

L'OSSATURE MÉTALLIQUE

5^e ANNÉE

N° 10

OCTOBRE 1936

REVUE MENSUELLE DES APPLICATIONS DE L'ACIER
éditée par

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

54, rue des Colonies, Bruxelles - Téléphone : 17.16.63 (2 lignes)
Chèques postaux : 340.17 - Adr. télégraphique : «Ossature-Bruxelles»

S O M M A I R E

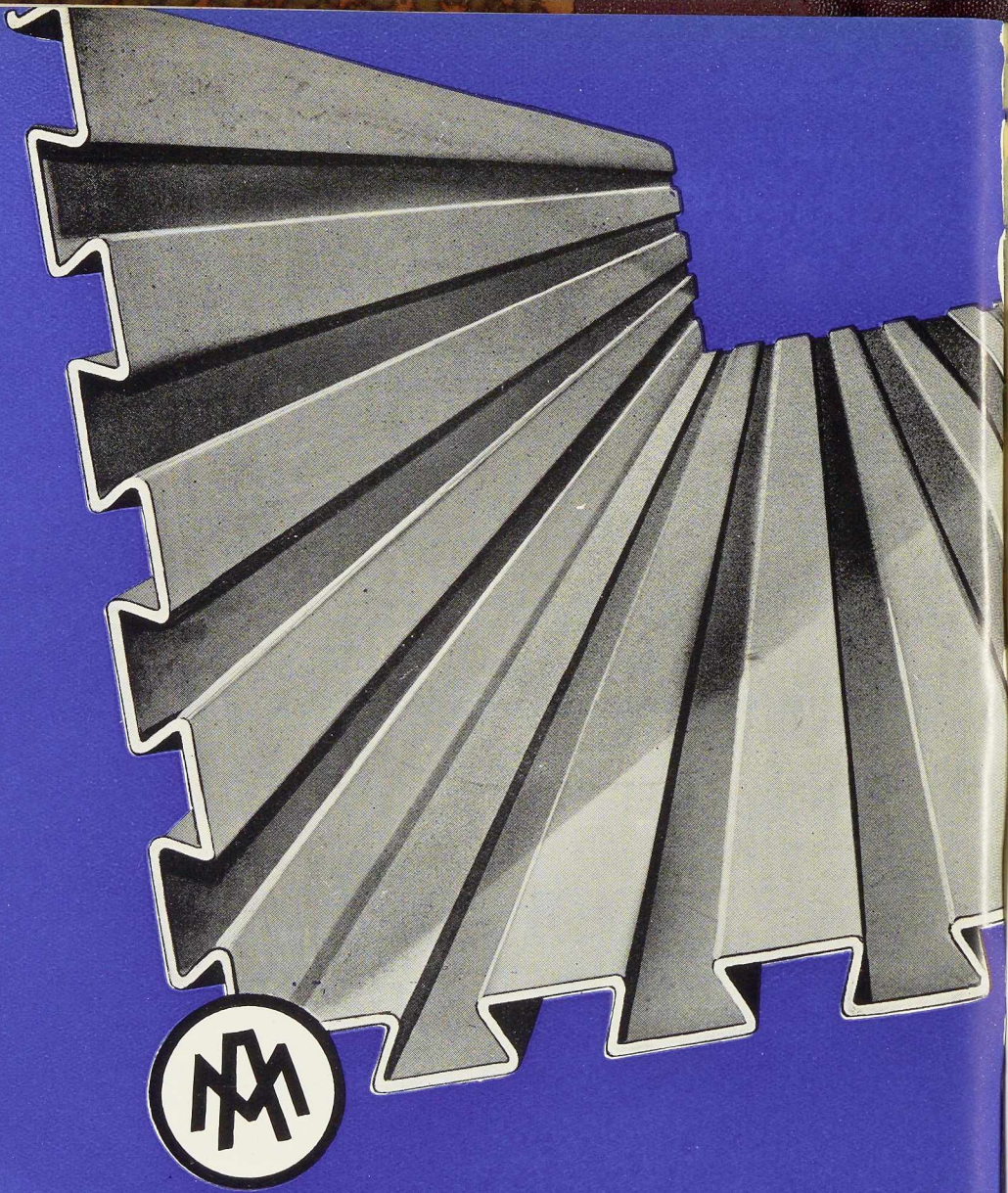
	Pages
La tribune provisoire du Parvis de Notre-Dame de Paris	431
Les tendances actuelles dans la construction en acier, par L. Rucquoi	435
Le nouveau stade couvert du collège de Swarthmore en Pensylvanie	438
L'ossature métallique soudée des nouveaux bâtiments de la Société Anonyme E.S.A.B. à Bruxelles, par A. Russon	439
La construction soudée du nouveau marché couvert de Katowice, par St. Bryła	444
La poutre Vierendeel : Généralisation de la méthode de calcul par ouver- ture des mailles par sectionnement d'une des mem- brures, par L. Baes	447
CHRONIQUE : Le marché de l'acier au mois d'août 1936 (p. 478) - Le Congrès de Berlin de l'A. I. P. C. (p. 479) - La 5 ^e Conférence Internationale des Centres d'Information de l'Acier, à Berlin, octo- bre 1936 (p. 480) - La reprise industrielle aux Etats-Unis (p. 480) - Notre concours d'architecture pour la construction d'un immeuble à appartements en ossature métallique (p. 481).	
OUVRAGES RÉCEMMENT PARUS	481
DOCUMENTATION BIBLIOGRAPHIQUE	483

ABONNEMENTS. Belgique et Grand-Duché de Luxembourg, 1 an, 40 fr.,
Etranger, 1 an, 14 belgas. Paiement par chèques postaux (compte n° 340.17), par
chèque ou mandat-poste. Tous les abonnements prennent cours au 1^{er} janvier.

