-

Fig. 19. Assemblage de panneaux de « Heavy Bar and Rod Mats » (quadrillages lourds de lattes et de ronds) par connecteurs spéciaux métalliques.

1. Barres pliées. — 2. Connecteurs.

Documents « Aviation Engineers ».



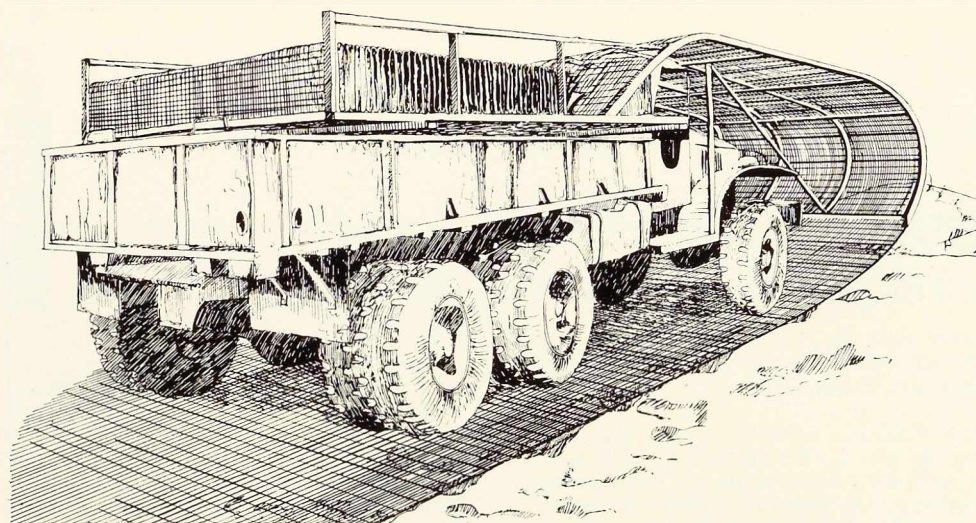


Fig. 20. Un camion poseur de treillis de l'armée américaine. Le treillis se déroule au fur et à mesure de la progression et permet aux véhicules de suivre aisément, sans risque d'enlèvement.

Dessin de **Henri Evenepoel**.

lage en losange de fers ronds sur lequel sont encore soudés des fers ronds longitudinaux. Ces panneaux ont 12'6" sur 1'10" (3,75 m sur 0,55 m).

Un panneau pèse 60 kg et on les transporte en bottes de 16 panneaux.

Une section de route de 3,75 m \times 100 yds (90 m), demande 140 panneaux, soit quelque 8,4 t de matériel.

d) Les T. S. M. (Track square mesh)

Ce sont des rouleaux de gros treillis de 8 mm, de 2,20 m (7'3") de largeur sur 23,50 m de longueur, pesant chacun 290 kg. L'assemblage des rouleaux sur le sol se fait au moyen d'agrafes spéciales.

Une piste de 100 yds (90 m) de TSM pèse 1 310 kg et peut être déroulée et fixée au sol par une équipe de dix sapeurs en 75 minutes.

e) Les « Sommerfeld Tracks » (fig. 17 et 18)

Ce sont des rouleaux de treillis de poule; des fers ronds transversaux avec œillets d'extrémité sont placés tous les 30 cm dans ce treillis pour en augmenter la résistance à l'usure et à l'enfoncement dans le sol. Chaque rouleau a 3,25 m (10'7") de largeur sur 23,50 de longueur. Le rouleau une fois posé et déroulé sur le sol, on glisse de longs fers plats dans les œillets d'extrémité des fers ronds transversaux et on fixe ces fers plats au sol par des piquets courts en acier.

Une piste de 100 yards (90 m) de Sommerfeld Tracks pèse 1 900 kg et peut être déroulée et

fixée au sol par une équipe de dix sapeurs en 75 minutes.

f) Les véhicules poseurs de pistes métalliques

Au cours de démonstrations de débarquement organisées par la marine américaine à Quantico (Virginie) en 1949, un nouveau système rapide de pose de piste métallique fut présenté. Un char amphibie spécial transportait du navire jusqu'à la plage un énorme rouleau de treillis métallique et l'y déposait. Un camion équipé spécialement venait se placer derrière ce rouleau et le poussant devant lui, le déroulait sur le sable et constituait ainsi une piste solide pour les véhicules suivants.

Un autre système nouveau de pose rapide de revêtement métallique est le suivant (fig. 20).

Un camion-benne est amené par un véhicule de débarquement jusqu'au rivage. Il porte dans sa benne un long tapis en treillis métallique renforcé de barres transversales (sorte de Sommerfeld track) et plié à la façon d'un accordéon. La partie antérieure du camion est équipée d'un châssis en tubes métalliques de forme semi-cylindrique. Arrivé sur la plage, les roues motrices avant du camion prennent appui sur l'extrémité du tapis; le camion en avançant, déroule automatiquement l'accordéon de treillis métallique et ses roues jumelées arrière le plaquent et l'incrumentent dans le sable mouillé ou sec de la plage.

W. Ch. B.

Bibliothèque

Nouvelles entrées (1)

Wesen und Formen der Werbung (Essence et formes de la publicité)

par Carl HUNDHAUSEN.

Un volume relié de 304 pages, format 16 X 24 cm, illustré de 16 figures et schémas. Edité par W. Girardet, Essen, 1954.

La Maison d'édition Girardet a entrepris, sous la direction de Dr. C. Hundhausen, la publication d'une série d'ouvrages appelée « Les éléments de la publicité ». Le présent volume est le troisième de la série. Les deux précédents avaient pour objet : *Publicité et concurrence à la lumière du droit*, par K. BUSSMANN et H. DROSTE, et *Les moyens de la publicité et leur présentation psychologique, artistique et technique*, par H. F. J. KROFF.

L'auteur du présent manuel est le Directeur du Centre allemand d'information de l'acier, à Dusseldorf. Il a publié plusieurs ouvrages et de nombreux mémoires sur la publicité et l'analyse des marchés, basés surtout sur une longue expérience personnelle acquise aux Etats-Unis. Nous n'en rappellerons ici que l'intéressant article paru dans *Stahl und Eisen*, du 9 novembre 1950, sous le titre « Publicité et *Public Relations* de l'industrie sidérurgique américaine ».

La publicité est ici érigée en une science exacte qui a ses principes et ses lois et au sujet de laquelle de vastes enquêtes ont été faites, notamment aux Etats-Unis. L'auteur, après une étude théorique des besoins du marché, de l'essence et des fonctions de la publicité, en expose les principes, les moyens d'expression et les résultats. Il s'étend particulièrement sur l'annonce publicitaire qui, aux Etats-Unis, absorbe 50 % de l'ensemble des dépenses consacrées à la propagande industrielle.

J. J. T.

Stahl im Hochbau (L'acier dans la construction métallique)

Un volume relié de 940 pages, format 16 X 23 cm, illustré de nombreux tableaux et de plus de 400 figures. Edité par *Verlag Stahleisen*, Dusseldorf, 12^e édition, 1953. Prix : 40 D.M.

(1) Tous les ouvrages analysés sous cette rubrique peuvent, soit être consultés en la salle de lecture du C. B. L. I. A., 154, avenue Louise à Bruxelles, soit être envoyés en communication sur demande.

Le C. B. L. I. A. est à la disposition des lecteurs pour leur procurer les ouvrages qu'ils voudraient acquérir.

La parution de la 12^e édition de ce remarquable aide-mémoire sera accueillie avec intérêt par les calculateurs et les réalisateurs de constructions métalliques. L'augmentation substantielle du nombre de pages (135 en plus) a permis d'apporter d'intéressantes et utiles modifications, et d'introduire des éléments entièrement nouveaux par rapport à l'édition précédente. Citons notamment : Détermination du centre de glissement des profils en U — Indication des entredistances des trous de rivets pour les cornières rivées — Tableaux des caractéristiques des sections annulaires — Nombreuses pages consacrées à la DIN 4114 relative au flambage et au voilement — Développement du chapitre sur l'action du vent — Calcul des éléments comprimés à paroi mince — Prescriptions et normes concernant les appareils et ouvrages d'exploitation des mines — Tableaux pour la détermination rapide de la flèche maximum d'un double T pour de nombreux cas de sollicitation et d'appui — Nouveaux tableaux pour le calcul des moments et des flèches des poutres continues — Organisation et résistance des linteaux de porte et de fenêtre — Tableaux pour le calcul des mâts en profilés ou en tubes — Constructions légères en acier pour planchers, toitures, coffrages, etc. (chapitre entièrement nouveau) — Organisation des échafaudages — Tableaux de la résistance des points soudés, etc.

Signalons encore, en supplément, une importante contribution à l'étude de la flexion et la torsion des barres prismatiques à paroi mince (notion du centre de glissement).

Dans chaque chapitre, les DIN relatives à la matière présentée, sont citées, soit en partie, soit entièrement, spécialement celles parues depuis la dernière édition de l'aide-mémoire, ou actuellement encore en projet.

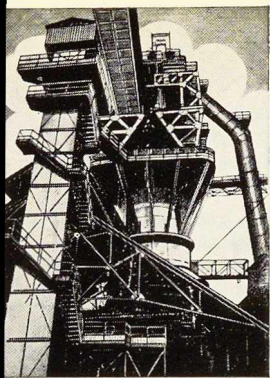
H. S.

Beton-Kalender 1953 (Agenda du béton), vol. I et II, 42^e édition

Deux ouvrages de 760 et 440 pages, format 10 X 15 cm, illustrés de 1 162 pages. Edité par W. Ernst & Sohn, Berlin, 1953. Prix : 16 D.M. (les 2 volumes).

L'agenda allemand *Beton-Kalender* contenant de nombreux renseignements intéressant le béton et ses applications, en est actuellement à sa 42^e édition.

La nouvelle édition contient notamment des données supplémentaires sur les escaliers, les voiles minces, les cintres en tubes d'acier, etc.



Les aciers Thomas à l'oxygène

Leur fabrication industrielle et leurs domaines d'application ⁽¹⁾

Jean Wurth,
Directeur général adjoint
de la S. A. John Cockerill

I. BASES ÉCONOMIQUES ET TECHNIQUES DE L'ÉVOLUTION DU PROCÉDÉ THOMAS

Nous assistons, en ce moment, dans certaines aciéries Thomas, à une évolution rapide des procédés de fabrication et nous voyons apparaître sur le marché des aciers dits : aciers à l'oxygène.

Quelles sont les raisons qui déterminent cette évolution ? Qu'est-ce qu'un acier à l'oxygène et quelles sont ses qualités ? Telles sont les questions que je me propose d'aborder devant vous.

Dans tous les domaines industriels, le progrès technique impose aux matériaux utilisés des qualités sans cesse améliorées. Les aciers n'échappent pas à cette règle. En raison des progrès considérables réalisés par leurs concurrents dans les pays anglo-saxons, aux Etats-Unis en particulier, les sidérurgistes européens se sont vus placés devant l'impérieuse nécessité de perfectionner leurs procédés, sous peine de subir un amenuisement désastreux de leurs débouchés.

On sait que le choix du procédé employé pour la fabrication de l'acier est le plus souvent imposé par des impératifs inéluctables.

Le fer chargé dans les fours d'aciérie provient soit de minerais réduits dans les hauts fourneaux, soit de riblons. Ces derniers parcourent un cycle fermé partant de l'aciérie et y retournant après un temps plus ou moins long et ne sont pas disponibles en quantités suffisantes. C'est donc le haut fourneau qui est le principal fournisseur de fer. La composition de la fonte qu'il produit dépend des minerais qu'il consomme et c'est la teneur en P qui impose à l'aciériste le choix du procédé d'affinage.

Les fontes à basse teneur en P sont économiquement affinées dans les fours à sole (fours électriques, mais

principalement fours Siemens-Martin) opérant avec un laitier liquide. Le procédé est lent, trop lent pour éliminer de grosses quantités de P, mais fournit des produits d'excellente qualité. En Belgique, ces fours ne sont utilisés qu'en charge solide, c'est-à-dire charge de riblons.

Un procédé nouveau dénommé L. D. (Linz-Donawitz) transforme la fonte en acier par soufflage superficiel d'O pur. Il ne tolère pas, à notre connaissance, les hautes teneurs en P dans la fonte.

Les minerais dont nous disposons ne permettent de produire que des fontes à teneur élevée en P et pour les affiner économiquement, nous ne pouvons employer, jusqu'ici, que le seul procédé Thomas. L'affinage s'effectuait, jusqu'à ces derniers temps, au moyen d'un courant d'air traversant le bain, et au moyen d'une scorie qui ne devient liquide qu'en fin d'opération.

Il est hors de doute que l'acier Thomas classique, tel qu'il est fabriqué par la plupart des aciéries d'Europe occidentale, répond parfaitement aux conditions imposées pour de nombreux usages. Pour ces fabrications, la seule amélioration à rechercher doit tendre vers l'obtention d'une régularité parfaite dans la qualité des produits, condition à remplir d'ailleurs dans toutes les fabrications, ne fût-ce que pour des raisons de prix de revient.

Il est un domaine cependant dans lequel nous devons reconnaître la supériorité de l'acier Martin : le façonnage à froid de l'acier doux Martin est plus aisé que celui de l'acier Thomas classique; l'emboutissage profond des tôles, l'étrépage des ronds et du fil, la fabrication de produits de tréfilerie, font apparaître certaines déficiences de l'acier Thomas classique.

Or, dans le programme de fabrication des usines liégeoises, les produits destinés à ces usages tiennent précisément une très large place. Ce n'est donc pas par un effet du hasard que nous avons vu, principalement les usines liégeoises lancées dans les recherches et réalisations visant et obtenant le perfectionnement du procédé Thomas.

(1) Conférence faite devant la Société Royale Belge des Ingénieurs et Industriels le 17 février 1954.

Les recherches mentionnées dans cette conférence ont été exécutées sous l'égide de l'Institut pour l'Encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture (I. R. S. I. A.).



Se détachant des erreurs individualistes du passé, les trois sociétés sidérurgiques de Liège, que sont venues renforcer plus tard les sociétés luxembourgeoises, ont uni leurs efforts. Dans le cadre du C. N. R. M., la section liégeoise de cette association a mené à bien de vastes recherches qui ont permis la mise au point de procédés pratiques utilisés industriellement à l'heure présente. L'appui financier de l'I. R. S. I. A. et l'appui moral que nous ont dispensé M. Henry, Directeur de cet Institut, et M. Theys, Secrétaire général, ont constitué des conditions déterminantes de cette réussite.

Examinons maintenant l'aspect métallurgique des perfectionnements apportés au procédé Thomas.

La différence entre certaines propriétés des aciers Martin et Thomas étant reconnue, il s'agissait d'abord d'en déterminer les raisons. L'action nocive, dans l'acier extra-doux, du P et du S est connue depuis longtemps. Elle ne pouvait cependant être seule en cause. Déjà en 1879, Allen et, en 1889, Tholander émirent l'hypothèse que la présence d'azote dans les aciers exerçait une grande influence sur leurs propriétés mécaniques. De nombreux métallurgistes ont, depuis, reconnu l'exactitude de ces vues. Lorsque les métallurgistes belges ont été placés devant le problème devenu aigu, ils ont conclu que c'était bien l'azote qui était l'ennemi, en compagnie de nos vieilles connaissances le S et le P et ils ont décidé de diriger leurs efforts vers l'élimination de ces trois éléments. Il s'agit de traquer des traces à peine décelables par l'analyse, puisque pour ces éléments on parle en termes de millièmes de pour-cent.

Je remarquerai, en passant, que l'une des causes du retard apporté à la chasse à l'azote réside dans le fait que ce n'est que peu de temps avant la guerre que des moyens pratiques d'analyse de cet élément ont été mis au point et ont fourni des résultats à l'abri du doute. Il faut pouvoir déceler l'ennemi avant de l'attaquer.

Le but étant fixé, les métallurgistes ont cherché à connaître le mécanisme de l'absorption de l'azote par le bain d'acier. L'azote peut se trouver déjà dans la fonte. Il y en a, en effet, mais heureusement, il est éliminé dans les premières phases de la conversion, lors de la combustion du Si et au début de la combustion du C. Par malheur, il tend à se réintroduire par après. Des chercheurs, dans tous les pays, ont établi les conditions qui favorisent la réintroduction d'azote dans l'acier, impureté qui provient de toute évidence de l'air insufflé. On a reconnu que la durée de l'opération, l'intimité du contact entre l'azote et le bain liquide mesurée par la pression partielle de l'azote dans la phase gazeuse, ainsi que l'élévation de la température du bain favorisent l'absorption de l'azote par l'acier.

Déjà en 1911, un métallurgiste, Andrew, avait reconnu que la teneur finale en N de l'acier était une fonction croissant avec la pression partielle de l'azote dans la phase gazeuse. Cette fonction a été déterminée plus tard par d'autres chercheurs.

En 1921, le Professeur Wust proposait de réduire la

hauteur du bain dans la cornue et de refroidir l'acier en fusion par des additions de riblons, en fin d'opération, donc d'agir sur la durée de l'opération et sur la température du bain. D'autres méthodes ont été mises en avant pour agir sur la pression partielle de l'azote :

1. Peu avant la guerre, des métallurgistes allemands proposèrent d'ajouter au bain des oxydes de fer qui, en fournissant une partie de l'oxygène demandé, diminuent la quantité d'air nécessaire à l'affinage, donc la quantité d'azote traversant le bain. C'est le procédé H. P. N.

2. On peut ajouter de la castine qui, en se décomposant, fournit du CO^2 lequel se décompose en $\text{CO} + \text{O}$. Une partie de l'O de l'air est ainsi remplacée; en plus, le CO formé vient diluer l'azote de la phase gazeuse.

Ces deux procédés ne permettent cependant pas de ramener à des valeurs très basses la teneur en azote de l'acier.

3. On peut enrichir en O le vent soufflé, diluant ainsi l'azote dans la phase gazeuse. Pourtant, à la fin du soufflage, l'oxygène étant absorbé par la combustion du P sans production de gaz, l'azote reste seul dans la phase gazeuse, du moins dans la partie supérieure du bain.

Malgré cette circonstance défavorable, les teneurs en N de l'acier ainsi produit sont sérieusement réduites.

J'ajoute tout de suite que les trois procédés peuvent être combinés. Nous verrons plus loin les résultats favorables ainsi obtenus.

4. La façon la plus radicale de diminuer la pression partielle de l'azote est de le supprimer dans la phase gazeuse. On obtient ce résultat en insufflant dans le bain un mélange composé d'oxygène pur mélangé à un gaz ou une vapeur exempts d'azote.

En Belgique, deux procédés de ce genre ont été expérimentés et sont entrés dans la pratique industrielle. L'un de ces procédés utilise un mélange d'oxygène et d'anhydride carbonique et l'autre un mélange d'oxygène et de vapeur d'eau surchauffée.

Les usines du C. N. R. M. de Liège n'ont pas employé le procédé oxygène + CO^2 . Nous ne sommes donc pas en mesure de vous fournir des renseignements originaux sur ce procédé. Nous signalons qu'un article publié dans une revue allemande a relevé l'excellente qualité de l'acier produit selon ce procédé⁽¹⁾.

Le C. N. R. M. de Liège s'est occupé du procédé oxygène + vapeur d'eau surchauffée. Des essais d'injection de vapeur d'eau dans le vent de soufflage en cours d'opérations normales avaient été effectués par une usine du bassin liégeois; c'est sur la base de cette tentative que les essais avec O pur et vapeur d'eau ont été entrepris.

Ce sont les aciers produits soit avec de l'air enrichi en O, soit avec un mélange d'oxygène et de CO^2 ou de vapeur d'eau, que l'on nomme communément les « aciers à l'oxygène ». Ces aciers se caractérisent tous

(1) Revue *Stahl und Eisen*, n° 23 du 6 novembre 1952, sous le titre *Das Frischen von Thomas-Roh Eisen mit Kohlendioxid-Sauerstoff-Gesamischen*, par Mayer, Knüppel et Därmann.

par une teneur en N réduite, mais variant dans d'assez larges limites selon le procédé de fabrication utilisé.

En sus de l'élimination de l'azote, les métallurgistes du C. N. R. M. se sont attachés à la réduction des teneurs en S et en P et c'est toute une gamme d'aciers répondant chacun à des conditions d'emploi bien déterminées qui peuvent actuellement être élaborés par nos usines.