INDEMNITÉS D'AUTEURS. Une indemnité par page imprimée de
texte et de figures est allouée aux auteurs d'articles signés. Des tirés-à-part
peuvent être fournis suivant commande.

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

PUBLICITÉ. Envoi de notre tarif et visite de notre agent de publicité sur
demande.



Am'acier

L'ARMATURE ECONOMIQUE
POUR DALLES-CLOISONS
ET TERRASSES EN BETON

LES ATELIERS METALLURGIQUES - NIVELLES - BELGIQUE

AGENT GÉNÉRAL : BRUXELLES, 54, rue des Colonies. Téléphone : 17.43.05

RÉUSSISSEZ LE
CONCOURS

organisé par la revue
**L'Ossature
Métallique**

en prévoyant dans
la construction de
l'immeuble demandé
les éléments

AM'ACIER

BREVETS RIDLEY
MARQUE DÉPOSÉE

Studio Simar Stevens
BRUXELLES

L'OSSATURE MÉTALLIQUE

REVUE MENSUELLE DES APPLICATIONS DE L'ACIER

5^e ANNÉE - N° 10

OCTOBRE 1936

La tribune provisoire du Parvis de Notre-Dame de Paris

Le programme des Fêtes de Paris comportait notamment, en 1936, la représentation du *Vray Mystère de la Passion*, renouvelée des mystères du moyen âge. Les différentes séances eurent lieu, comme autrefois, en plein air, devant la cathédrale Notre-Dame qui constituait le fond de la scène.

Déjà l'année dernière, ce spectacle avait rencontré un succès considérable ; aussi, le Comité des Fêtes décida-t-il de faire établir une tribune provisoire, capable de recevoir 10.000 spectateurs. Etant donné la valeur artistique du parvis et les nécessités de la circulation, il était indispensable de prévoir un système constructif très rapide,

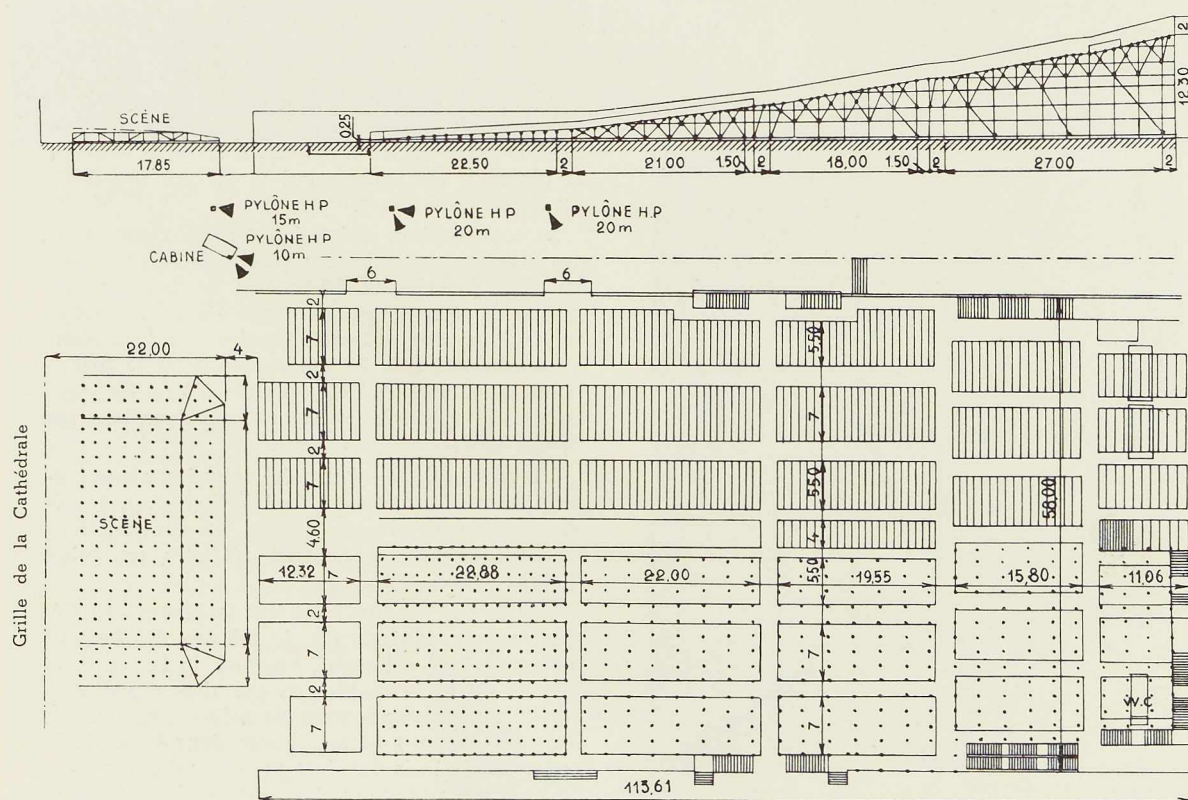


Fig. 570. Coupe et plan de la tribune qui occupait entièrement le parvis Notre-Dame.
(D'après « Le Génie Civil »)

N° 10 - 1936



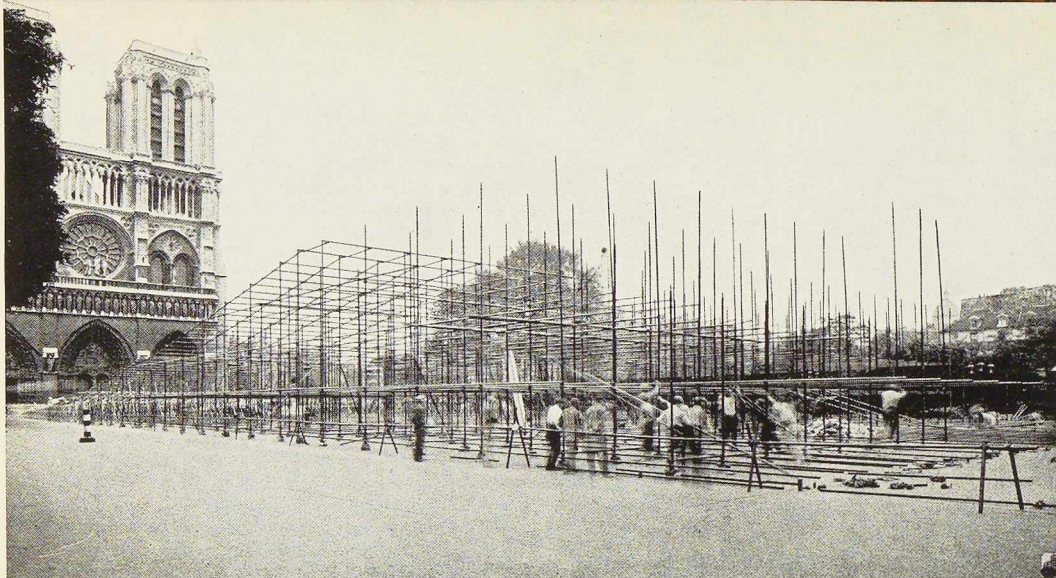


Fig. 571. Photographie prise au cours du montage. On notera le dégagement parfait des abords du chantier.

n'encombrant le parvis Notre-Dame que le minimum de temps. Grâce à l'emploi de la construction en tubes d'acier, les travaux de montage n'ont duré que quinze jours : ils ont occupé une quarantaine d'ouvriers.

La tribune, exécutée d'après les plans de

M. Gautruche, architecte divisionnaire de la Ville de Paris, occupe entièrement le parvis sur une longueur de 114 mètres et une largeur de 57 mètres. La pente, qui n'est que de 2 cm par gradin pour les premières rangées, s'élève progressivement jusqu'à atteindre 15 cm aux derniers gradins. Le gradin le plus élevé se trouve à 12^m50 au-dessus du sol.

La scène est également constituée par une charpente tubulaire. Elle a 38^m50 de largeur et 22 mètres de profondeur, et est directement adossée à la grille de la cathédrale. A certains endroits le plancher est transparent et permet des éclairages par en dessous.

La sonorisation, qui a fait l'objet d'une étude des plus approfondies, a nécessité la construction de deux pylônes de 10 mètres de hauteur, un pylône de 15 mètres et deux pylônes de 20 mètres de hauteur, aux sommets desquels se trouvaient les hauts parleurs. Le rendement de cette installation a été excellent et a permis à tous les spectateurs de suivre le jeu des acteurs dans tous ses détails et toutes ses nuances.

L'éclairage de la scène a été assuré par une batterie de cent projecteurs de 1 kW chacun, placés sur des échafaudages. Toutes ces constructions annexes ont été également réalisées en tubes d'acier.

L'accès aux gradins a été très largement étudié. Un couloir central de 4 mètres de largeur débouche tout à l'avant, au pied de la scène, et permet un accès rapide aux premiers rangs, tandis qu'un escalier central de même largeur conduit directement le spectateur dans l'axe de la tribune aux trois derniers gradins ; d'autre part, de nombreux escaliers et ouvertures latérales conduisent aux places se trouvant sur les côtés. A l'intérieur même de la tribune, les groupes de

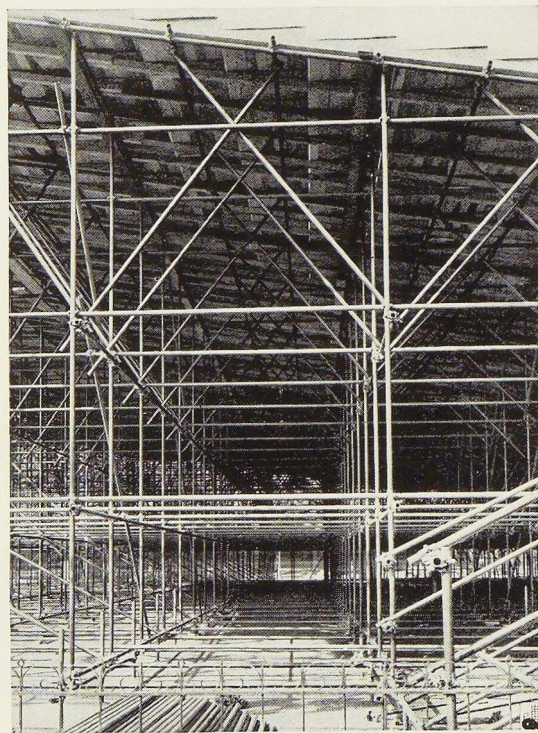


Fig. 572. Vue transversale montrant les détails d'assemblage.