Je ne m'étendrai pas sur l'évolution des recherches, de nombreuses publications fournissant à ce sujet tous les détails intéressants (cf. *Bibliographie* en dernière page de cet article). Je ne mentionnerai pas davantage les résultats des essais, me réservant de citer, dans un instant, les résultats plus probants, d'une pratique industrielle qui porte sur des milliers de coulées. J'extrait seulement, des diagrammes publiés, la *figure 1*. Ce diagramme met en évidence l'accroissement de la résistance de l'acier sous l'effet de l'écroutissage, accroissement nuisible quand l'acier est destiné au travail à froid. On remarque que dans l'échelle des qualités, l'acier soufflé au mélange O + vapeur d'eau, se classe au même niveau que l'acier Martin, alors que l'acier soufflé à l'air enrichi en O est moins bon, mais meilleur que l'acier Thomas classique.

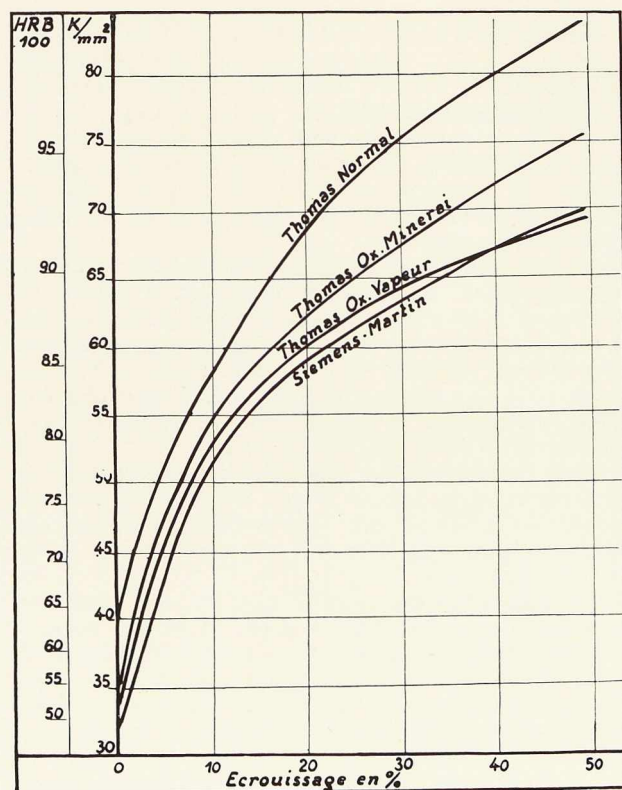


Fig. 1. Courbes d'écroutissage. Dureté après normalisation et écroutissage par compression. Feuillards et tôles fines de 1,5 mm.

II. APPLICATION INDUSTRIELLE DES PROCÉDÉS DE CONVERSION À L'OXYGÈNE

Les essais effectués par le C. N. R. M. de Liège ont démontré la possibilité de produire des aciers Thomas doux, aptes à concurrencer l'acier Martin dans de nombreuses applications.

Aussi, les usines sidérurgiques liégeoises, spécialistes des produits plats, ont passé, sans tarder, à l'application industrielle des nouveaux procédés. Elles ont installé deux grosses unités de production d'oxygène qui sont entrées en service en 1952-1953. Elles produisent chacune par 24 heures 140 t d'oxygène pur contenu dans un mélange à 95 % de pureté, et 8 t d'oxygène à 99,5 % de pureté.

Les unités productrices sont flanquées de gros gazomètres. L'oxygène 95 % est envoyé aux aciéries sous 3 kg de pression effective au moyen de turbo-compresseurs. L'oxygène 99,5 % est distribué à travers un réseau particulier sous une pression de 15-20 kg obtenue à l'aide de compresseurs à piston non lubrifiés. Il remplace l'oxygène pur antérieurement distribué en bonbonnes.

Aux aciéries, des installations de réglage automatique permettent de doser avec précision l'oxygène ajouté au vent de soufflage ou à la vapeur d'eau injectée.

Des réchauffeurs d'oxygène ou de vapeur permettent de maintenir le mélange insufflé à une température convenable (*fig. 2, 3 et 4*).

J'ajouterai qu'une installation analogue vient d'entrer en service dans une usine du Sud du Luxembourg belge. D'autres sont en construction dans deux usines du Grand-Duché.

III. RÉSULTATS OBTENUS EN ACIÉRIE

J'ai déjà fait remarquer qu'il existe plusieurs espèces d'aciers à l'oxygène présentant des propriétés différentes et destinés à des usages très variés. Les installations dont il vient d'être question nous mettent en mesure d'adapter la technique opératoire aux besoins, en choisissant dans chaque cas la combinaison de procédés qui nous apparaît devoir fournir, au meilleur prix de revient, la qualité d'acier appropriée aux exigences du client.

Il est regrettable, à cet égard, que ces exigences soient quelquefois mal définies et il serait souhaitable que les utilisateurs maintiennent avec leurs fournisseurs un contact plus étroit qui leur permettrait de déterminer, avec l'aide de nos spécialistes, la qualité d'acier s'adaptant le mieux aux nécessités de leur fabrication. L'utilisateur, aussi bien que le producteur, demande à travailler aux moindres frais. Or, l'élaboration d'un acier d'un degré de pureté de plus en plus poussé, si elle est techniquement possible, ne se fait pas sans frais supplémentaires, dont le producteur demande évidemment à être couvert.

L'acier le plus pur, donc le plus cher, n'est pas, *a priori*, le plus intéressant, et cela d'autant moins que la présence de certaines impuretés est parfois utile et même nécessaire pour bien des cas d'application.

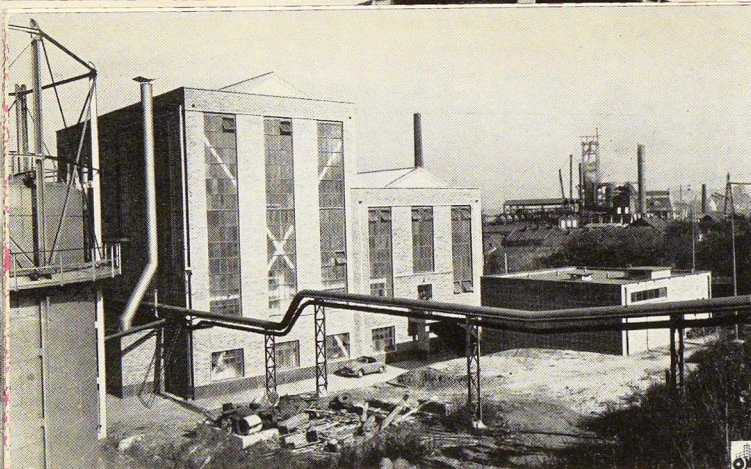


Fig. 2. Vue générale de l'usine de production d'oxygène.

Sans vouloir multiplier à l'infini les différentes qualités d'acier inscrites aux programmes de fabrication, nous sommes capables de réaliser toute une gamme de produits jouissant de propriétés adaptées aux usages auxquels ils sont destinés.

Certes, l'évolution des méthodes d'élaboration des aciers n'est pas terminée. Elle ne s'arrêtera qu'avec la disparition des métallurgistes. Mais cette circonstance ne supprime pas la nécessité de fixer, pour un temps, des modes opératoires bien définis selon lesquels travaillent les exécutants.

Nous avons donc choisi, dans la multitude des combinaisons possibles, un petit nombre de méthodes qui nous paraissent, pour le moment, les plus intéressantes économiquement et techniquement. Les voici :

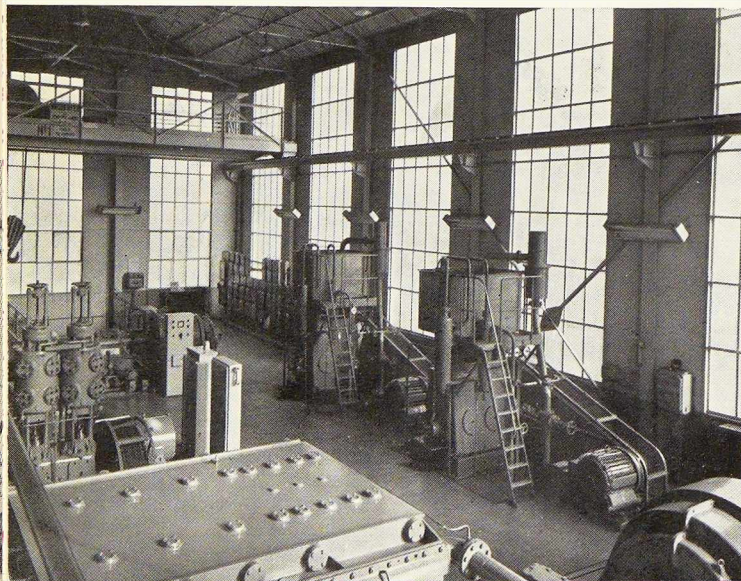
1^{er} procédé : Soufflage à l'air enrichi à 30 % d'oxygène, addition de riblons.

C'est le procédé le plus voisin du procédé Thomas classique.

2^e procédé : Soufflage à l'air enrichi à 30 % d'oxygène, remplacement d'une partie de riblons par du minerai de fer.

3^e procédé : Soufflage à l'air enrichi à 30 % d'oxygène, addition de minerais de fer et de castine.

4^e procédé : Soufflage à l'aide d'un mélange d'oxygène et de vapeur d'eau.



Cette différenciation sert, dans l'ordre cité, à assurer une élimination toujours plus complète de l'azote.

A ces méthodes se superposent, selon les besoins, des procédés visant l'abaissement des teneurs en soufre et en phosphore.

La teneur en S est diminuée par des additions, à différents moments, de carbonate de soude. Ce même produit, ajouté après un premier décarbone de la scorie, sert à la confection d'un second laitier qui ne laisse dans l'acier que des traces de P et en même temps ramène à des valeurs très basses la teneur finale en S.

Le déroulement des opérations successives, lors de l'application de ces procédés, doit être entouré des soins les plus minutieux. Le dosage des additions, le moment de leur introduction dans le bain, sont à choisir judicieusement. La mesure des températures au moyen du pyromètre à immersion, d'application courante dans les aciéries Thomas, permet d'obtenir dans le bain d'acier la température la plus favorable aux réactions métallurgiques. La coulée en lingotières, opération capitale, fait l'objet d'une surveillance particulière.

C'est le respect de toutes ces consignes qui nous permet d'obtenir un acier bien affiné et des produits de qualité régulière.

Les quelques figures qui suivent font apparaître les teneurs en P, N et S que nos procédés nous permettent d'atteindre en marche industrielle courante dans les usines affiliées au C. N. R. M., section de Liège.

J'ouvre ici une parenthèse pour vous expliquer le moyen graphique que nous avons choisi pour représenter la variation inévitable des résultats obtenus autour d'une moyenne, plus ou moins élevée, selon les procédés utilisés.

On représente souvent ces phénomènes au moyen de l'histogramme. Nous y remarquons (fig. 5, teneurs en P), pour le procédé « double laitier » de hautes fréquences pour des teneurs assez faibles : 35 % des coulées par exemple tiennent de 20-25 mill. de % de P. Pour le procédé « un laitier » les teneurs en P sont plus élevées, la fréquence la plus grande (28 % des coulées) correspond à 35-40 mill. de % de P.

Mais la superposition des deux figures rendrait le diagramme difficilement lisible. De plus, on ne peut savoir, au moyen de cette représentation, si les courbes de fréquences sont normales au point de vue de la théorie statistique.

Les statisticiens ont donc imaginé un autre moyen de représentation plus utile : le « test graphique de normalité ». Pour établir ce test, on calcule les fréquences cumulées, on les porte en abscisses sur le diagramme (fig. 6). On porte en ordonnées les valeurs correspondantes de la variable étudiée. On obtient, compte tenu de l'échelle choisie des abscisses, une ligne droite, si la distribution est normale (c'est-à-dire correspondant à une distribution Gaussienne).

Fig. 3. Intérieur de l'usine de production d'oxygène.

Fig. 4. Tableau de contrôle d'aciérie.

Exemple (fig. 6): ligne Air, 1 laitier : 20 % des coulées ont un $P < 0,031$ % et 90 % un $P < 0,051$ %; la teneur en P correspondant à la cote 50 des abscisses s'appelle médiane; celle-ci coïncide avec la moyenne si la distribution est normale.

On nomme dispersion (σ) la moitié de l'écart entre les valeurs correspondant aux cotes 16 et 84 des abscisses, c'est-à-dire pour 68 % des valeurs, l'écart entre la valeur la plus haute et la valeur la plus basse est de 2σ .

L'inclinaison de la ligne donne à première vue, compte tenu de l'échelle des ordonnées, une idée de la variation plus ou moins grande de la caractéristique étudiée.

Pour serrer de plus près la réalité, les moyennes et les dispersions ont été calculées; ce sont ces valeurs qui sont inscrites dans l'angle supérieur de chaque diagramme.

Ce genre de représentation graphique permet en outre de superposer plusieurs diagrammes sans rendre la figure illisible.

Nous remarquons tout de suite que le procédé Tho-

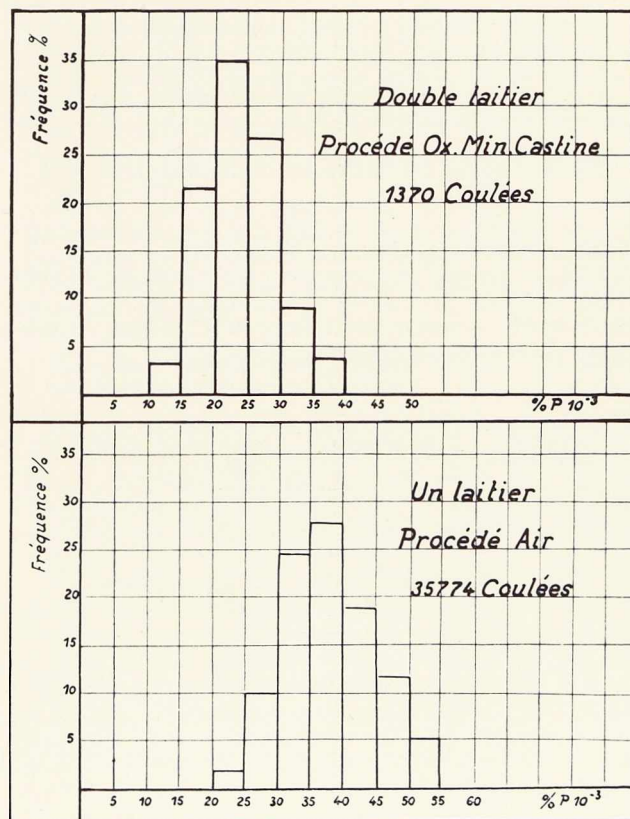
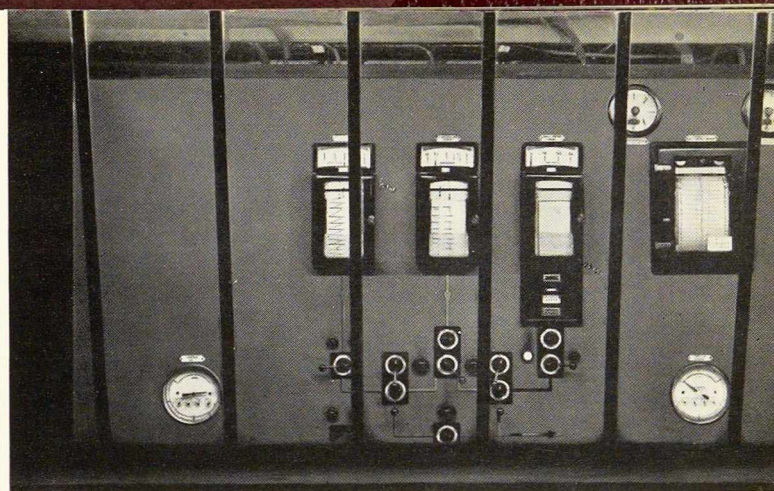


Fig. 5. Répartition de la teneur en phosphore.



mas classique fournit des teneurs en P plus élevées que le procédé utilisant un double laitier (fig. 6).

Sur le diagramme de la figure 7 apparaissent les différences fondamentales entre les procédés classiques et les procédés à l'oxygène. Les teneurs moyennes en azote s'abaissent de 0,009 % à 0,00225 % en passant par

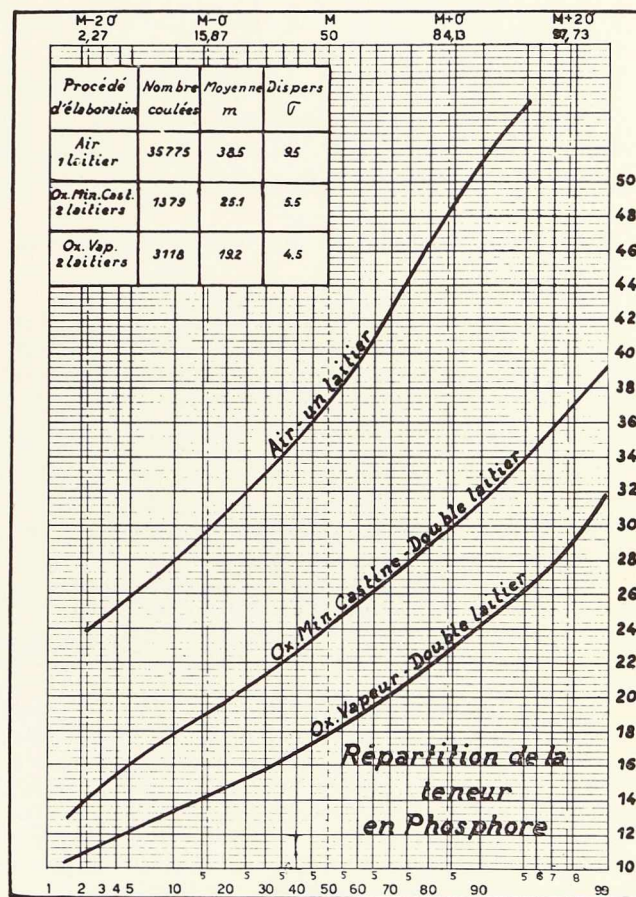


Fig. 6. Teneur en phosphore en millièmes pour-cent.

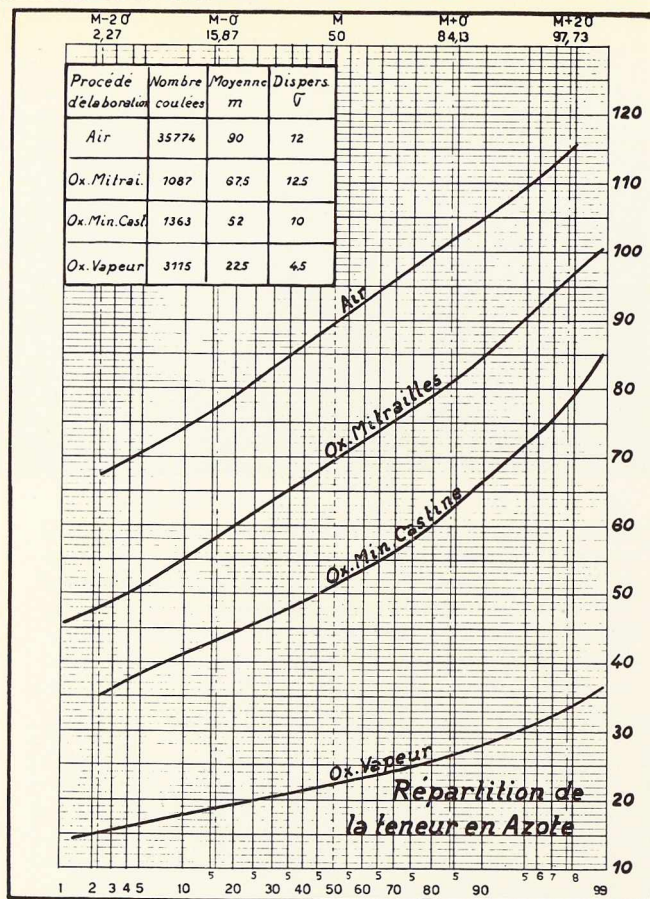


Fig. 7. Teneur en azote en dix millièmes pour-cent.

toute une série de valeurs intermédiaires, au fur et à mesure que l'on diminue la tension partielle de l'N dans la phase gazeuse. En même temps, la dispersion diminue, c'est-à-dire la fabrication devient plus régulière.

En ce qui concerne la teneur en S, une bonne fabrication Thomas classique, avec addition plus ou moins grande de soude, fournit la ligne Air — 1 laitier, Usine A = moyenne 0,0354 %; 98 % des coulées présentent une teneur en S < 0,048 % (fig. 8).

Si en plus des additions de soude, on utilise un deuxième laitier sodique, on peut diminuer la teneur en S aux valeurs représentées par les deux lignes « oxyg. 2 laitiers » B et C. La teneur moyenne est de 24/25 millièmes de %.

Les résultats ainsi obtenus nous ont permis de dresser le tableau de la figure 9 qui indique, sous une forme commerciale, les qualités d'aciers Thomas à l'oxygène que nous mettons sur le marché, en acier doux effervescent, sous forme de largets, billettes, tôles fortes, larges-plats, fil machine, feuillards et bandes à tubes. Les tôles fines, bien qu'évidemment fabriquées par nous en acier à l'oxygène ne figurent pas dans ce tableau. Elles ne sont pas vendues sur base de leur analyse.

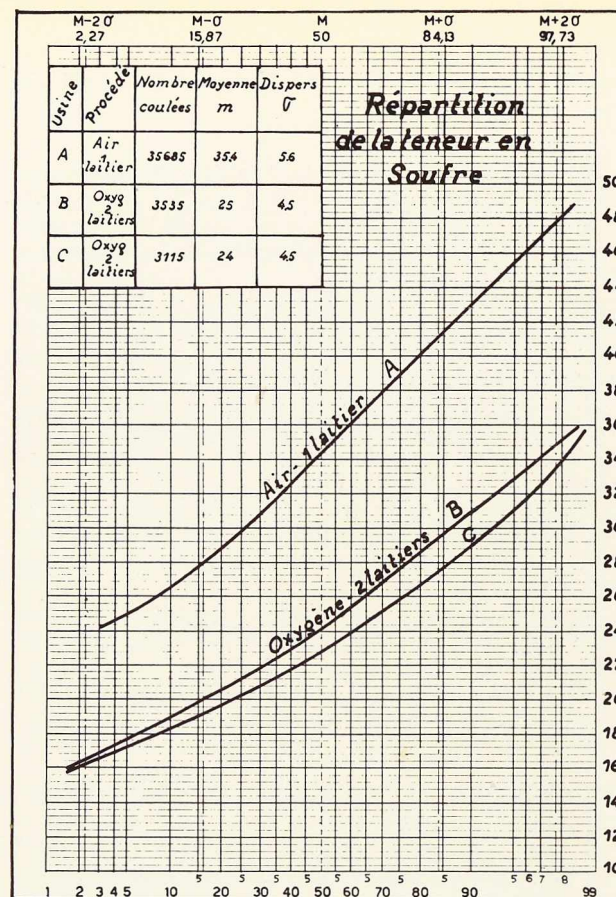


Fig. 8. Teneur en soufre en millièmes pour-cent.

S.Ox — Spécial oxygène,

9-6-3,5 — teneur maximum en azote sur jet de coulée — 0,009 % — 0,006 % — 0,0035 %.

80-50-40-30 — teneur maximum en P sur jet de coulée — 80-50-40-30 millièmes %.

Désignation de la qualité	N maximum %	P maximum %	S maximum %
S.Ox 9 — 80	0,009	0,080	0,050
	50	0,009	0,050
	40	0,009	0,040
	30	0,009	0,030
S.Ox 6 — 80	0,006	0,080	0,050
	40	0,006	0,040
	30	0,006	0,030
S.Ox 3,5 — 30	0,0035	0,030	0,030

Fig. 9.



La teneur en S est indiquée par ce même chiffre; elle est cependant limitée à 0,050 % pour les qualités 80.

Pour simplifier le texte, je désignerai par la suite les aciers à l'oxygène par le terme S.Ox.

IV. RÉSULTATS OBTENUS SUR PRODUITS

Les résultats obtenus à l'aciérie paraissent fort intéressants. Mais le client regarde davantage, on le conçoit, les propriétés mécaniques du produit qu'on lui fournit. Nous avons étudié de très près ces propriétés en fonction des procédés d'élaboration mis en œuvre. A ce point de vue, nous n'avons pu, évidemment, examiner à fond chaque unité produite; nos laboratoires auraient été submergés. On constate, à la lecture des diagrammes, que le nombre d'unités soumises à l'investigation complète est assez réduit. Les résultats n'en sont pas moins probants. En effet, chaque série d'essais est étudiée au préalable du point de vue de la théorie statistique; l'échantillonnage est déterminé selon les règles de cette science. Nous pouvons affirmer que les résultats publiés représentent bien la moyenne réelle de notre fabrication courante.

A. Tôles fines laminées à froid

C'est ce domaine qui, jusqu'ici, a fait l'objet de notre sollicitude toute particulière. La tôle fine à froid doit être de qualité extra-douce et se prêter facilement au façonnage à froid; on recherche donc une grande ductilité et une faible tendance au durcissement sous l'effet de la déformation à froid et de l'érouissage qu'elle provoque.

Notons que cette qualité est également des plus intéressante pour le lamineur. Nous constatons tous les jours que les aciers à teneur réduite en azote se laminent à froid beaucoup plus aisément que les aciers Thomas classiques.

1. Résultats mécaniques classés suivant les différents procédés de fabrication

Je vais présenter les diagrammes établis pour la dureté (fig. 10), la résistance à la rupture (fig. 11), la limite élastique (fig. 12), l'allongement (fig. 13) et l'essai Erichsen (fig. 14) pour des aciers extra-doux effervescents classés suivant leurs procédés de fabrication.

Ces diagrammes sont tirés des essais de contrôle sur la fabrication industrielle de deux usines du bassin de Liège.

Pour pouvoir comparer entre eux les divers procédés, il a fallu choisir un produit type : c'est la tôle laminée à froid à 1 mm d'épaisseur, à partir de coils laminés à chaud 2,5 mm d'épaisseur. Les tôles étaient recuites et érouées superficiellement (skin-passées d'env. 1 %); elles se trouvaient donc à l'état de livraison. Les échantillons étaient prélevés à l'endroit le plus défavorable, c'est-à-dire en tête du coil et dans l'axe, dans la zone de ségrégation du lingot de départ.

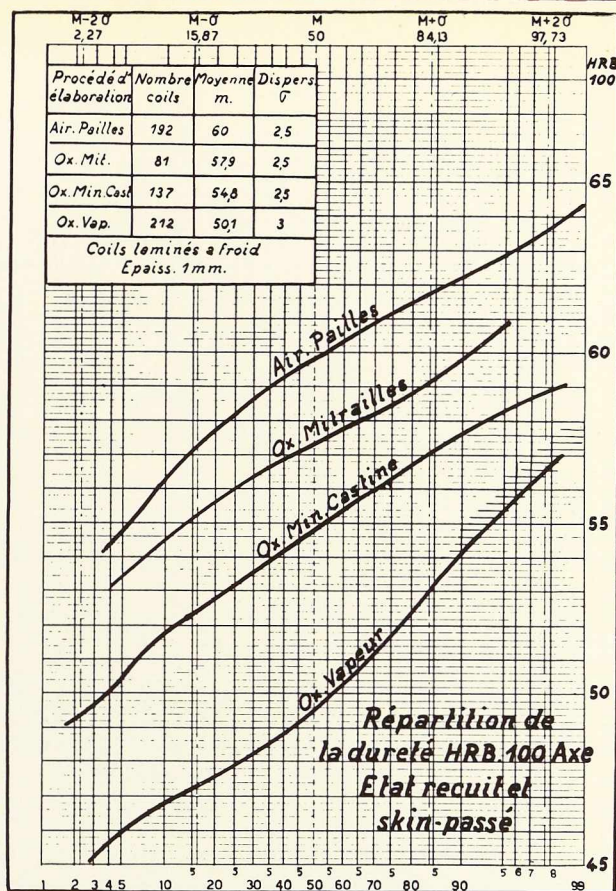


Fig. 10.

J'insiste sur le fait que nos méthodes de fabrication s'affinent et que nous obtenons actuellement des résultats plus favorables que ceux présentés ici.

Les résultats sont figurés sous forme de « test de normalité ». Pour la tôle à froid, on recherche une dureté, une charge de rupture, une limite élastique faibles et des valeurs élevées pour l'allongement et l'essai Erichsen.

On remarque que les valeurs les plus intéressantes sont obtenues au moyen du procédé oxygène-vapeur d'eau et que la qualité décroît au fur et à mesure que l'on se rapproche du Thomas classique.

2. Résultats mécaniques après vieillissement de 3 mois et de 6 mois

Les aciers effervescents servant à la fabrication de tôles fines ont tous — acier Thomas et acier Martin — la propriété désagréable, en ce qui concerne l'embouissage, de durcir avec le temps, pendant les premiers mois qui suivent la fabrication. Les causes réelles de ce phénomène ne sont pas encore déterminées avec certitude, mais il est hors de doute que la présence plus ou moins grande d'azote dans l'acier, joue un rôle dans cette altération des propriétés.

Nous avons examiné, à ce sujet, les tôles qui ont servi

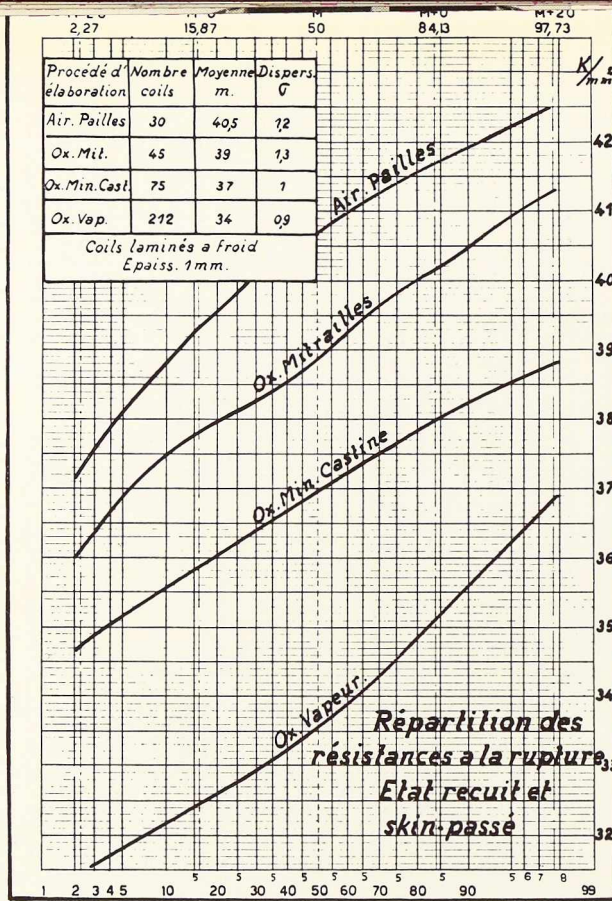


Fig. 11.

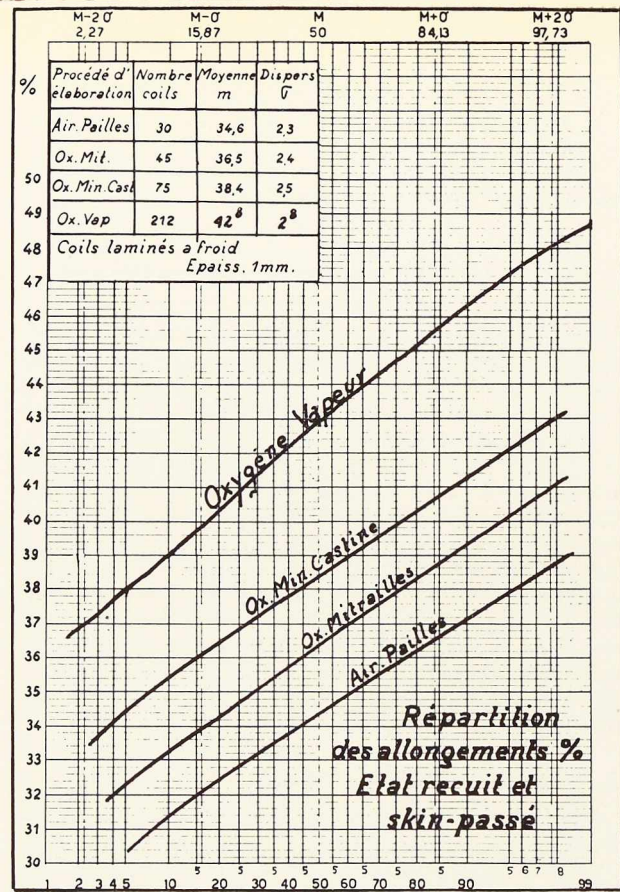
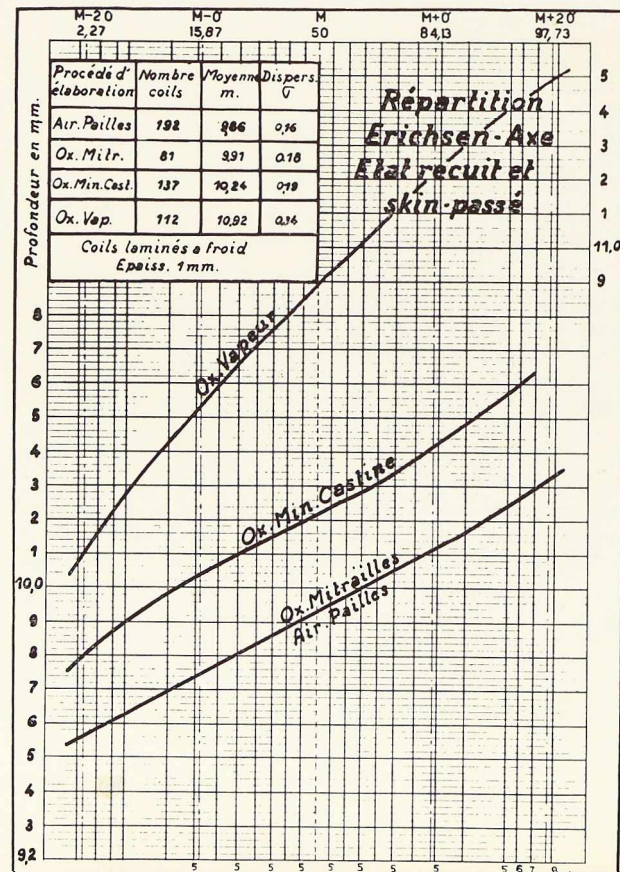
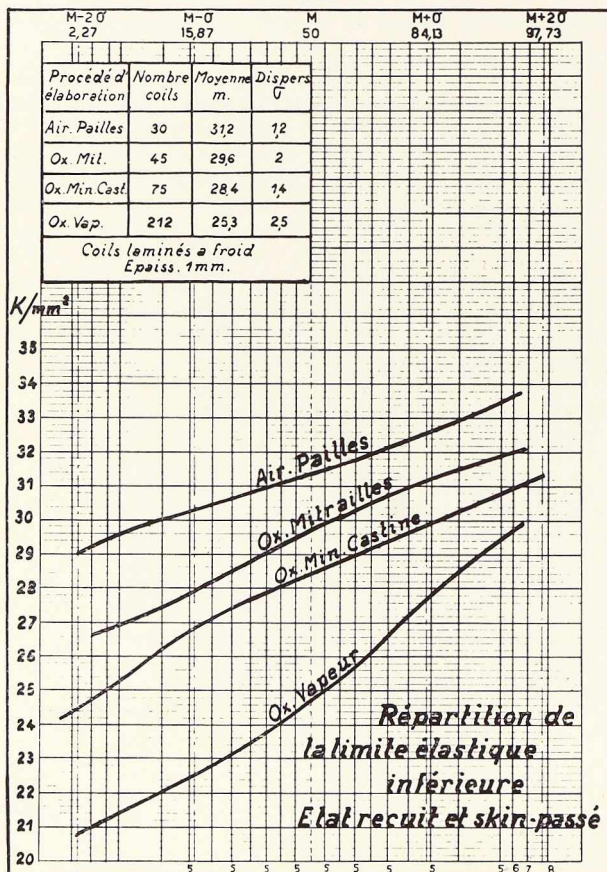


Fig. 13.



Procédé d'élaboration	Dureté HRB 100 axe								
	0-12 jours après skin-pass			3 mois après skin-pass			6 mois après skin-pass		
	Nombre de coils	Moyenne m	Dispersion σ	Nombre de coils	Moyenne m	Dispersion σ	Nombre de coils	Moyenne m	Dispersion σ
Air-pailles	192	60	2,5	32	67,6	2,5	28	67,7	2,3
Oxygène-mitrailles .	81	57,9	2,5	28	65,7	2,5	28	65,4	2,3
Oxygène-min-castine	137	54,8	2,5	70	62,2	3	70	63,7	2
Oxygène-vapeur . .	212	50,1	3	72	53,3	3,5	68	54,1	3,75
Oxygène calme . . .	68	52,5	3	68	52,9	2,5	68	53,3	2,3

Fig. 15. Influence du vieillissement naturel sur la dureté des coils à froid recuits et skin-passés.

Qualité	C	S	Ph	Mn	N	P + 5N
S.Ox 8 - 40	0,05	0,040	0,040	0,34	0,0081	80,5
S.Ox 6 - 40	0,065	0,021	0,040	0,31	0,0060	70
S.Ox 4 - 40	0,08	0,035	0,039	0,40	0,0010	59
S.Ox 6 - 20	0,06	0,025	0,027	0,36	0,0064	59
S.Ox 4,5 - 40	0,08	0,041	0,028	0,37	0,0045	50,5
S.Ox 4 - 20	0,07	0,034	0,020	0,36	0,0041	40,5
S.Ox 3 - 20	0,07	0,024	0,016	0,34	0,0031	31,5
S.Ox 2 - 20	0,07	0,021	0,018	0,28	0,0017	26,5

Fig. 16. Analyses des coulées classées par P + 5 N décroissant.

à l'établissement des diagrammes précédents. Nous avons dressé le tableau (fig. 15). Il résulte des valeurs de dureté portées sur le tableau que tous les aciers effervescents vieillissent, les aciers oxygène-vapeur d'eau à bas azote vieillissant nettement moins que les autres (de 6 % environ contre 12 à 14 % pour les autres après trois mois).

On remarquera que l'acier calmé ne vieillit pratiquement pas; c'est une propriété bien connue des aciers calmés. Malheureusement, la fabrication de tôles fines en acier calmé est fort onéreuse.

3. Influence de l'indice de Strohmeyer : P + 5 N

Nos essais nous ont conduits à vérifier et à confirmer les vues de Strohmeyer qui, en 1917, proposa de juger l'action combinée du P et de l'azote en attribuant à ce

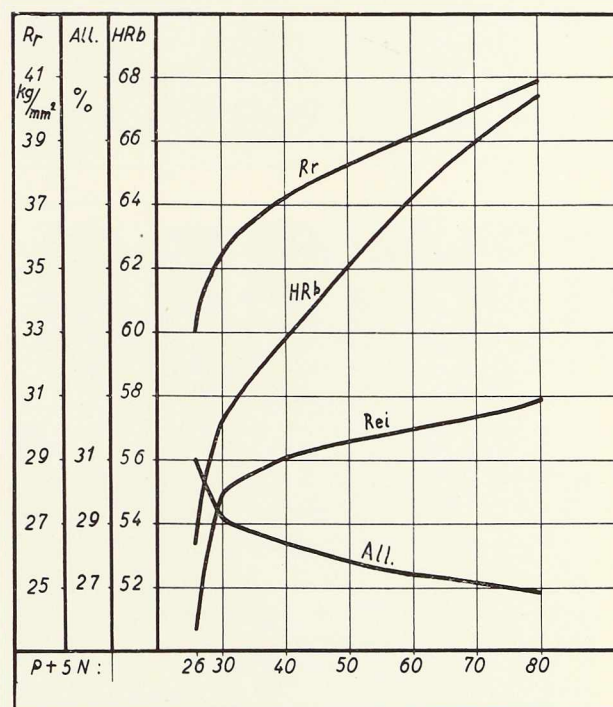


Fig. 17. Coils laminés à chaud, épaisseur 2,5 mm. Variation des propriétés mécaniques en fonction du facteur P + 5 N.

dernier élément un effet cinq fois plus grand que celui du P. Selon ce chercheur, la ductilité à froid des aciers doux effervescents varierait en raison inverse du facteur P + 5 N, P et N représentant les teneurs de l'acier en ces éléments, teneurs exprimées en millièmes de pour-cent.