(Photos « Construction Moderne »)

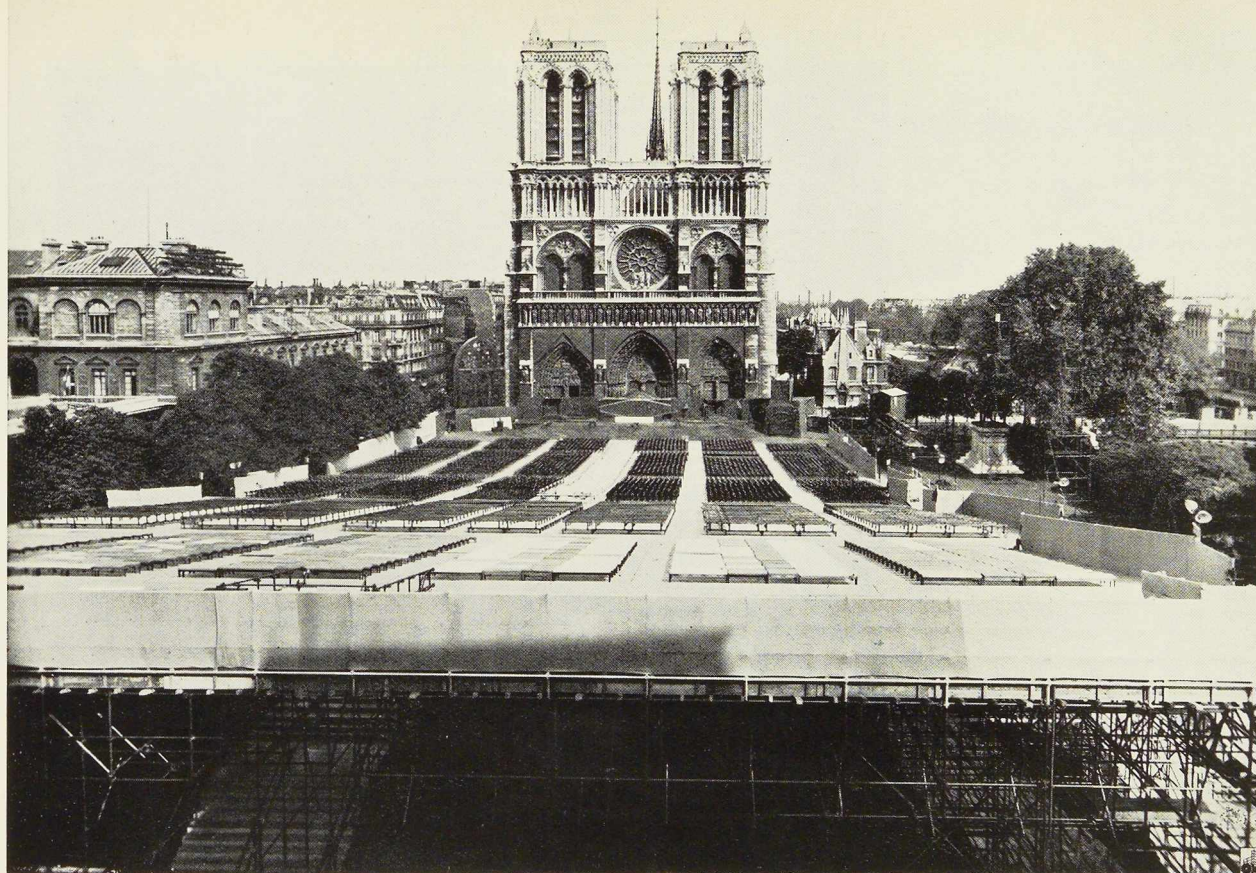


Fig. 573. Vue générale de la tribune de 10.000 places construite sur le parvis de l'église Notre-Dame de Paris.

sièges, dont le développement maximum est de 7 mètres, sont séparés par des couloirs de 2 mètres.

*
**

Ces différentes constructions ont été réalisées par la Société *Entrepose*, de Paris. Leur charpente est exclusivement constituée par des tubes sans soudure en acier Siemens-Martin de 48 mm de diamètre extérieur, et de 3,5 mm d'épaisseur. Ces tubes, fabriqués en acier à haute résistance, donnant 60 kg/mm² de résistance à la rupture,

n'ont subi aucun travail d'usinage spécial : en particulier, ils ne comportent aucun trou créant des points faibles. Coupés en usine à longueur standard, leur transport s'est effectué aisément et sans risque de détérioration. Dans ces conditions, ils peuvent être utilisés très efficacement : les éléments horizontaux travaillent à 20 kg/mm², les tubes comprimés travaillent à 9 kg/mm².

Quoique, grâce au type d'assemblage utilisé, on réalise un véritable encastrement aux nœuds, le calcul de ces charpentes a été fait en prenant l'hypothèse d'un demi-encastrement.

Les assemblages des tubes les uns aux autres

Fig. 574. Vue prise au cours des travaux. Au premier plan, des tubes stockés occupent une place très réduite.