Les usines du C. N. R. M. de Liège ont élaboré des coulées-types présentant des indices P + 5 N croissant de 25 à 80 (fig. 16). Aucune distinction n'était

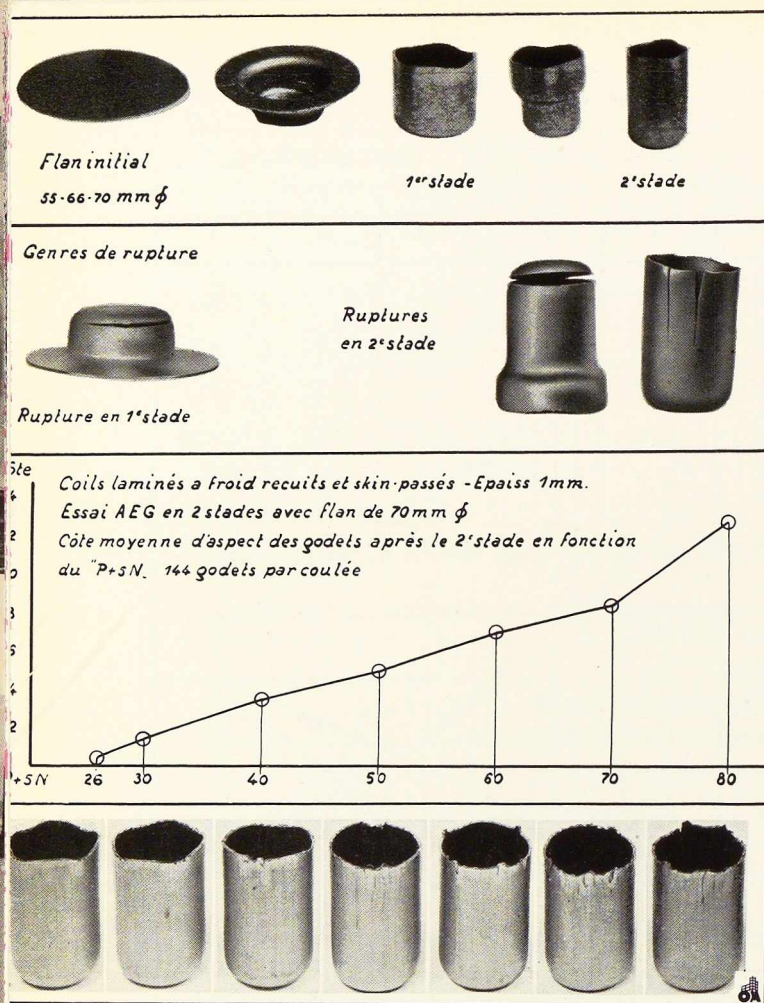


Fig. 20. Essai d'emboutissage A. E. G.

faite entre les méthodes de soufflage, seule la valeur $P + 5 N$ importait. Les propriétés mécaniques déterminées ont été portées au diagramme en fonction de l'indice $P + 5 N$.

Les figures 17 à 20 démontrent, de façon remarquable, l'exactitude des vues de Strohmeyer.

Dans l'essai d'emboutissage A E G, les fissures verticales produites lors du deuxième stade montrent visuellement l'influence du vieillissement naturel dû à la déformation à froid au cours du premier stade (fig. 20).

4. Résultats obtenus chez la clientèle

Je ne peux mieux illustrer les résultats obtenus qu'en donnant des photographies de quelques emboutis fabriqués par nos clients, hors de tôles en acier à l'oxygène (fig. 21, 22 et 23).

B. Tôles fines laminées à chaud

Ces tôles ont été laminées dans des laminoirs spécialisés de la région liégeoise, en acier S.Ox 9 — S.Ox 6 — 30 et S.Ox 3,5 — 30.

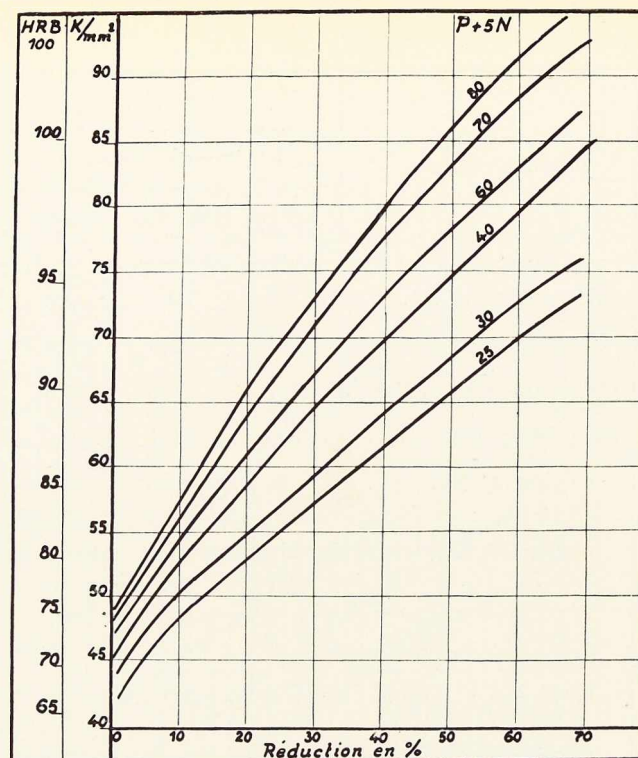


Fig. 18. Coils laminés à chaud, épaisseur 2,5 mm. Variation de la dureté en fonction de la réduction par laminage à froid.

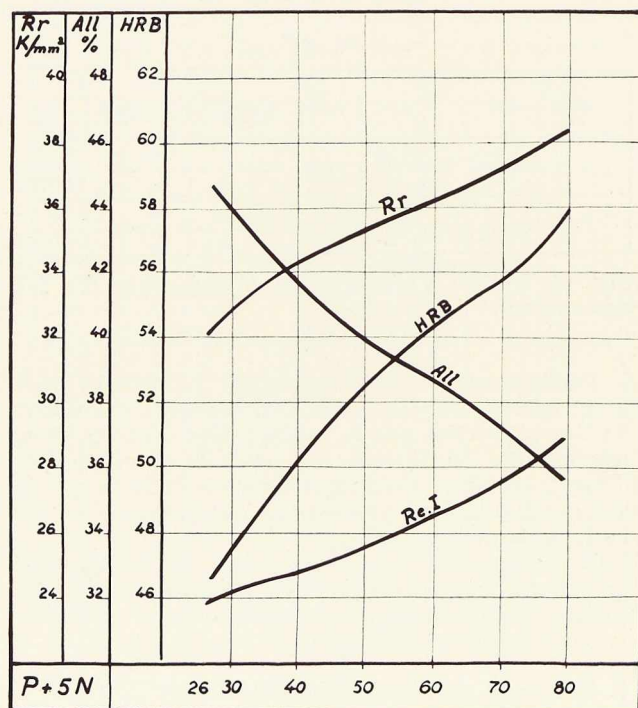


Fig. 19. Coils laminés à froid recuits et skin-passés, épaisseur 1 mm. Variation des propriétés mécaniques en fonction du facteur $P + 5 N$.

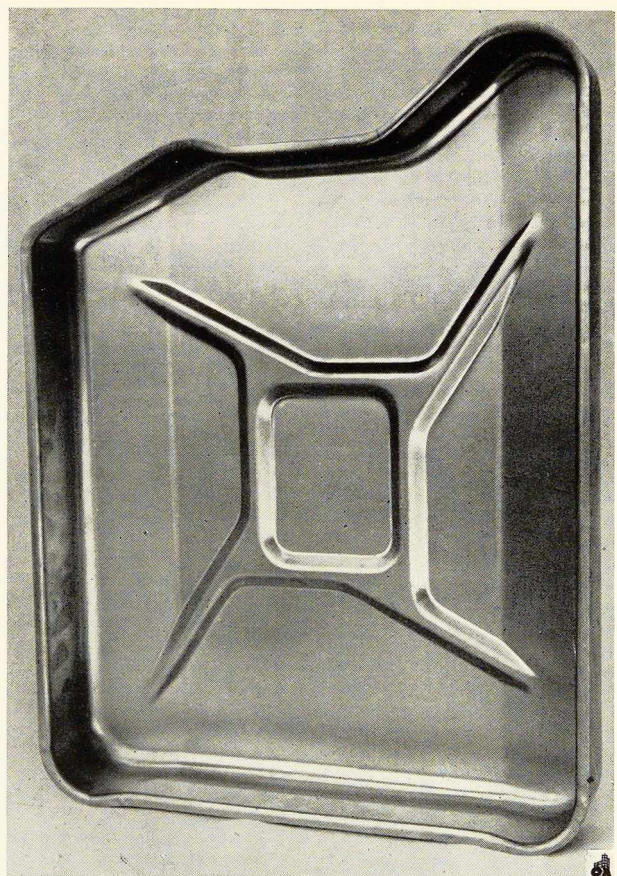


Fig. 21. A gauche un « jerry can »; à droite, une plaque de cuisinière.

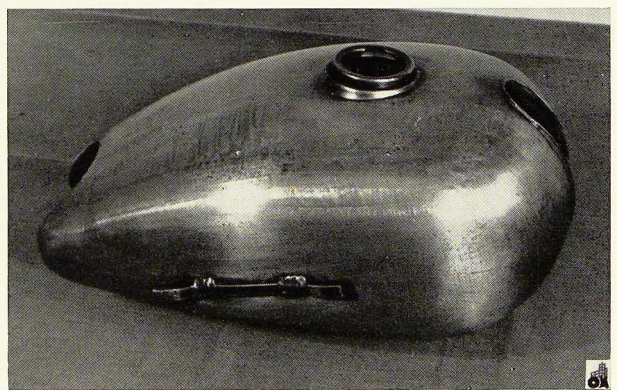


Fig. 22. Réservoir de motocyclette.

La figure 24 montre les résultats d'essais Erichsen obtenus sur 484 tôles provenant de 234 coulées différentes, en qualité S.Ox 9 soufflées à l'air enrichi en oxygène. Les tôles sont recuites en vase clos et non décapées. Elles sont classées par épaisseurs.

Les résultats, forcément dispersés, se trouvent dans

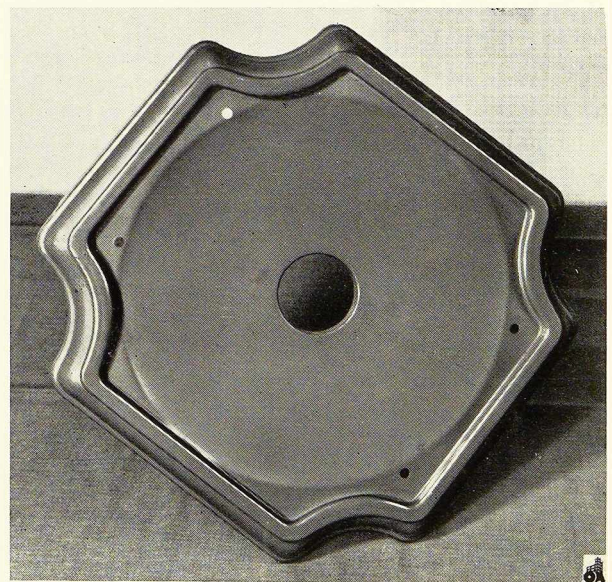
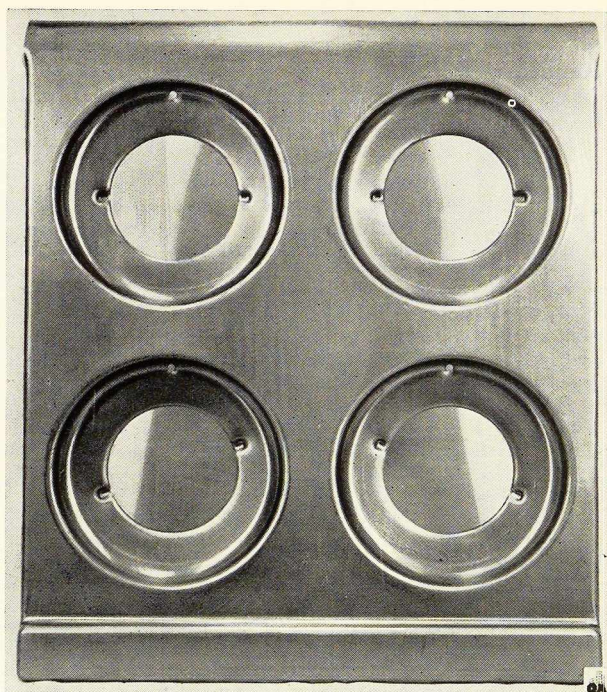


Fig. 23. Pièce emboutie fabriquée hors de tôles en acier à l'oxygène.

la zone hachurée qui fixe les limites de dispersion. On remarque qu'elle se place entre les normes pour l'acier Thomas et l'acier Martin et que la norme allemande « Ziehblech DIN 1623 », pourtant valable pour tôles décapées, se place tout entière dans la zone hachurée.

La figure 25 indique quelques résultats expérimentaux sur tôles qualité S.Ox 6 — 30. Ces tôles étaient laminées à chaud, normalisées, planées et découpées. Elles répondent aux caractéristiques exigées pour l'acier Martin. (Cf. exemple de réalisation en cette qualité à la fig. 26.)

Le même laminoir a produit des tôles fines laminées à chaud, normalisées, découpées, puis laminées à froid et recuites en vase clos pour carrosserie, hors d'une coulée d'acier Thomas oxygène-vapeur d'eau, qualité S.Ox 3,5-30. On a obtenu des duretés HRB de 38-43, des profondeurs Erichsen 11,2 à 11,4 mm et un allongement sur éprouvette moyenne proportionnelle de 54,2 %. Ce sont là des résultats remarquables, pour des tôles de 1 mm d'épaisseur.

C. Feuillards laminés à chaud

Nous présentons des résultats d'essais sur feuillards de 3 mm d'épaisseur à l'état brut de laminage, pour 66 coulées d'acier Thomas S.Ox 9 comparés à des essais sur feuillards en Thomas classique (fig. 27-28-29-30).

On constatera que, dans ce cas, la résistance à la rupture de l'acier S.Ox 9 est plus élevée que celle de l'acier Thomas classique. Malgré cette circonstance, due à une teneur en Mn plus élevée (0,43 % au lieu de 0,37 %) la limite élastique de l'S.Ox 9 est moins élevée. L'allongement et la profondeur Erichsen sont nettement plus favorables pour l'acier S.Ox 9. Les qualités de ductilité sont donc sérieusement améliorées par le soufflage à l'air enrichi en oxygène.

Passons aux figures 31 et 32. La première représente du métal déployé obtenu hors feuillard de 3 mm et la seconde, un centre de roue d'auto réalisé par estampage en une passe hors bande de 4 mm d'épaisseur.

D. Bandes à tubes

Pour ce genre de produits, on apprécie la qualité au moyen de l'essai Erichsen à froid et de l'essai Dickie sur échantillons chauffés au bleu, donc placés dans un état de fragilité.

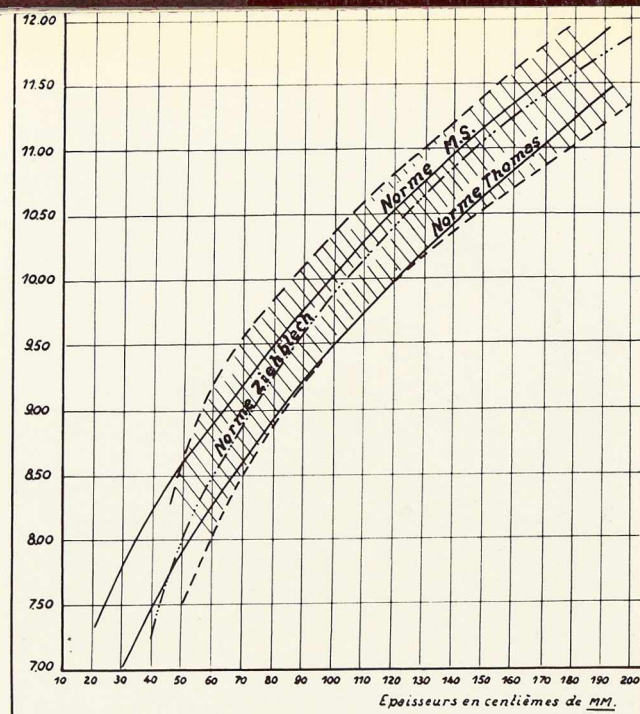


Fig. 24. Tôles fines laminées à chaud, recuites en vase clos et non découpées. Résultats Erichsen pour les aciers S.Ox 9.

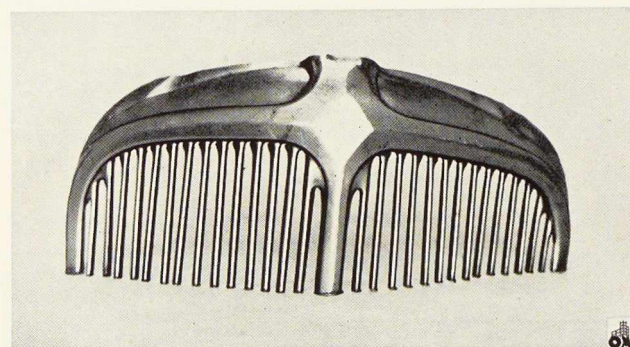


Fig. 26. Calandre de réservoir d'automobile.

Qualité	Analyse chimique de la coulée					Propriétés sur tôles 1 mm normalisées, planées, découpées					
	C %	Mn %	S %	P %	N ₂ %	Dureté HRB	Profondeur Erichsen en mm	Rt kg/mm ²	Re kg/mm ²	A % 10 d	A % 7,2 d
S.Ox 6-30	0,07	0,42	0,027	0,030	0,0045	49	11,10-11,10-11,20	31,8	21	35	40,3
						50	10,80-10,80-11,00	31,4	18,3	38	43,1
						52	10,80-10,80-10,80	32,9	22,5	37	41,7
						50	11,30-11,40-11,40	30,8	20,7	41	45,8
						49	10,80-11,10-11,20	31,3	19,2	38	43,1
						52	11,20-11,30-11,20	30	19	39	43,1
Caractéristiques imposées	Généralement Martin-Siemens					52 max.	10,8 mm minimum			35 min.	40 min.

Fig. 25. Tôles fines laminées à chaud.



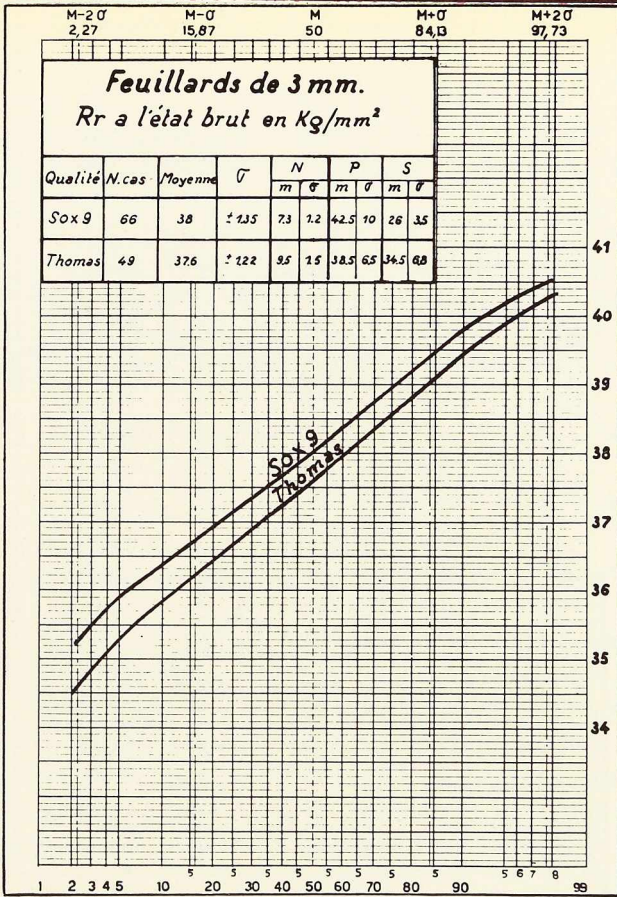


Fig. 27.

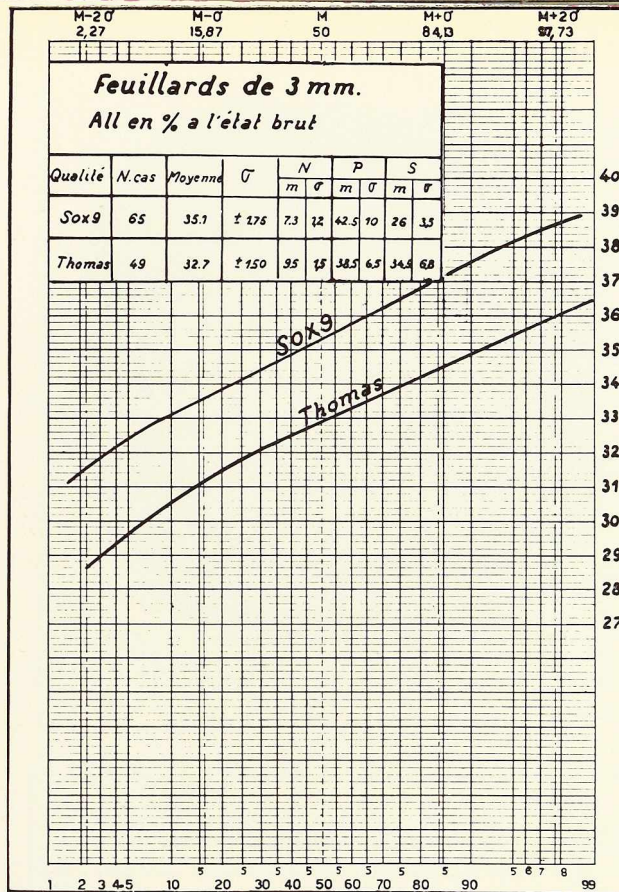
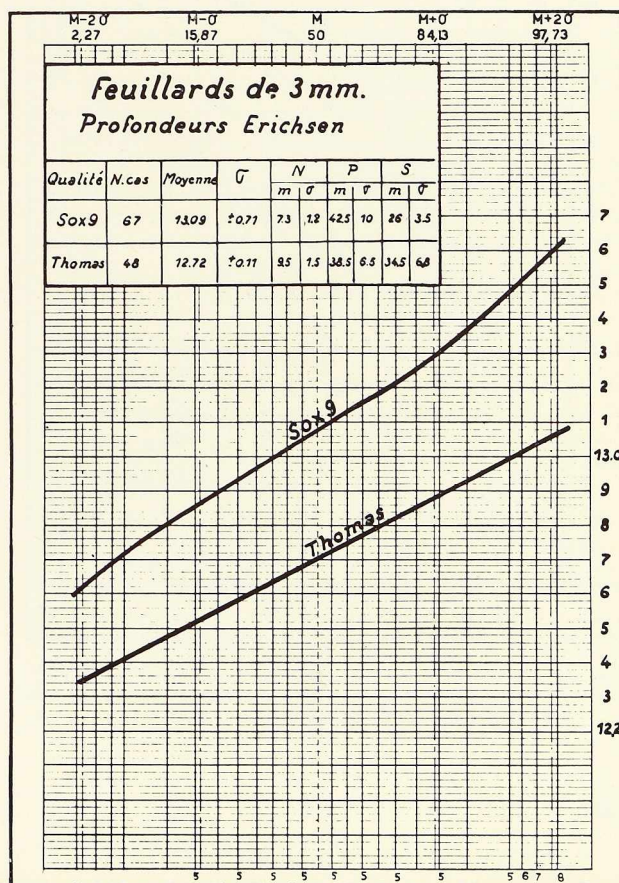
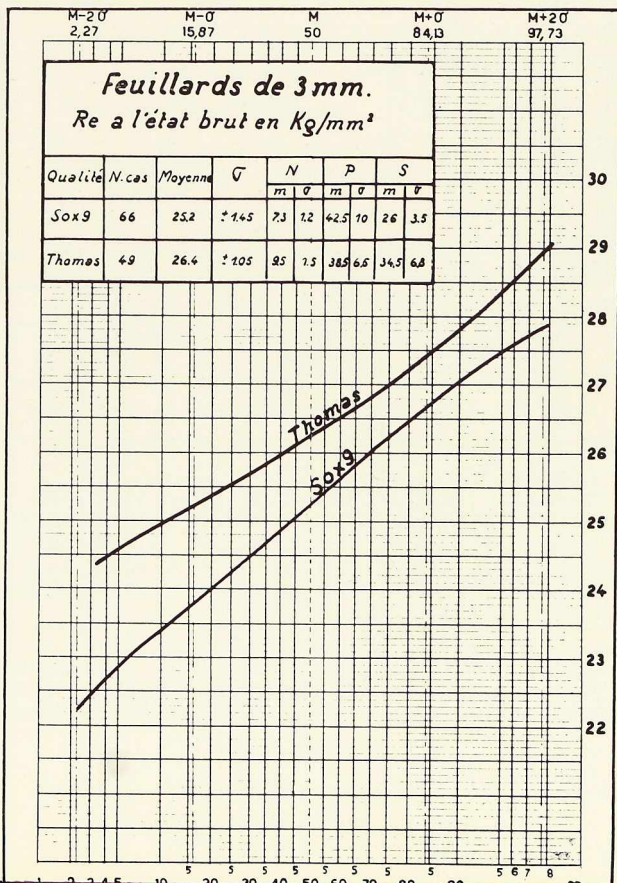


Fig. 29.



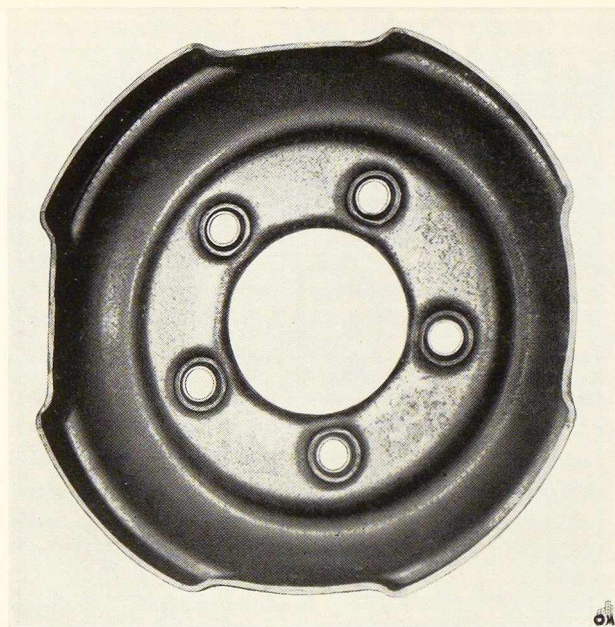


Fig. 32. Centre de roue d'auto.

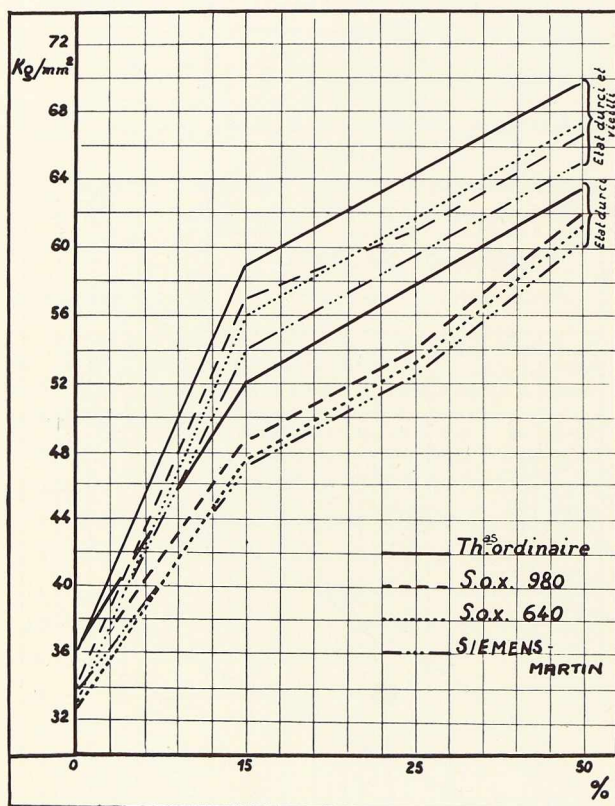


Fig. 34. Bandes à tubes laminées à chaud, épaisseur 3,5 mm. Variation de la résistance en fonction du taux de compression.

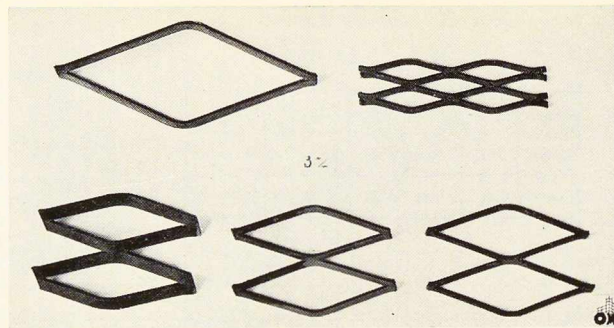
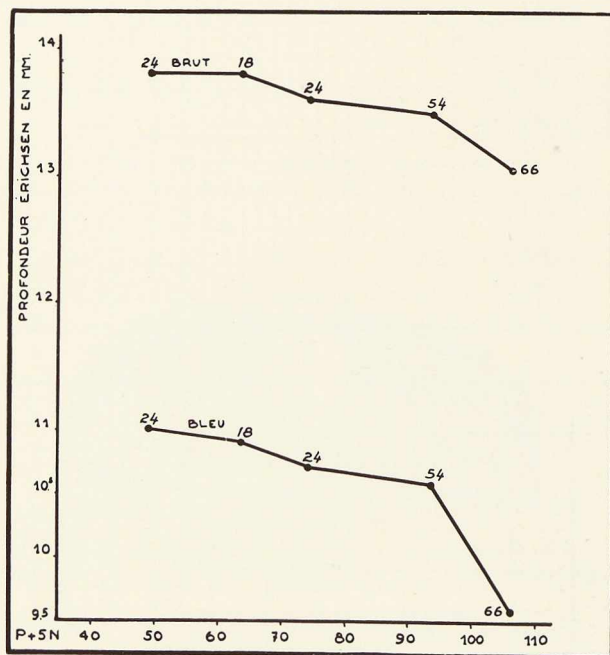


Fig. 31. Métal déployé en acier S.Ox 9.



Qualité	N	P	S	P+5N	Erichsen	
					Brut	Bleu
Thomas ordinaire	0,0112	0,050	0,038	106	13,05	9,56
S.Ox 9 - 80	0,0075	0,056	0,039	93,5	13,52	10,57
S.Ox 9 - 40	0,0078	0,035	0,029	74	13,68	10,74
S.Ox 6 - 40	0,0057	0,035	0,036	63,5	13,82	10,93
M. S.	0,0060	0,019	0,029	49	13,81	10,99

Fig. 33. Bandes à tubes de 3,5 mm d'épaisseur. Valeurs moyennes des profondeurs Erichsen dans l'état de laminage et dans l'état fragile au bleu.

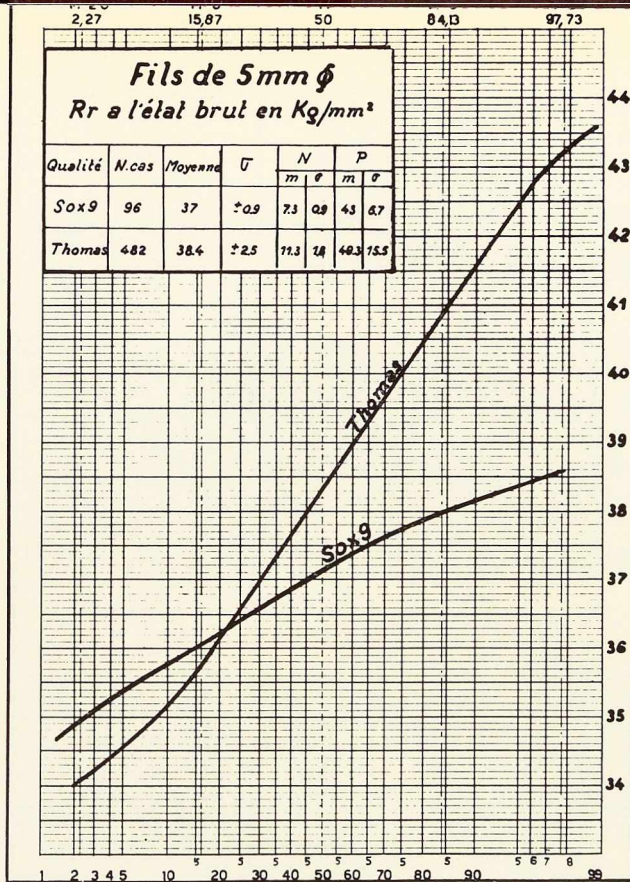


Fig. 35.

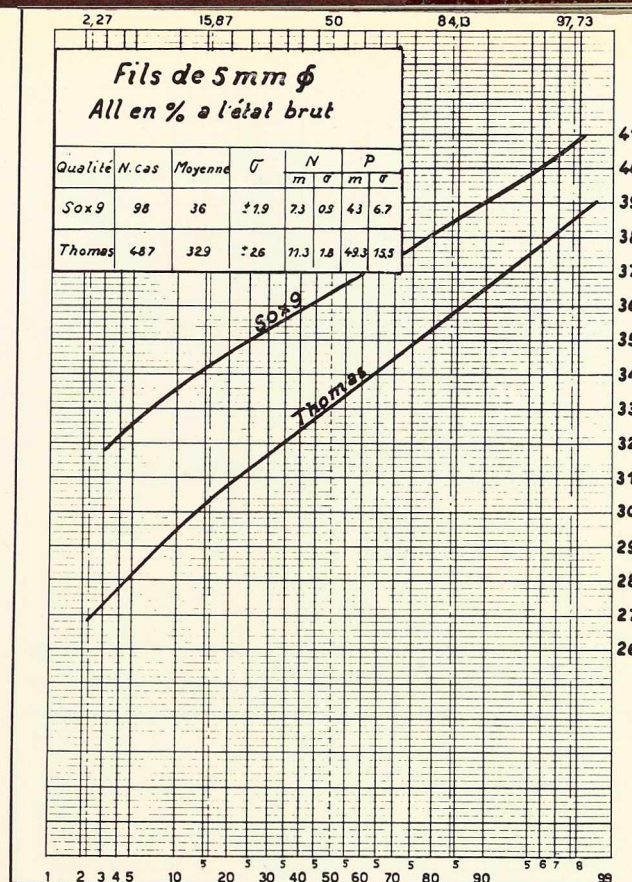
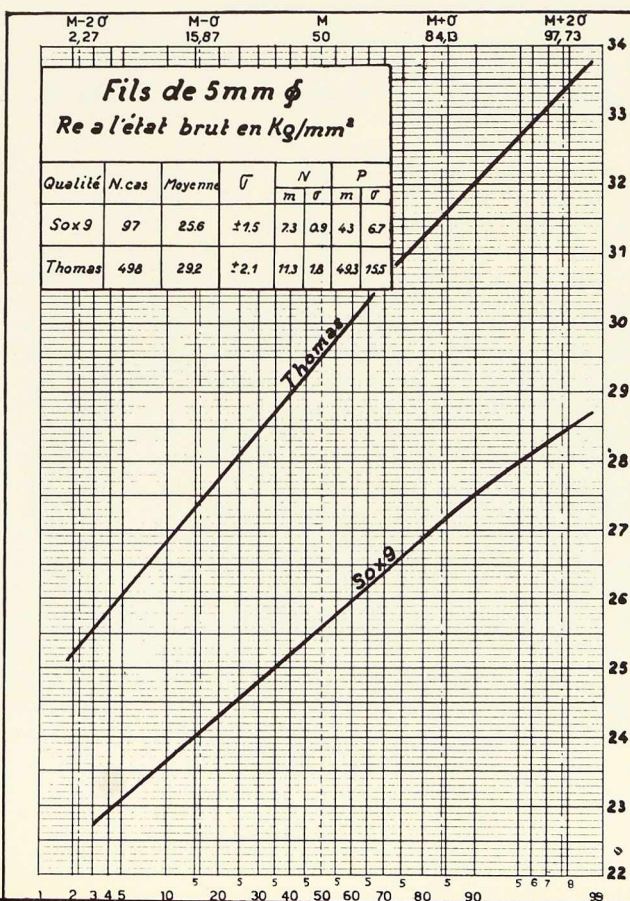


Fig. 37.



Le diagramme (fig. 33) classe les coulées en fonction de l'indice de Strohmeier $P + 5N$. Il montre l'amélioration de la qualité du côté des indices bas et la comparaison avec la qualité Martin est parfaite pour l'acier S.Ox 6-40.

On a étudié encore l'écroutissage de différentes qualités d'acier S.Ox avant et après vieillissement artificiel (par chauffage à 250° pendant 1/2 heure) et on les a comparées à l'acier Thomas classique et à l'acier Martin.

La figure 34 démontre que les aciers S.Ox se classent en position intermédiaire entre le Thomas et le Martin.

E. Fil machine et fil étiré - Produits de tréfilerie

Les tréfileurs qui fabriquent leurs produits à froid demandent à leur matière de départ, le fil machine en acier, des qualités de ductilité qui les dispensent, dans nombre de fabrications, de procéder à des recuits intermédiaires onéreux.

Les aciers à l'oxygène possèdent ces qualités à un degré plus élevé que les aciers Thomas classiques.

Le produit de départ, le fil machine, a été examiné systématiquement par une usine du bassin liégeois, qui a comparé l'acier S.Ox 9-60 à l'acier Thomas classique. Les figures 35-36-37 présentent les résultats de cette étude.

La résistance à la rupture Rr (fig. 35) du fil S.Ox 9 est plus faible en moyenne que celle du fil Thomas

Qualité	C	S	Ph	Mn	Azote	P + 5N
S.Ox 9 — 60.40	0,05	0,040	0,062	0,50	0,0086	105
S.Ox 5 — 30.30	0,04	0,033	0,030	0,36	0,0050	85
S.Ox 7 — 20.20	0,06	0,023	0,015	0,46	0,0075	53
S.Ox 3,5 — 20.20	0,08	0,020	0,015	0,36	0,0034	32
S.Ox 2 — 20.20	0,05	0,025	0,018	0,37	0,0020	28
Duplex Thomas	0,08	0,030	0,009	0,29	0,0064	62
Siemens Martin	0,08	0,035	0,020	0,40	0,0050	45
Thomas	0,10	0,042	0,060	0,50	0,0120	120

Fig. 38. Tableau des analyses des coulées ayant servi aux essais sur fils étirés.

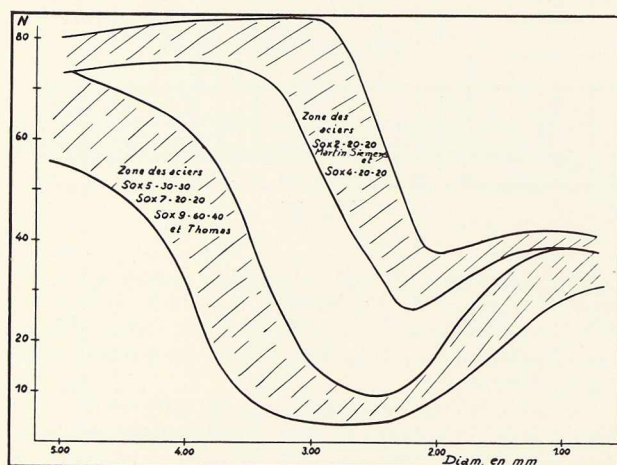


Fig. 40. Essai de torsion sur fil machine et fil tréfilé à différents diamètres.

et, point important, les valeurs obtenues sont moins dispersées. La limite élastique R_e (fig. 36) est nettement plus basse et l'allongement (fig. 37) plus élevé.

Il ne suffisait pas cependant d'établir les caractéristiques du produit brut. Il fallait encore démontrer que les nouvelles qualités d'acier se comportaient favorablement à la tréfilerie. A cet effet, une vaste étude a été entreprise, en tréfilerie, par la C. N. R. M. de Liège, assisté par l'I. R. S. I. A., dans le but de comparer les aciers S.Ox aux aciers Thomas et Martin.

La figure 38 porte les analyses de certaines des coulées étudiées.

La figure 39 classe les aciers en fonction du durcissement sous l'effet de l'érouissage à froid, en cours de tréfilage. L'abscisse représente le degré d'érouissage sous la forme d'un coefficient d'allongement :

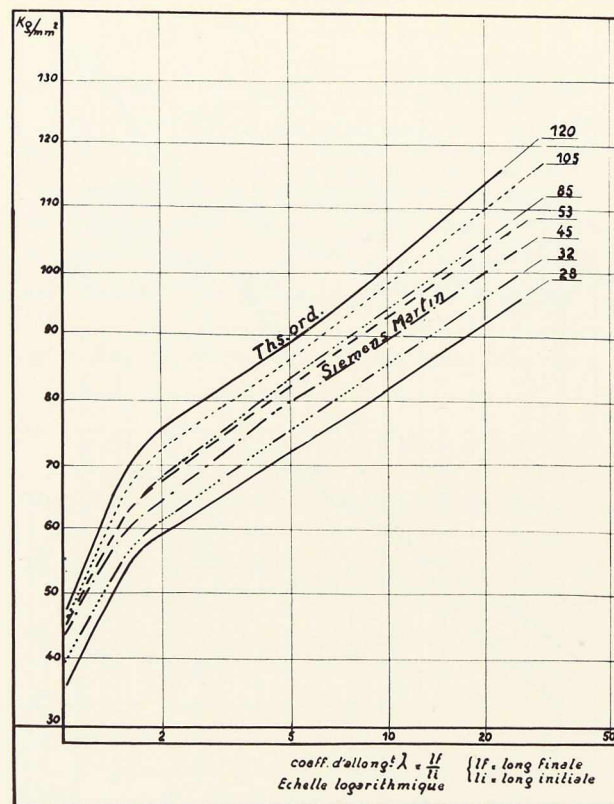


Fig. 39. Courbes de la résistance moyenne en fonction de l'érouissage par tréfilage.

$$\lambda = \frac{\text{longueur finale}}{\text{longueur initiale}}, \text{ porté en échelle logarithmique.}$$

En ordonnées, on a figuré la résistance à la rupture.