(Photo
« Construction Moderne »)

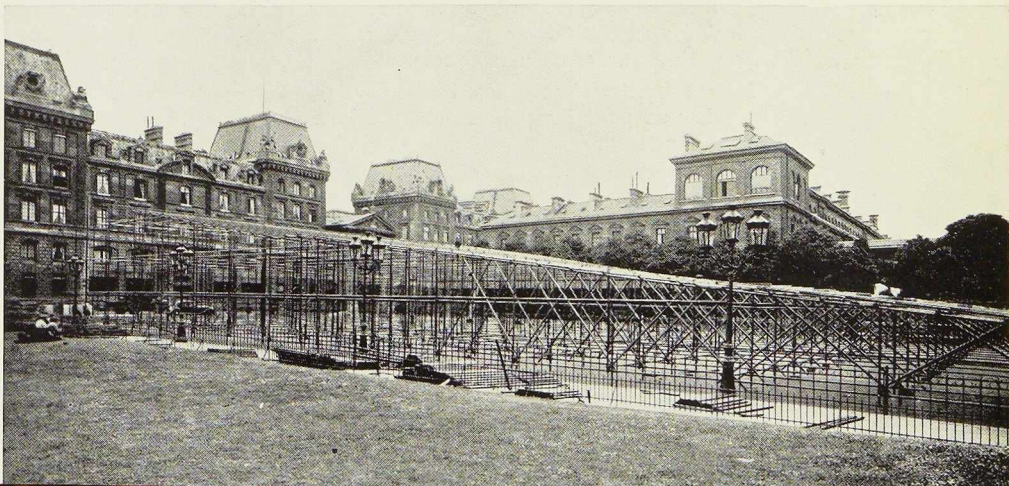
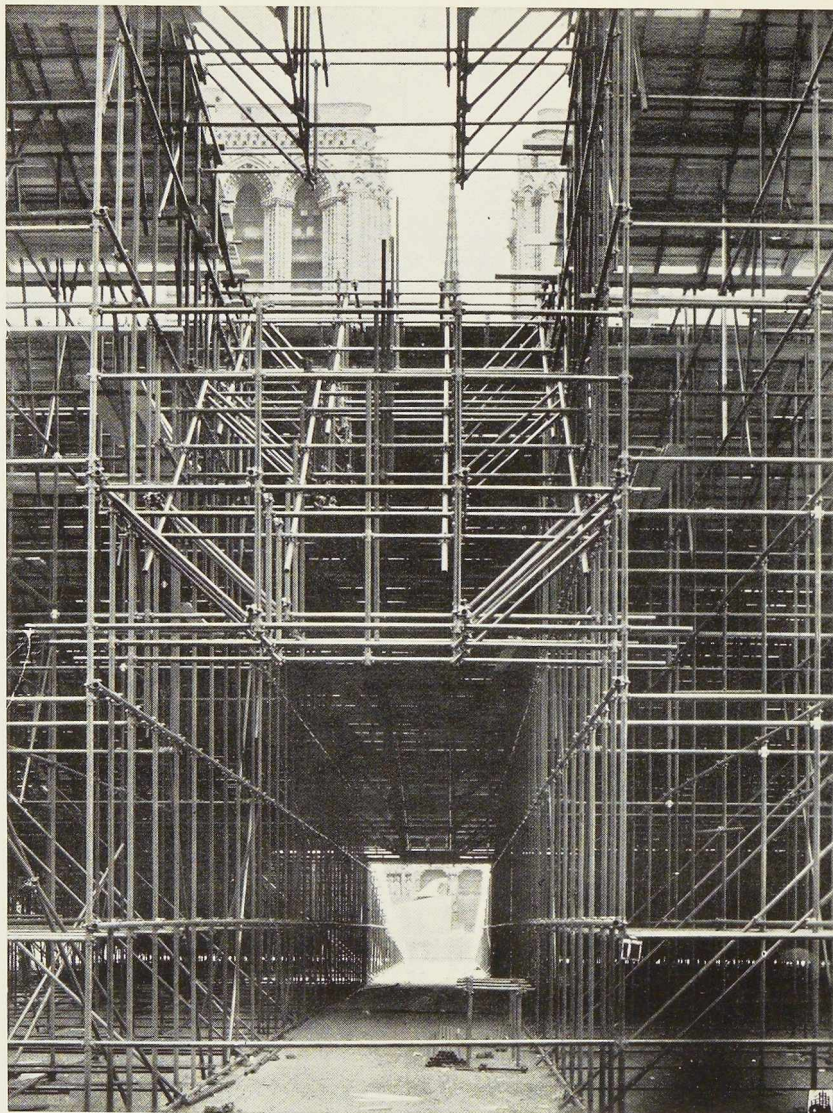


Fig. 575. Le couloir central de 4 mètres de largeur, assurant un accès aisé aux premiers rangs de la tribune.

(Photo
« Construction Moderne »)



sont exécutés au moyen d'une pièce spéciale. Cette pièce comporte un noyau et deux demi-couvercles en acier mi-dur assemblés par boulons. Les demi-couvercles peuvent pivoter dans les deux sens. Les raccords serrés présentent une résistance au glissement dépassant 2 tonnes. Les tubes assemblés peuvent avoir n'importe quelle inclinaison l'un par rapport à l'autre.

Les différentes charpentes, tant pour la tribune centrale que pour les pylônes et les échafaudages latéraux, ne comportent aucune fondation. Elles reposent directement sur la chaussée par l'intermédiaire de plaques d'appui de 0^m20 de diamètre, munies de manchons qui reçoivent les tubes.