On constate que les aciers se classent dans l'ordre du facteur $P + 5N$ croissant de 28 à 120, l'acier Martin ne faisant pas exception à la règle.

Le comportement excellent des aciers Thomas à faible teneur en N et P est confirmé par l'essai de torsion, d'usage courant chez les tréfileurs. Dans cet essai, un bout de fil d'une longueur égale à 100 fois le diamètre est tordu jusqu'à rupture, le nombre de tours de torsion ainsi atteint caractérise la qualité du fil (fig. 40).

Pour la clarté de la représentation, les aciers ont été réunis en deux groupes donnant des caractéristiques nettement différentes; on remarque que les aciers oxygène-vapeur (S.Ox 2 et S.Ox 3,5) se classent au même niveau que les aciers Martin.

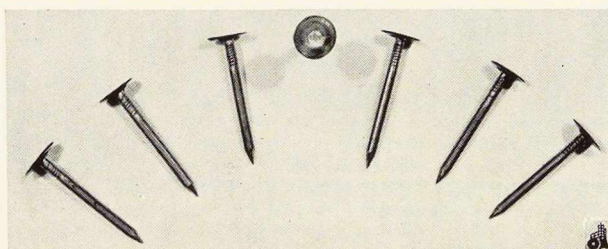
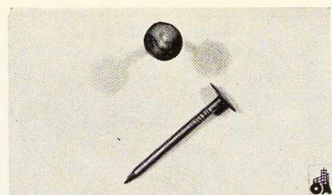
Examinons maintenant la fabrication de quelques produits de tréfilerie :

1. Plaster Boards et pointes d'ardoisiers à tête extra-large

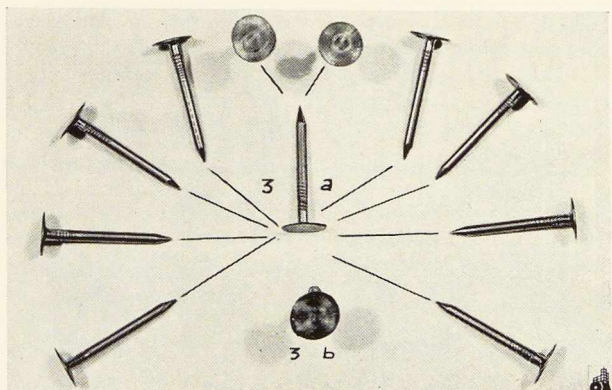
La figure 41 montre des pointes fabriquées avec trois qualités d'acier :

a) En Thomas classique, tréfilé dur, c'est-à-dire sans

Fig. 41. Plaster boards.
Acier Thomas ordi-
naire.



Acier S.Ox 7-20.



Acier S.Ox 3,5-20.

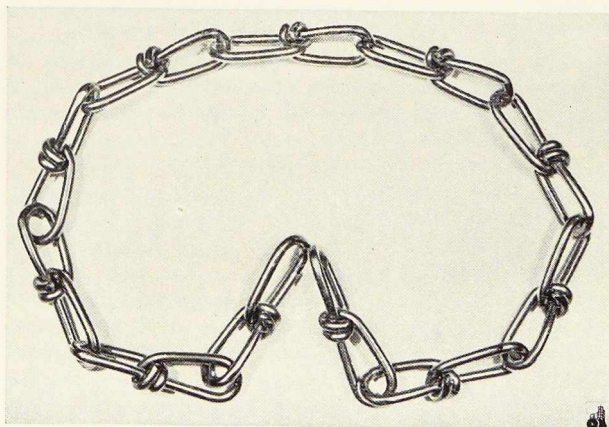


Fig. 42. Chaîne Victor.

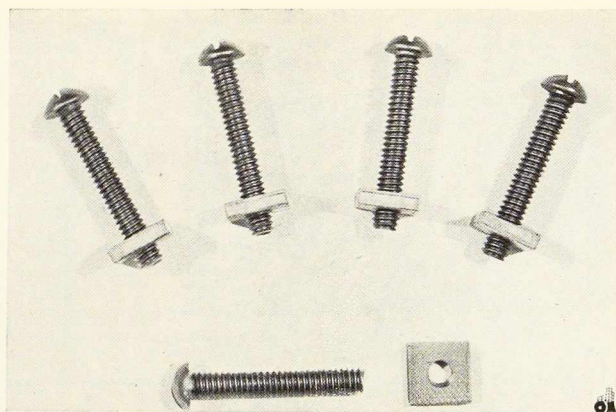


Fig. 43. Vis à métaux.

recuit intermédiaire; la tête est bleue et d'un diamètre insuffisant. En consentant une opération supplémentaire, le recuit intermédiaire, le tréfileur fabrique ce qu'il nomme le tréfilé demi-dur. L'acier Thomas ainsi traité fournit de meilleurs produits qui cependant présentent souvent des défauts.

b) En acier S.Ox 7-20 tréfilé dur.

Les produits sont acceptables, mais les têtes bleuisent.

c) En acier S.Ox 3,5-20 tréfilé dur.

Les produits se présentent aussi bons que ceux fabriqués en acier Martin.

2. Chaînes Victor

La *figure 42* fait apparaître les résultats excellents obtenus avec l'acier S.Ox 3,5-20, tréfilé dur. Les nœuds sont bien formés. L'action des outils de déformation ne se marque pas sur les maillons.

Les tréfileurs ont constaté qu'il n'en est pas de même avec l'acier Thomas classique ni même avec l'acier S.Ox 7-20.

3. Vis à métaux

Ces pièces sont en général fabriquées à partir de fil en acier Martin, tréfilé demi-dur, la fabrication en acier Thomas donnant des ennuis. La *figure 43* montre les beaux résultats obtenus avec de l'acier S.Ox 3,5-20.

4. Produits divers

Les photos de la *figure 44* fournies par l'aciérie de Haspe (Allemagne) montrent diverses applications d'acier oxygène-vapeur d'eau fabriqué dans cette usine qui a, parallèlement au C. N. R. M., expérimenté et appliqué industriellement le procédé oxygène + vapeur d'eau.

F. Aciers pour la construction métallique

Cet exposé s'est occupé, jusqu'ici, uniquement des aciers dont la mise en œuvre exige une grande aptitude à la ductilité à froid.

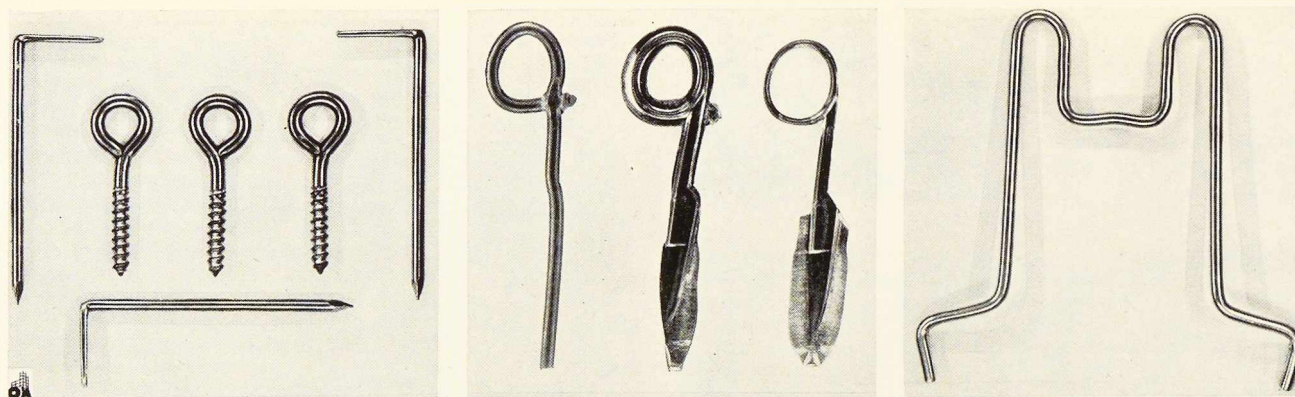


Fig. 44. Diverses applications d'acier oxygène-vapeur d'eau.

C'était le problème n° 1 au point de vue commercial. Au point de vue métallurgique, la voie que nous suivions devait logiquement mener à une solution favorable, puisque l'emploi de l'oxygène nous permet de nous débarrasser d'un élément durcissant, l'azote.

Le C. N. R. M. de Liège, après avoir mis au point la fabrication des aciers extra-doux, s'est attaqué, avec l'appui de l'I. R. S. I. A., au problème des aciers destinés à la construction métallique.

L'étude n'est pas terminée, nous ne pourrions indiquer que les premiers résultats et les tendances qui s'en dégagent.

Les normes N. B. N. prévoient pour la construction métallique deux nuances d'acier doux : l'acier A37 et l'acier A42. Nous avons vu que l'application des nouveaux procédés provoque pour les aciers doux, à teneur égale en C et en Mn, un abaissement de la résistance à la rupture et de la limite élastique. Cela ne fait pas l'affaire des constructeurs.

Mais cet abaissement de résistance de l'acier n'effraye pas l'aciériste. Il peut y remédier facilement par un relèvement des teneurs en C et Mn, pour la mise à nuance correcte.

On pourrait toutefois nous faire l'objection : Pourquoi dans ces conditions éliminer l'azote dans ces aciers ? Nous répondrons que ce qui importe avant tout pour l'aciériste, c'est de pouvoir garder sous contrôle les teneurs de l'acier en éléments divers, nuisibles et bienfaisants. Pour atteindre ce but, il conduit, sauf cas spéciaux, ses opérations de telle façon, qu'en une première phase, il débarrasse le bain de fonte ou d'acier, dans la mesure du possible, des éléments qui accompagnent le fer, c'est-à-dire il produit du fer presque pur. Arrivé à ce stade, il introduit dans le bain liquide, en fin d'opération, les éléments de son choix, au moyen d'alliages appropriés, en dosages rigoureusement calculés. Il obtient ainsi un acier fini de composition déterminée. Mieux il aura affiné le bain en première phase, mieux il réussira la nuance d'acier désirée.

L'élimination de l'azote, impureté difficilement contrôlable en élaboration Thomas classique, est donc à ce

point de vue une opération utile et nous sommes d'avis que c'est une conséquence importante de l'emploi de nos méthodes de soufflage à l'oxygène que de mettre l'aciériste Thomas dans les mêmes conditions que son collègue de l'aciérie Martin, quant à la pureté du bain d'acier affiné, avant mise à nuance.

En ce qui concerne la nuance d'acier, j'attire votre attention sur les conclusions amenées par une recherche statistique sur la limite élastique des aciers courants de construction. Cette recherche exécutée par le Comité pour l'Etude de la Construction Métallique (C. E. C. M.) fait apparaître l'intérêt qu'il y aurait pour les constructeurs d'étendre l'emploi de l'acier de la nuance 42/50, chère aux anglo-saxons. Aussi, les usines ont-elles mis à l'étude des aciers S.Ox de cette nuance. Le contrôle statistique de cette fabrication est en cours.

Les premiers résultats obtenus au C. N. R. M. dans l'étude des aciers de construction ont trait à l'étude de la sensibilité à la rupture fragile. La construction soudée a mis en évidence l'importance de cette propriété, surtout quand il s'agit d'aciers destinés aux ouvrages d'art qui mettent en œuvre des produits de fortes épaisseurs; ces derniers provoquent par leur effet de masse une grande raideur des assemblages soudés.

A ce point de vue, nos études font ressortir une tendance promettant des résultats heureux dans la fabrication d'aciers présentant les qualités désirées par les constructeurs de façon aussi satisfaisante que les aciers Martin destinés, par exemple, à la construction navale. On sait que cette construction est sévèrement surveillée par des organismes puissants, tels que le Lloyds, A. B. S. (American Bureau of Shipping), les bureaux Veritas.

Les résultats que nous sommes en mesure de publier portent sur des produits de nuance A37, de 18 mm d'épaisseur et sur des produits de nuance A42, de 25 mm d'épaisseur.

L'examen a porté sur la résilience en fonction de la température. La résilience a été mesurée sur éprouvette Charpy avec entaille en V.

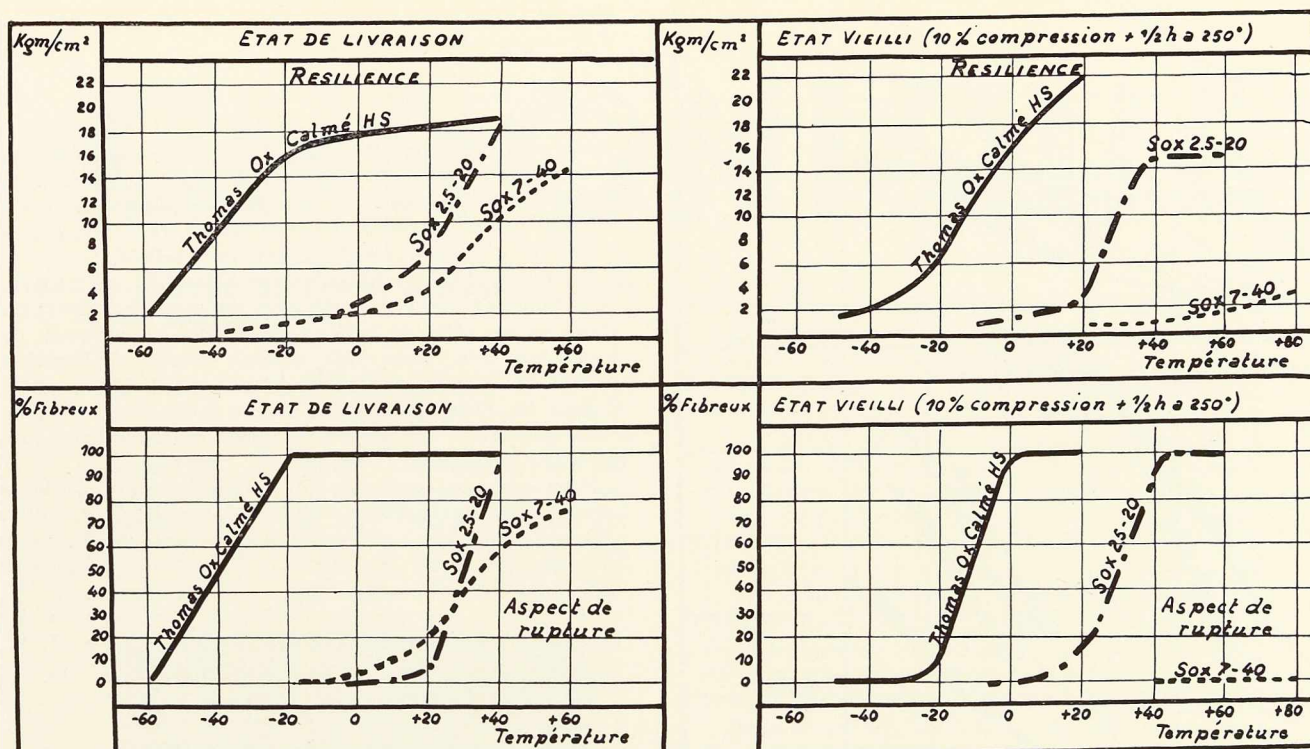


Fig. 45. Résultats de résilience sur tôles de 18 mm d'épaisseur, en acier A37.

1. Aciers A37, épaisseur 18 mm

La figure 45 montre les résultats des essais sur tôles à l'état de livraison et sur tôles vieilles artificiellement par compression de 10 % et réchauffage à 250° pendant une 1/2 heure. Nous avons étudié deux nuances d'aciers effervescents S.Ox 7-40 et S.Ox 2,5-20 (ce dernier est fabriqué à l'oxygène-vapeur). Le comportement de ce dernier acier est particulièrement saisissant après vieillissement. Il conserve une résilience intéressante alors que l'acier S.Ox 7-40 accuse une perte de résilience importante. Comme il fallait s'y attendre, les aciers effervescents n'atteignent cependant pas les performances de l'acier Thomas calmé H. S.

L'aspect de la cassure de l'éprouvette est mis en diagramme à la figure 45. Le pour-cent de rupture fibreuse suit l'évolution de la résilience.

2. Aciers A42, épaisseur 25 mm

Une deuxième série d'essais, compare pour des tôles de 25 mm d'épaisseur, le comportement d'aciers effervescents, semi-calmés et calmés, de nuance 42/50 en acier Thomas S.Ox et en acier Martin de même nuance. Ces aciers ont été examinés au moyen de l'essai de résilience Charpy, éprouvette à entaille en V, et de l'essai Van der Veen, essai de pliage lent sur éprouvette entaillée.

Les aciers semi-calmés sont caractérisés par le rapport Mn/C.

A l'examen des courbes de résilience et de celles rela-

tives au pourcentage de rupture fibreuse dans l'aspect de cassure (fig. 46), on constate que pour le même rapport Mn/C dans les nuances semi-calmées, l'acier S.Ox se comporte aussi favorablement que l'acier Martin.

De même l'acier Thomas calmé S.Ox 4,5 présente des caractéristiques très voisines de celles du Martin calmé.

L'examen du diagramme des essais Van der Veen amène les mêmes conclusions (fig. 47).

Conclusions

Notre exposé sur l'évolution de la technique du procédé Thomas a montré l'amélioration de certaines propriétés de l'acier produit selon nos nouvelles méthodes.

Les répercussions économiques de ces progrès sont importantes aussi bien pour les sidérurgistes que pour leurs clients.

Pour les producteurs d'acier Thomas, des débouchés qui paraissaient perdus se sont rouverts ou sont en voie de l'être. L'usage des produits plats prend dans le monde une extension considérable. Aussi, plusieurs usines liégeoises et luxembourgeoises ont-elles créé des installations importantes pour la fabrication de ces produits, laminoirs à bandes à chaud et laminoirs à froid, usine d'étamage électrolytique. Les exigences de la clientèle vis-à-vis de ces produits devenant de plus en plus sévères, notre vieil acier Thomas s'essouffait

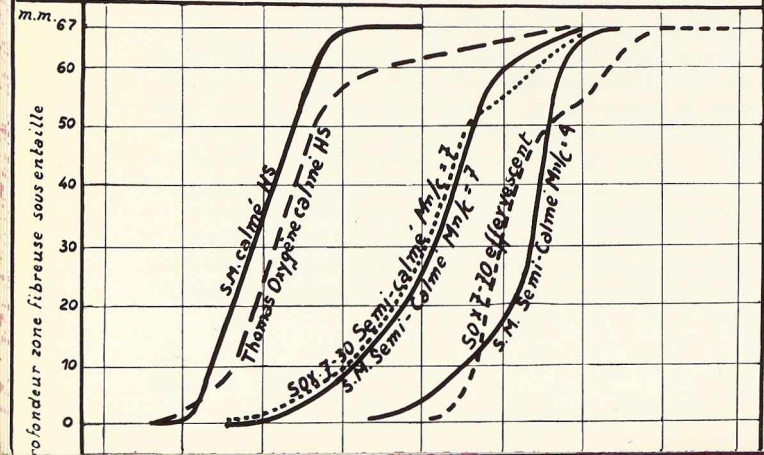
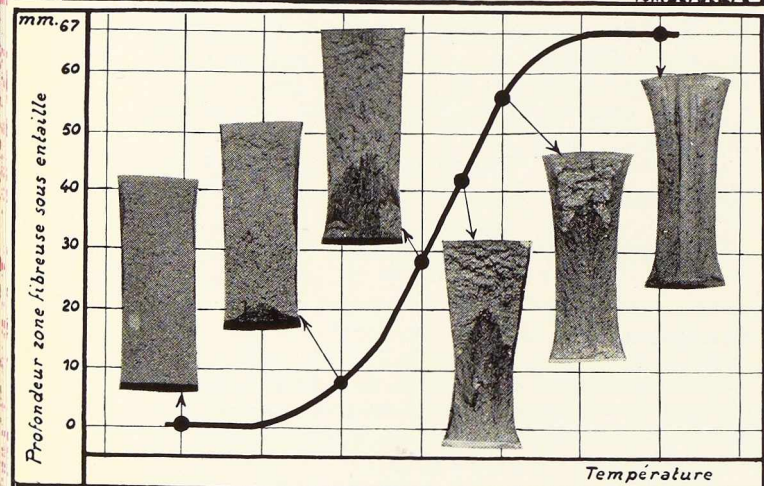
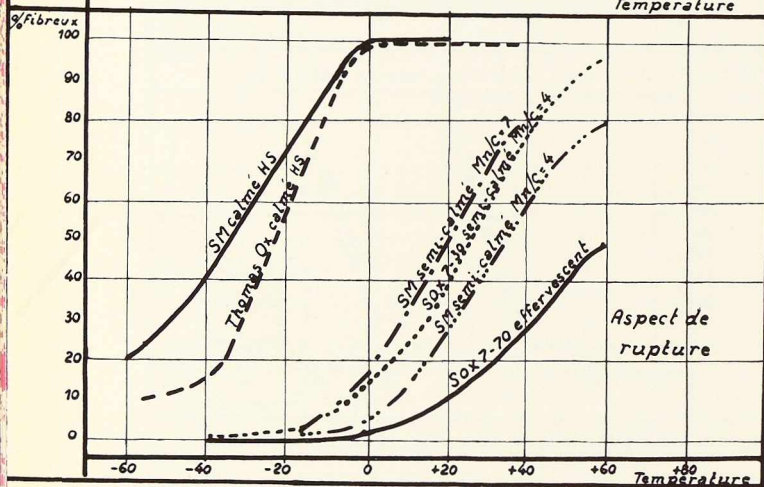
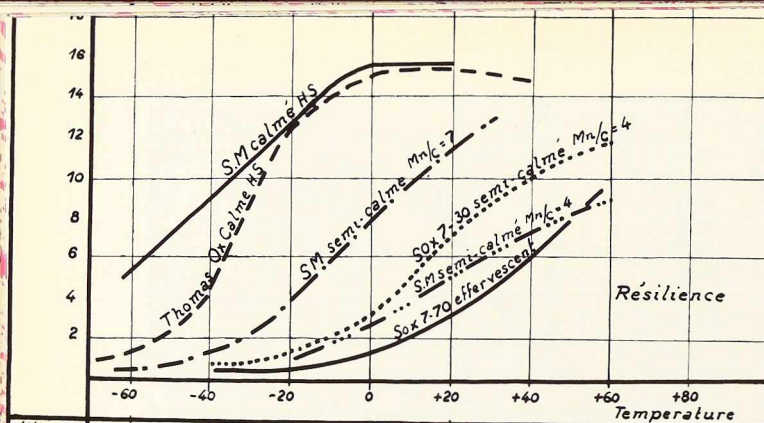


Fig. 46. Résultats de résilience sur tôles de 25 mm d'épaisseur, en acier A42.