Le travail sur chantier n'a comporté que des opérations de montage, emboîtement et serrage des tubes. Ceux-ci, grâce à leurs dimensions réduites, sont d'un maniement aisé. D'autre part, leur stockage est facile et est fait à l'intérieur même de la charpente en construction.

Ces différents travaux représentent un tonnage de 200 tonnes : il y a été utilisé environ 25.000 raccords.

Bibliographie

Le Génie Civil, n° 2, 11 juillet 1936.

La Construction Moderne, n° 38, 21 juin 1936.

N° 10 - 1936



Les tendances actuelles dans la construction en acier

par L. Rucquoi, ingénieur

L'article que nous publions ci-dessous est tiré de la conférence que M. Rucquoi, Directeur du Centre belgo-luxembourgeois d'Information de l'Acier fit le 28 mars 1936, à Lisbonne, devant l'Association des Ingénieurs civils portugais. Cette conférence a été publiée dans le numéro de juin de la *Revista da Associação dos Engenheiros Civis Portugueses*.

O. M.

Les tendances nouvelles en construction métallique sont essentiellement caractérisées par les trois faits suivants :

- 1° Les progrès apportés dans les méthodes de calcul, d'où résulte l'emploi de plus en plus général des constructions hyperstatiques ;
- 2° Les progrès réalisés par la soudure ;
- 3° Le développement de l'emploi des aciers de construction à haute résistance.

1° Constructions hyperstatiques

Les seules constructions hyperstatiques auxquelles les constructeurs consentaient à avoir recours, jusqu'il y a quelques années, étaient les arcs encastrés ou à deux articulations. Pour les autres constructions, on évitait par tous les moyens l'indétermination statique en introduisant des articulations à tous les endroits où des liaisons surabondantes se seraient manifestées. Les Américains construisirent même systématiquement

des articulations à tous les nœuds de leurs ponts en treillis.

La raison qui présidait à cette conception était le souci légitime de n'avoir affaire qu'à des réactions et à des tensions connues en tous points de la construction.

Mais à mesure que les méthodes d'analyse des efforts dans les sections des ouvrages hyperstatiques se simplifièrent, en sorte que les bureaux d'études puissent en envisager l'application courante, la connaissance des efforts dans les éléments et sections de constructions hyperstatiques perdit ce caractère d'incertitude.

L'adoption de constructions hyperstatiques, à éléments continus et à nœuds rigides, présente, par rapport aux anciennes constructions articulées, de nombreux avantages :

- a) Elles permettent de faire travailler la matière avec un rendement supérieur et par conséquent conduisent à des réductions de section et à des économies de matière ;

Fig. 576. Le pont de Birchenough en Rhodésie du Sud. Achevé en 1935, ce pont en arc de 330 mètres de portée est construit en acier à haute résistance Chromador, de 58 à 68 kg/mm² de résistance à la rupture. Il a été monté entièrement en porte-à-faux, sans utiliser aucun appui intérieur.

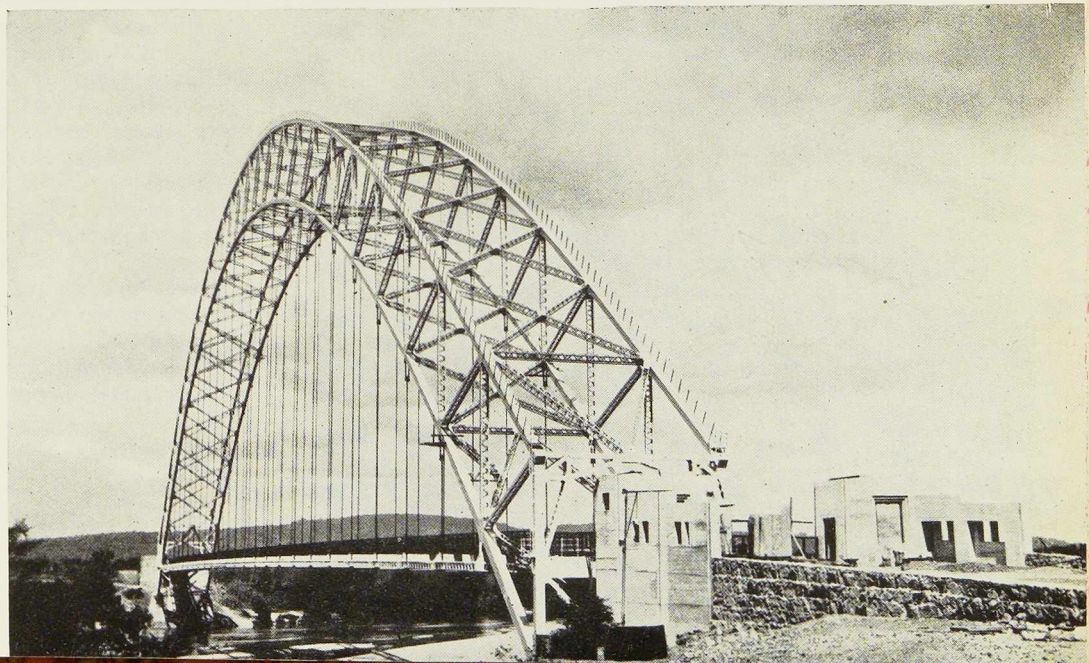




fig. 577. Le pont sur le Kill van Kull à New-York est le plus grand pont en arc du monde. Sa portée atteint en effet 503^m90.

b) Grâce à la suppression des articulations, elles conduisent à la *simplification des formes* ;

c) Elles réalisent des *raideurs* beaucoup plus grandes ;

d) Elles comportent une *sécurité* incomparablement plus élevée, car si un élément venait à être sollicité au delà de la normale, les éléments voisins solidaires l'empêcheraient de s'effondrer et d'entraîner avec lui la ruine de l'ouvrage.