à suivre le mouvement. Grâce à nos nouvelles techniques, nous arrivons à conférer de façon économique, à nos produits, les qualités requises; nous sommes en mesure de satisfaire, en acier Thomas, aux conditions les plus dures imposées aux produits plats et nos ventes profitent déjà largement de ces possibilités.

Pour nos clients emboutisseurs et tréfileurs, l'approvisionnement aisé en matériaux de qualité à des prix raisonnables offre de belles opportunités d'extension de leurs marchés. Nous leur offrons notre collaboration pleine et entière pour mettre au point les qualités d'acier les plus appropriées à leur fabrication, afin de leur permettre de produire leurs marchandises aux prix les plus bas.

Nous sommes moins avancés dans le domaine de la construction métallique. Mais le problème le plus urgent, celui de l'acier extra-doux, étant résolu, nous pourrions consacrer nos efforts à l'étude des problèmes qui se posent pour cette catégorie d'utilisateurs.

Les progrès que nous avons réalisés jusqu'ici en unissant nos forces, en collaborant au sein du C. N. R. M. franchement et loyalement, garantissent les succès futurs, croyons-nous.

*
**

L'auteur tient à rendre hommage aux qualités professionnelles des nombreux ingénieurs du C. N. R. M. et des Usines Sidérurgiques affiliées qui, par leurs efforts acharnés et enthousiastes, ont rendu possibles les progrès qu'il a signalés dans cet exposé.

J. W.

Bibliographie

- (1) MARBAIS, L. et NEPPER, M., Enrichissement en oxygène du vent soufflé au convertisseur Thomas. Qualité de l'acier obtenu (Revue Universelle des Mines, 1950, 9^e série, 6, n^o 4).
- (2) COHEUR, P., MARBAIS, L. et DAUBERSY, J., Fabrication d'acier Thomas de haute qualité (Revue Universelle des Mines, 1950, 9^e série, 6, n^o 4).
- (3) NEPPER, M. et DOR, L., Etude statistique de l'influence des constituants de l'analyse totale sur les propriétés mécaniques des tôles fines (Revue Universelle des Mines, 1950, 9^e série, n^o 10).
- (4) COHEUR, P., Fabrication et propriétés des aciers Thomas à bas azote. II. Essais d'aciérie. Emploi de la castine (Revue de Métallurgie, janvier 1951, 48, n^o 1, 18-22).
- (5) DAUBERSY, J., Fabrication et propriétés des aciers Thomas à bas azote. III. Essais d'aciérie. Emploi de mélanges vapeur d'eau-oxygène (Revue de Métallurgie, janvier 1951, 48, n^o 1, 23-30).
- (6) MARBAIS, L. et NEPPER, M., Fabrication et propriétés des aciers Thomas à bas azote. IV. Essais mécaniques (Revue de Métallurgie, janvier 1951, 48, n^o 1, 30-35).
- (7) NEPPER, M. et DOR, L., Deuxième étude statistique de l'influence des constituants de l'analyse totale sur les propriétés mécaniques des tôles fines (Revue de Métallurgie, janvier 1951, 48, n^o 1, 35-43).
- (8) COHEUR, P., Fabrication d'acier Thomas à bas azote et bas phosphore (Revue Universelle des Mines, avril 1952).
- (9) LANGERS, HERBIET et MONTBRUN, Etude des propriétés mécaniques et de l'aptitude à la déformation à froid de l'acier Thomas soufflé à l'air enrichi (Revue Universelle des Mines, novembre 1952).

Fig. 47. Résultats d'essais de pliage lent avec entaille sur tôles de 25 mm d'épaisseur, en acier A42.

CHRONIQUE

Le marché de l'acier pendant le mois de février 1954

	Production acier lingot en tonnes		
	Belgique	Luxembourg	Total
Février 1954	366 261	202 326	568 587
Janvier 1954	376 138	200 664	576 802
Janv.-fév. 1954	742 407	402 990	1 145 397
Janv.-fév. 1953	791 108	450 202	1 241 310

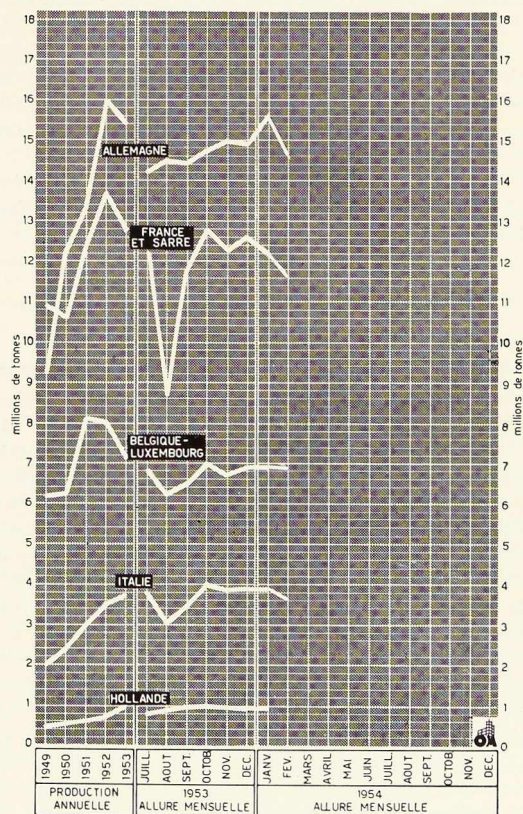


Fig. 1. Moyennes de production d'acier lingot des six pays de la Communauté Européenne Charbon-Acier (C. E. C. A.).

C. E. C. A.

Le marché commun a été fort calme, mais la demande a sensiblement augmenté au cours du mois de janvier. Il y a lieu toutefois de souligner que cet accroissement de rentrées de commandes a, en grande partie, un caractère spéculatif, les acheteurs ayant été incités à se couvrir avant la publication des nouveaux barèmes.

Les prix d'exportation, d'une façon générale, n'ont pas été modifiés en février. L'écart entre ces prix et ceux pratiqués à l'intérieur de la C. E. C. A. est actuellement assez petit pour certains produits. D'autre part, les prix d'exportation des producteurs britanniques ont été pratiquement alignés sur ceux que les producteurs continentaux pratiquent sur les marchés d'outre-mer.

Dans une étude intitulée « Le marché européen de l'acier pour 1953 » la Division de l'industrie du Secrétariat de la C. E. E. à Genève étudie les principaux facteurs du marché sidérurgique et la politique pratiquée dans les six pays pour s'adapter aux changements intervenus ces derniers temps. La production sidérurgique européenne a légèrement augmenté en 1953, mais la demande a une tendance à fléchir dans les pays de la C. E. C. A.

D'après les auteurs de l'étude, ce serait une grave erreur que de voir dans ce fléchissement la preuve que la production doit être adaptée à une demande qui n'atteindra plus jamais les demandes antérieures.

La Sidérurgie, estiment-ils, pourrait prendre elle-même de nouvelles initiatives pour accroître la demande, notamment en organisant l'étude du marché et en revisant, notamment dans le domaine de l'exportation, sa politique des prix. L'industrie pouvant se procurer aujourd'hui les matières premières dont elle a besoin, il n'y a plus de problèmes d'approvisionnement. Actuellement la consommation des matières premières est surtout caractérisée par la diminution d'emploi de la ferraille au haut fourneau, par la modification du rapport fonte/ferraille à l'aciérie et par les variations de la consommation de coke par tonne de fonte produite.

L'impôt européen au profit de la C. E. C. A. a produit, en 1953, 34,43 millions de dollars, déduction faite des dépenses administratives et du rem-

boursement aux six Gouvernements des avances consenties, l'encaisse au 31 décembre 1953 s'élevait à 24,22 millions de dollars. La Haute Autorité affectera ce solde à concurrence de 20 millions de dollars au Fonds de garantie et 4 millions de dollars au Fonds de réadaptation de la main-d'œuvre. Au taux actuel de 0,9 %, le prélèvement est estimé pour le premier semestre 1954 à 24 millions de dollars environ.

Des experts des six pays de la C. E. C. A. se sont réunis sous la présidence de M. Rollmann pour discuter des barèmes pour aciers spéciaux, ceux-ci devant être intégrés dans le marché commun au mois de mai prochain.

M. Félix Chomé, Président des A. R. B. E. D., a donné sa démission de Membre du Comité Consultatif auprès de la Haute Autorité, ses fonctions de Président des A. R. B. E. D. ne lui laissant pas le temps de suivre avec toute l'attention voulue les travaux du Comité Consultatif.

Prêt américain

M. Jean Monnet reste en contact avec le Gouvernement américain au sujet de l'emprunt que celui-ci consentirait à la C. E. C. A. Le montant n'en est pas encore déterminé, mais il est probable qu'un prêt de 100 millions de dollars serait consenti.

Les U. S. A., comme M. Monnet, sont d'avis cependant que la principale source de capitaux pour les programmes de la C. E. C. A. doit venir de prêteurs privés et non d'un Gouvernement, américain ou autre.

Ce crédit, s'il est consenti, sera la preuve de l'intérêt continu que les U. S. A. attachent à la C. E. C. A. Il renforcera l'influence de la Communauté et l'aidera à attirer les capitaux privés nécessaires à ses projets d'expansion.

La Haute Autorité se propose de consacrer 50 000 000 de fr à l'étude des économies que peut apporter l'emploi de l'acier dans la construction des immeubles d'habitation.

Au *Grand-Duché de Luxembourg*, la production de minerai de fer s'est élevée en janvier dernier à 439 575 t, dont 90 827 t ont été exportées vers la Belgique.

En *France*, un projet envisage de permettre aux entreprises de constituer chaque année, en franchise d'impôts, une provision pour modernisation des installations, sous réserve qu'elle soit immédiatement réemployée. D'autre part, on projette également de détaxer les nouveaux investissements.

Le Ministre des Finances accepte aussi le principe de créer en franchise d'impôt une provision pour la création d'organismes servant à l'expor-

tation (bureaux de vente à l'étranger, service d'étude des marchés, etc.).

En *Allemagne*, la diminution de production d'acier lingot de 2,5 % par rapport à 1952, s'est faite entièrement aux dépens de l'acier Thomas dont la production mensuelle moyenne est tombée à 517 000 t. De ce fait, la part de l'acier Thomas dans la production totale n'est plus que 41,5 %. Par contre, celle de l'acier Martin est passée à 55,8 %; les 2,7 % restants représentent les aciers spéciaux.

Malgré le ralentissement de la collecte des ferrailles, le marché est sursaturé; les exportations qui ont atteint 600 000 t, contre 400 000 en 1952, n'ont pas pu résorber l'excédent.

On annonce la formation à Berlin d'une nouvelle Société «Für Berg- und Hüttenbetrieb» A.G., qui groupe à peu près toutes les usines qui faisaient partie de l'ancien *Konzern* «Herman Göring». Le capital se monte à 350 millions de DM et le siège administratif est fixé à Salzgitter Hütte.

Les chantiers allemands prennent la deuxième place, pour les constructions navales, suivant de près la Grande-Bretagne. Les U. S. A. viennent en quatrième rang, suivis par la Suède, la France et l'Italie (262 512 t).

En *Belgique*, le tonnage lancé en 1953 atteint 61 426 t, soit 4 276 t de plus que l'année précédente.

La sidérurgie dans le monde

U. S. A.

Depuis le début de l'année, les usines produisent à 75,5 % de leur capacité. On souligne que la prospérité de la sidérurgie reflète celle de l'industrie de la transformation qui est son client. En ce qui concerne les industries de la transformation, un excellent baromètre est fourni par celle des machines-outils qui anticipe sur l'activité future de ces secteurs. La prévision d'une augmentation de commandes en machines-outils de 15 % en janvier s'est réalisée et la demande semble se maintenir. Dans l'automobile, qui est le secteur de production en série le plus expressif, la demande reste calme. De nombreux constructeurs, tels que Plymouth par exemple, envisagent d'accroître le montage. Cette firme a vendu 140 000 voitures dans les dix premiers jours de février et Ford 40 448. On signale que les stocks de voitures d'occasion chez Ford ont diminué de 10 % en deux mois.

Grande-Bretagne

La Grande-Bretagne reste réticente quant à son

entrée dans la C. E. C. A.; bien qu'on soit en général « sympathisant », on voudrait avoir vu fonctionner le marché commun pendant quelque temps avant de s'engager.

Comme en Allemagne, les stocks anglais de ferrailles sont considérables : ils sont de 50 % supérieurs à ce qu'ils étaient il y a 3 ans.

Une sixième firme, la *Hallamshire Steel and File Co.* vient d'être dénationalisée : elle a été rachetée par la *James Neil and Co.*

Un nouveau haut fourneau d'une capacité de 6 000 t par semaine (le plus grand d'Europe) vient d'être mis en marche à Scunthorpe (Lincolnshire). Un second haut fourneau du même type sera mis en service en automne prochain.

La *British Iron and Steel Research Association* a inauguré il y a quelques semaines ses nouveaux laboratoires de recherches à Sheffield : pour débiter, ils vont s'attaquer à trois problèmes qui préoccupent l'industrie britannique : la fabrication de l'acier au four électrique, le contrôle automatique de l'épaisseur des tôles au cours du laminage et les multiples questions soulevées par l'étrépage à grande vitesse (comportement des filières, évacuation de la chaleur produite, lubrification, etc.). A côté de cela, les laboratoires se sont fixé un programme à longue échéance comportant l'essai de 3 000 éprouvettes prélevées dans trois nuances d'acier commercial afin de rassembler les données d'une étude statistique des caractéristiques de ces aciers.

Australie

Dans son rapport annuel, l'Administration des Mines préconise la création d'une aciérie à Whyallan (Australie du Sud) d'une capacité de 750 000 à un million de tonnes par an. Ce projet pourrait être financé par des fonds provenant de l'étranger. D'importantes ressources naturelles sont disponibles pour ce développement et comme la population et l'industrie s'accroissent rapidement, on estime que la consommation d'acier en Australie atteindra 5 millions de tonnes par an dès 1960.

Jusqu'à une époque récente, l'Australie n'avait pas pris part au marché d'exportation de l'acier, mais comme depuis plusieurs années elle produit au prix le plus bas du monde, on pense qu'elle pourrait concurrencer avec succès sur de nombreux marchés internationaux.

La production mondiale d'acier brut

La production mondiale d'acier brut a atteint en 1953, avec environ 235 millions de tonnes, son niveau le plus élevé depuis la naissance de l'industrie sidérurgique moderne. Les résultats de

l'année précédente, 1952, s'étaient ressentis de la grève dans l'industrie sidérurgique des Etats-Unis. Par contre, la Communauté avait réalisé en 1952 une production d'acier brut légèrement supérieure à celle de 1953 : elle n'en continue pas moins de tenir la deuxième place. L'Union Soviétique vient au troisième rang, suivie de la Grande-Bretagne et — avec des grands écarts — des pays de l'est de l'Europe, du Japon, du Canada, de l'Australie, de la Suède, de l'Inde, de l'Union Sud-Africaine, de l'Autriche, du Brésil et de l'Espagne. Le tableau ci-dessous, qui donne les productions en millions de tonnes, est basé, partiellement, sur des évaluations; les données relatives aux pays de l'Est, notamment présentent une certaine marge d'incertitude.

	1951	1952	1953
MONDE	211	213	235
dont :			
Etats-Unis d'Amérique . . .	95,4	84,5	101,2
Pays de la CECA	37,8	41,8	39,6
U. R. S. S.	31,3	34,4	37,8
Grande-Bretagne	15,9	16,7	17,9
Pays de l'Est de l'Europe . . .	9,6	10,7	12,3
Japon	6,5	7,0	7,5
Canada	3,3	3,4	3,8
Australie	1,5	1,6	2,1
Suède	1,5	1,7	1,8
Indes	1,5	1,6	1,5
Union Sud-Africaine	0,9	1,2	1,3
Autriche	1,0	1,1	1,3
Espagne	0,8	0,9	0,9
Brésil	0,8	0,9	1,0
Mexique	0,5	0,6	0,6
Yougoslavie	0,4	0,4	0,5

Inde

Le Gouvernement indien a annoncé l'achat de 200 000 t de produits d'acier à l'aide des 22 1/2 millions de dollars du fonds T. C. A. Le détail des produits est le suivant :

50 000 t de rails;
30 000 t de traverses;
5 000 t de tôles galvanisées;
3 000 t de billettes;
40 000 t de tôles fines;
30 000 t de tôles fortes;
40 000 t de tôles navires.

Ecluse Baudouin à Anvers

Une nouvelle grande écluse maritime est

actuellement en construction au Nord d'Anvers, à 250 m de l'écluse du Kruisschans dont elle constituera le doublement.

L'écluse du Kruisschans, construite de 1919 à 1928, a 270 m de longueur entre portes extérieures, 35 m de largeur et 10 m de profondeur d'eau sur le seuil à marée basse moyenne.

Le nouvel ouvrage, appelé Ecluse Baudouin, aura 360 m de longueur, 45 m de largeur et 10,50 m de profondeur sur le seuil. Il est établi au nord et parallèlement à l'écluse existante.

L'écluse Baudouin comprend deux massifs de tête séparé l'un de l'autre par le sas. Les têtes sont des constructions indépendantes, formant barrage, les fondations étant entourées d'un écran en palplanches métalliques, en vue de s'opposer au siphonnement des eaux sous ces fondations.

Dans chaque tête sont placées deux portes roulantes, dont une de réserve. Les portes roulantes ont 47 m de longueur, 8,58 m de largeur hors tout et 18,50 m de hauteur au-dessus des rails inférieurs.

Le dispositif de remplissage comporte des aqueducs contournant les portes et commandés par deux vannes roulantes.

Les portes et les vannes sont en acier soudé et à double bordage. On a adopté la manœuvre par câbles.

Les bajoyers, en béton armé, sont du type en équerre, sans contreforts; leur hauteur est de 18,25 m au-dessus du radier.

Le projet de l'écluse Baudouin est l'œuvre de l'Administration des Voies Hydrauliques.

Les travaux de l'écluse ont été adjugés à la Compagnie Internationale des Pieux Franki, ayant comme sous-traitants, pour les vannes et bâtiments de service, les Ateliers Métallurgiques de Nivelles, et pour les portes roulantes, la firme Jos. Boel & Fils, à Tamise. Cette firme a confié certains travaux de soudure aux Anciens Etablissements Métallurgiques Nobels-Peelman.