La *ductilité*, cette remarquable propriété de l'acier qui a pour effet de faire entrer en jeu les réserves de résistance partout où elles existent, concourt de la façon la plus heureuse à la sécurité des ouvrages hyperstatiques. En effet, si par suite d'une insuffisance ou même d'une erreur de calcul, ou par suite d'une surcharge accidentelle trop élevée, une section de la construction hyperstatique venait à travailler au delà de sa limite élastique, un allongement permanent s'y produirait, soulageant automatiquement cette section et redistribuant les efforts anormaux dans les sections voisines moins chargées. Cette autoadaptation de l'ouvrage aux efforts réels qui le sollicitent introduit certaines déformations permanentes imperceptibles, mais ne compromet en rien la résistance ultime de l'ouvrage.

2° La soudure

Les progrès accomplis dans la soudure électrique

comme moyen d'assemblage des constructions en acier ont évidemment contribué au développement des constructions hyperstatiques. Les nœuds rigides sont en effet plus simples à exécuter par soudure que par rivure.

Il a fallu de longs travaux et de patientes recherches pour mettre au point les qualités d'électrodes et les méthodes de calcul et d'exécution des soudures afin de conférer à ce mode d'assemblage les qualités d'uniformité et de sécurité nécessaires pour leur application à la construction de ponts et de charpentes. La science belge s'est particulièrement signalée, notamment par les travaux du regretté professeur Henri Dustin, par ses importantes contributions dans ce domaine. Les sociétés belges de soudure possèdent une réputation mondiale : ce sont elles qui ont fait, en Pologne, le premier pont-route entièrement soudé, ce sont elles qui ont réalisé, avec notre Administration des Ponts et Chaussées et nos Ateliers de construction, la remarquable série des ponts Vierendeel soudés qui placent la Belgique en tête dans la réalisation des grands ouvrages en acier soudés.

La soudure prend de jour en jour davantage la place de la rivure. Il est, en effet, rationnel que l'on donne la préférence à un procédé qui, au lieu d'affaiblir par des trous les sections à assembler, les renforce, au contraire, par des cordons de métal d'apport. Moyennant l'emploi de



bonnes électrodes, et à condition de ne confier les travaux qu'à des ouvriers soudeurs compétents et bien surveillés, l'on a une garantie complète de parfaite exécution et d'absolue sécurité.

Le rivet donne une impression de sécurité parce qu'on voit son effet d'élément d'assemblage sous forme d'une broche introduite entre les tôles à réunir. Mais lorsque l'on songe aux nombreuses inconnues qui existent dans les assemblages rivés, quant à la répartition des efforts entre les différents rivets, à l'importance du serrage de chaque rivet, à l'exactitude du remplissage de leur trou, au degré d'érouissage de leur métal, etc., on se rend compte aisément que cette impression de sécurité peut, dans bien des cas, être illusoire.

3° Les aciers de construction à haute résistance

Pour des ouvrages de dimensions exceptionnelles, l'emploi d'aciers à haute résistance a permis d'abaisser les poids morts des éléments portants dans des proportions sensibles. On a mis au point, dans tous les grands pays producteurs d'acier, des nuances d'acier de construction à 52-54 kg de rupture par mm² et de 35 à 36 kg/mm² de limite élastique et 18 à 20 % d'allongement. Ces aciers permettent une économie en poids de l'ordre de 30 % théoriquement.

Dans le grand pont suspendu George-Washing-

ton à New-York, de 1.067 mètres de portée libre, les gros câbles sustentateurs sont en fils d'acier de 168 kg/mm² de résistance à la rupture. Le tablier comporte 50 % d'acier ordinaire au carbone et 50 % d'acier au silicium de 48 kg/mm² de résistance à la rupture. Les tours-portiques de ce pont sont en acier au silicium.