L'équipement électro-mécanique de l'écluse a été adjugé à la S. A. des Ateliers du Thiriau.

La réalisation de l'écluse Baudouin nécessite la construction d'un pont basculant du type Strauss, sur la tête amont de l'écluse. Ce pont porte une voie carrossable de 7 m de longueur, ainsi qu'une voie de chemin de fer; il couvre une passe maritime de 45 m. Les travaux du pont et de son équipement électro-mécanique ont été adjugés aux constructeurs en association momentanée: S. A. Baume et Marpent et la S. A. Ateliers de Construction Mécanique de Tirlemont.

Construction navale belge

Le Ministère des Communications nous a fait parvenir le numéro 36 du *Bulletin de l'Administration de la Marine* donnant la liste officielle des navires de mer belges.

Nous en extrayons les chiffres suivants en ce qui concerne l'année 1953 :

A. Flotte marchande

3 navires vendus à des pays étrangers	16 949 t
1 navire perdu par naufrage	3 426 t
1 navire démoli	6 429 t
4 nouveaux navires	6 618 t
Tonnage total de la flotte marchande au 1 ^{er} janvier 1954 (90 navires)	417 700 t

B. Remorqueurs et matériel de draguage

34 remorqueurs	4 300 t
31 dragueurs	17 600 t

C. Flotte de la Force Navale

1 frégate-école	1 430 t
21 dragueurs de mines	9 860 t
1 transport de troupes	3 840 t
3 remorqueurs	150 t
6 canonnières	180 t

D. Flotte de l'Etat

5 paquebots	16 420 t
1 car-ferry	2 540 t
2 navires-écoles	1 240 t
15 divers	5 160 t

Total général 480 420 t

Conférence du Professeur Baes

Le Professeur Baes, Président de l'A. B. E. M. a fait le 17 mars à la Société Royale Belge des Ingénieurs et Industriels, une très intéressante conférence sur le sujet « Relation des essais jusqu'à destruction de trois pylônes métalliques en treillis, destinés à une ligne coloniale à haute tension. Essais effectués à la station d'essai pour pylônes de Lecco (Italie), de la S. A. Elettrificazione, de Milan.

L'Ossature Métallique publiera prochainement le texte complet de cette communication.

Conférence de M. Stucky

M. Stucky, Directeur de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Lausanne a fait à la Société Royale Belge des Ingénieurs et Industriels une



remarquable conférence au cours de laquelle il a pris la défense de l'ingénieur et a fait son éloge en montrant l'importance de son rôle et l'ampleur de son activité.

L'étude de l'ingénieur s'exerce sur les faits et sur les matières tirés de la nature, en vue d'un travail bien défini.

On a rendu l'ingénieur responsable de la crise morale déterminée par le progrès, que subit le monde moderne. C'est n'indiquer qu'une seule cause, alors qu'elles sont multiples, à un mal dont l'homme a toujours souffert.

Chaque génération s'est toujours efforcée de se libérer des contraintes matérielles du travail manuel, soit pour pouvoir s'adonner au libre travail de l'esprit, soit pour réduire la fatigue du travail manuel, soit encore pour tirer avantage, en vue d'un meilleur standing de vie, des produits de la nature.

M. Stucky a souligné que les meilleurs parmi les ingénieurs conservent le goût de la recherche désintéressée tout en se consacrant à la construction. C'est là un des aspects les plus élevés de la profession de l'ingénieur.

La place de l'ingénieur dans le monde moderne est considérable. Elle tend à tirer parti, pour le plus grand bien de l'homme, des richesses de la nature, à améliorer les créations antérieures pour leur assurer un meilleur rendement et, finalement, à fournir à l'homme les meilleures conditions de vie dans le domaine matériel et, par voie de conséquence, dans le domaine moral.

Aux Ateliers de La Louvière-Bouvry

Les Ateliers de La Louvière-Bouvry viennent d'étudier, de construire et de monter les bâtiments d'une des plus importantes fonderies du pays.

Destinés aux Forges, Usines et Fonderies de Gilly, ces bâtiments se composent de plusieurs halls accolés l'un à l'autre et formant un ensemble couvrant 6 200 m². Chaque hall est muni de ponts roulants dont certains sont capables de lever 30 t.

Les toitures sont du type Raikem assurant un éclairage parfait des surfaces couvertes. La caractéristique de ce bâtiment est sa légèreté : 850 t pour l'ensemble.

Fig. 2. Ossature métallique des bâtiments des Forges, Usines et Fonderies de Gilly.

Photo « Photart ».

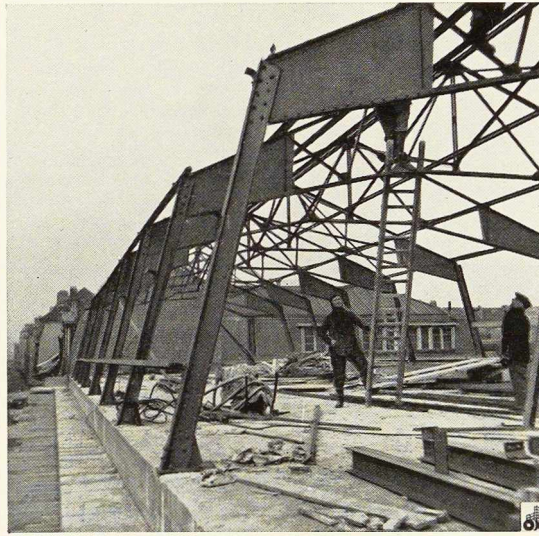


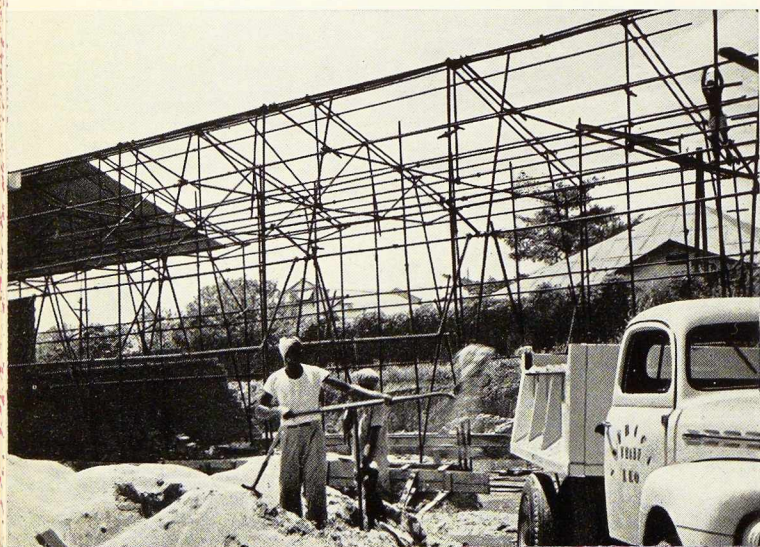
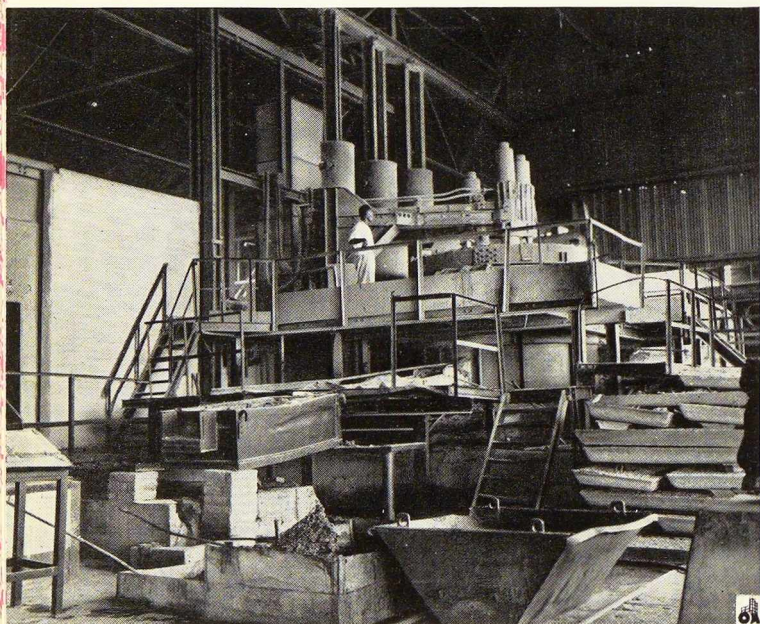
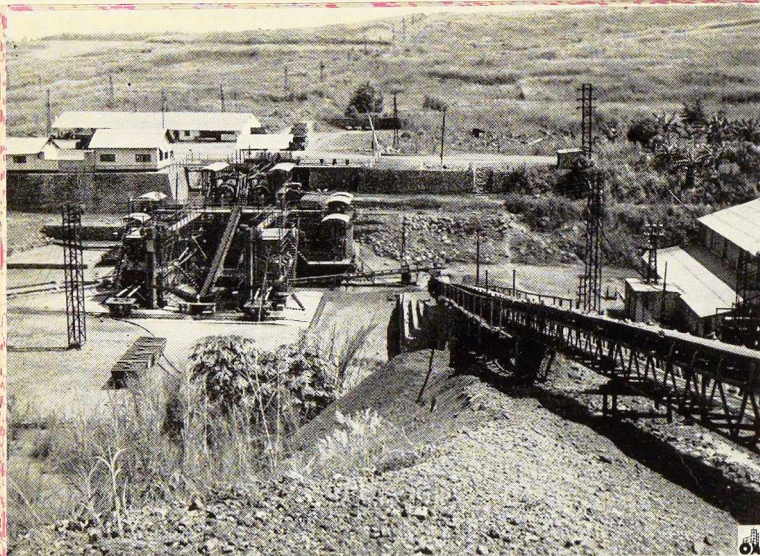
Fig. 3. Charpente métallique supportant la toiture de l'Institut des Filles de la Sagesse à Saint-Josse.

Le nouveau bâtiment de l'Institut des Filles de la Sagesse à Saint-Josse

On vient de construire à Saint-Josse un nouveau bâtiment pour l'Institut des Filles de la Sagesse.

La toiture de cet édifice est portée par des fermes métalliques assemblées par boulons. La portée des fermes est de 10,00 m. Environ 13 t d'acier ont été mises en œuvre. Les plans du bâtiment ont été établis par l'Architecte Piepers. Les travaux d'entreprise générale ont été confiés à la Firme Hambresin Frères. La charpente métallique a été construite et montée par la S. A. L. Leemans & Fils.





Chronique du Congo Belge

Un port pétrolier à Port-Francqui

Des travaux sont actuellement en cours à Port-Francqui. Grâce au pipe-line Matadi-Léopoldville et à l'emploi de bateaux-citernes de Léopoldville à Port-Francqui, ils permettront de livrer en vrac les produits pétroliers, ce qui ne pourra qu'avoir pour les consommateurs des avantages importants. Outre l'économie dans les frais de transport, les consommateurs n'auront plus à redouter les coulages, pertes de poids, et autres inconvénients du transport en barils. Ces avantages sont encore décuplés si, comme on l'espère, le chemin de fer B. C. K. de son côté, met en service des wagons-citernes, qui donneront la possibilité de livrer tous ces produits en vrac à tous les points desservis par le réseau.

Travaux projetés à Bukavu

Le Gouverneur de la province du Kivu a soumis au Comité de la Chambre de commerce et d'industrie de Bukavu un projet d'urbanisation du plateau Léopold.

Ce projet prévoit un nouveau bâtiment des P. T. T., un hôtel de ville, une succursale de la Banque centrale du Congo belge et du Ruanda-Urundi, un Palais de Justice, un théâtre municipal et un marché couvert; enfin deux complexes de bâtiments commerciaux sont envisagés.

Le Comité a approuvé ce projet à l'unanimité.

Fig. 1. Installation de lavage de gravier diamantifère aux mines de diamants de Bakwanga au Kasai, exploitées par la Société Internationale Forestière et Minière du Congo (Forminière).

Photo C. Lamote.

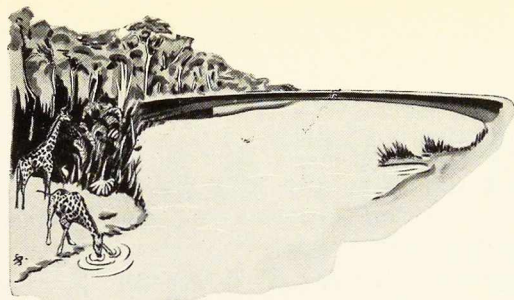
Fig. 2. Four électrique installé aux Usines de Manono de la C^{ie} Géomines.

Photo H. Goldstein.

Fig. 3. Construction d'un nouveau hangar destiné à la Société « Citos » à Léopoldville.

Photo C. Lamote.

1 —
2 —
3 —



Il demandera au Gouverneur général de faire procéder à bref délai aux adjudications et aux travaux.

Constitution de nouvelles sociétés au Congo

Parmi les Sociétés récemment constituées au Congo belge on relève notamment : les Ateliers de Léopoldville S. C. A. R. L. Siège social : Léopoldville. Siège administratif : Hemiksem. Objet principal : Fabrications métalliques, montage de matériel de levage, de manutention, de transport, de travaux publics et de mines. Constituant principal : S. A. « Le Titan Anversois ».

La Société DIFCO S. C. A. R. L. Siège social : Léopoldville. Siège administratif : Bruxelles. Objet principal : Commerce et Industrie de l'automobile. Constituant principal : S. A. Anciens Etablissements D'Ieteren frères.

Un aérodrome à Goma

La construction d'une plaine d'aviation à Goma est décidée. Elle permettra l'évolution rapide et régulière des produits agricoles du nord du Kivu, région qui souffrait d'une crise grave vu l'impossibilité d'écouler les légumes, fleurs, viandes, à des conditions satisfaisantes.

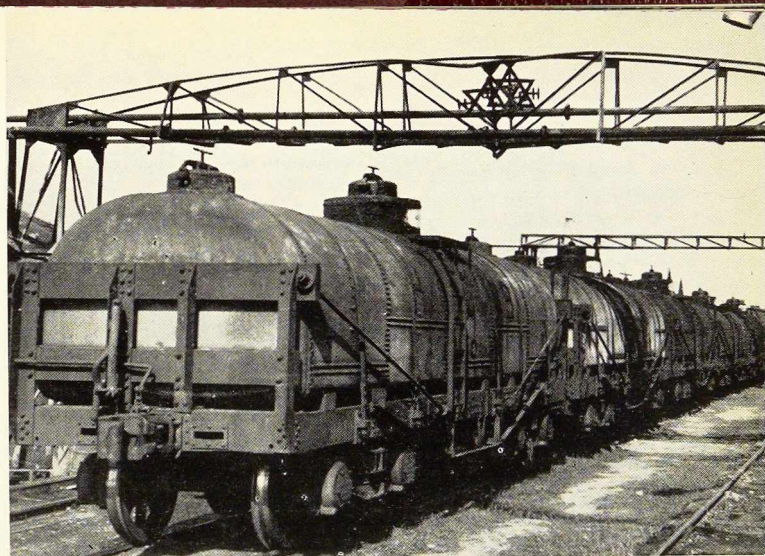
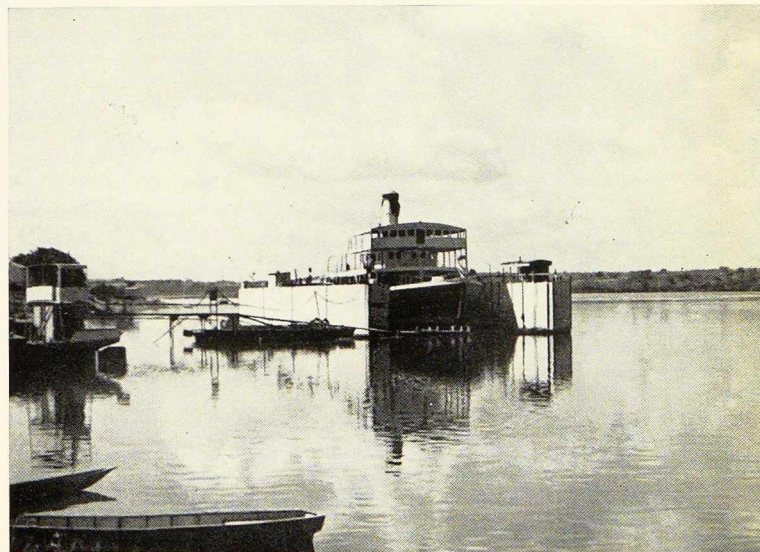


Fig. 4. Rame de wagons-citernes destinés au transport de l'huile de palme entre Léopoldville et Matadi. Photo **Congopresse**.

Fig. 5. Pelles électriques de 3,5 m³ de capacité, déversant les déblais directement sur des wagons qui les transportent sur des zones de déblayage. Exploitation à ciel ouvert d'une mine de cuivre de l'U. M. H. K. à Ruwe. Photo **H. Goldstein**.

Fig. 6. Sternwheeler du fleuve Congo en réparation dans le dock de la Chanic à Léopoldville. Photo **Congopresse**. - Documents **C. I. D.**



— 4
— 5
— 6

Prix de vulgarisation scientifique

En 1950, le Conseil provincial du Hainaut a décidé la création d'un prix biennal de vulgarisation scientifique d'un montant de 30 000 fr.

Ce prix a pour but de consacrer la valeur d'un mémoire destiné à rendre accessible au plus large public possible, une notion fondamentale ou un groupe important de notions ressortissant en science exacte, en science de la nature, en science de l'homme.

Le prix de vulgarisation scientifique sera attribué pour la première fois en 1954.

Congrès de la Fédération internationale de l'Habitation et de l'Urbanisme

Le prochain Congrès de la Fédération internationale de l'Habitation et de l'Urbanisme se tiendra à Edimbourg (Ecosse) du 20 ou 26 septembre 1954.

On y examinera les problèmes suivants :

Lutte contre les taudis, densité des habitations, construction de nouvelles maisons, etc.

Prix du logement de la F. B. U. H.

Pour décider les sociétés agréées d'habitations à bon marché à poursuivre leurs activités dans le domaine du logement, la Fédération Belge de l'Urbanisme et de l'Habitation (F. B. U. H.) a institué un prix annuel, dénommé prix de la Fédération Belge de l'Urbanisme et de l'Habitation.

Ce prix ne peut être attribué qu'à une société belge qui aura réalisé depuis le 1^{er} janvier 1946 un ensemble comportant au moins 50 logements (habitations individuelles ou appartements).

Le Conseil d'Administration fixera chaque année la nature du prix. Les demandes en vue de l'obtention du prix annuel doivent parvenir au siège de la F. B. U. H., 30, rue aux Laines à Bruxelles, avant le 1^{er} mai de chaque année.

Travaux à l'I. B. N.

L'Institut Belge de Normalisation vient de soumettre à l'enquête publique les projets de norme belge suivants :

Complément à NBN 176 (à l'enquête jusqu'au 30 avril 1954)

Complément au chapitre NBN 176.04 : Appareils de sécurité pour le soudage au gaz.

NBN 340 (à l'enquête jusqu'au 9 mai 1954)

Condition de réception des câbles en acier. Ce document comporte trois chapitres : Prélèvements et préparation des échantillons et éprouvettes — Matières — Câble proprement dit.

Travaux à l'I. S. O.

L'Organisation Internationale de Standardisation (I. S. O.) continuant la série de travaux de préparation de la normalisation internationale, vient de réunir le Sous-Comité I du Comité technique 5 « Tuyauteries et Raccords ».

Lors de cette réunion les divers pays représentés choisirent des tolérances à admettre pour les tubes série gaz à fileter de 1/8" à 6" et les tubes lisses.

Hangar pour avions à Melsbroeck

On construit actuellement à l'aéroport de Melsbroeck un nouveau hangar dont les dimensions sont de 152,50 m \times 66 m (voir figure ci-contre).

La grande baie centrale de 152,50 m est divisée en deux par un pilier central métallique. La toiture est supportée par 13 fermes types de 40 m de portée s'appuyant d'une part sur le mur de la paroi, d'autre part, sur la grande sablière centrale avec un porte-à-faux de 17 m. Dans le hangar sont prévus des chemins de roulement destinés à la suspension d'un pont roulant d'un type spécial. Le poids total de l'ossature est de 800 t. Toute la sablière est complètement rivée en atelier et au montage. Les fermes ont été assemblées et rivées au montage. La sablière a été montée sur chevalet provisoire, respectant la contre-flèche de fabrication.

L'entreprise générale du nouveau hangar de Melsbroeck a été confiée aux Entreprises Ed. François & Fils, S. A.; la construction et le montage de la charpente métallique sont assurés par les Ateliers Métallurgiques de Nivelles, les travaux sont contrôlés par le Bureau Seco.