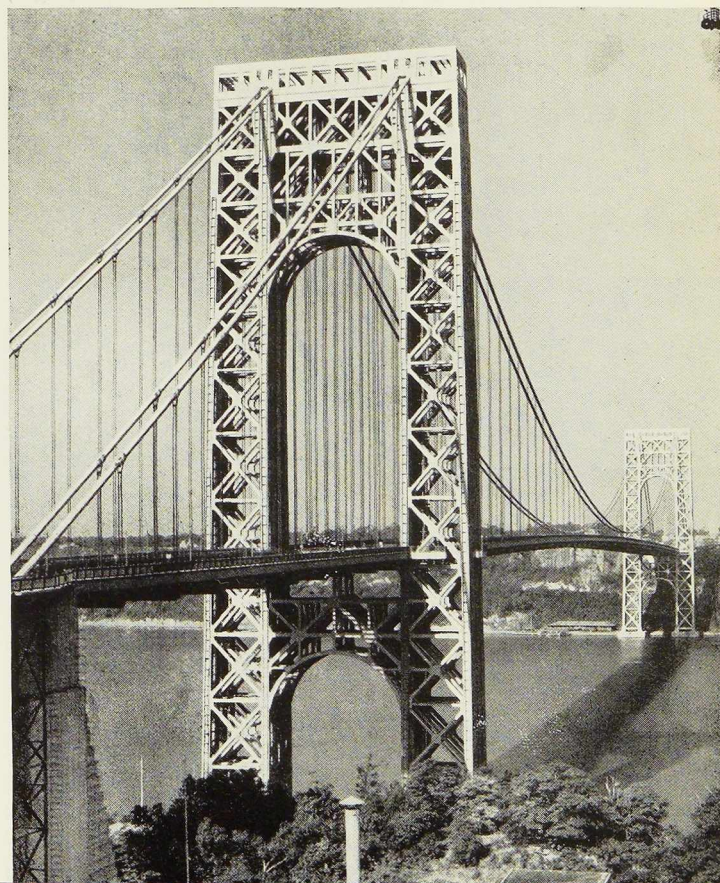
Le pont de Kill van Kull près de New-York, le plus grand pont en arc du monde, d'une ouverture entre appuis de 503^m90, est construit en acier au nickel et en acier au silicium, les éléments secondaires étant en acier au carbone.

Le pont de Birchenough, en Rhodésie méridionale, est un pont en arc de 330 mètres d'ouverture, construit en porte-à-faux à partir des deux rives. Il a été entièrement réalisé en acier au chrome-cuivre-manganèse « Chromador » de 65 kg/mm² de résistance à la rupture et 36 kg/mm² de limite élastique. L'obligation de transporter par route sur 130 km les éléments de ce pont donna un avantage supplémentaire à la réduction des poids morts par l'adoption d'aciers à haute résistance ¹.

L. R.

(1) La conférence de M. Rucquoi fut suivie de la projection d'un nombre important de vues montrant les applications les plus caractéristiques de l'acier dans la construction des bâtiments, des ponts, des ouvrages hydrauliques, du matériel roulant, etc., cette documentation étant constituée en majeure partie par des réalisations de l'industrie belgo-luxembourgeoise.

Fig. 578. Le pont suspendu George Washington qui franchit l'Hudson à New-York est actuellement le pont franchissant la plus grande portée libre. Celle-ci atteint 1.067 mètres : cette portée sera prochainement dépassée par celle du pont sur la Porte d'Or à San-Francisco, pont actuellement en voie d'achèvement et dont la portée libre est de 1.280 mètres.



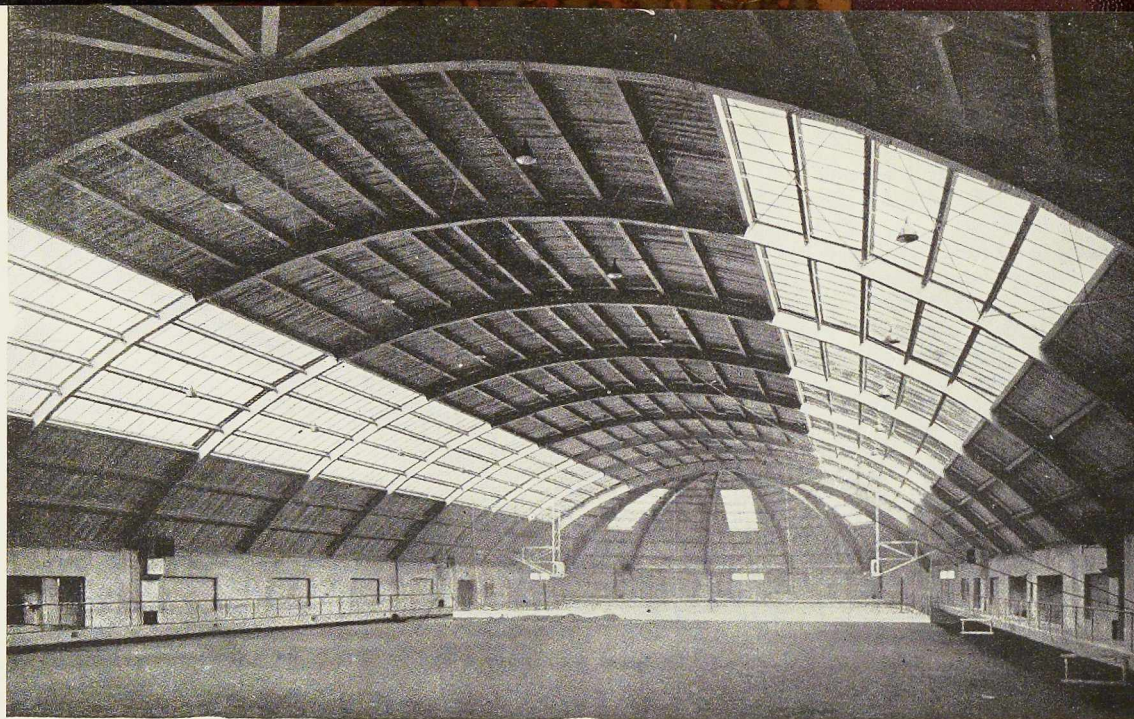


Fig. 579. Vue générale du stade couvert du collège de Swarthmore.
(Photos Wenzel, d'après « Architectural Record »)

Le nouveau stade couvert du collège de Swarthmore en Pensylvanie

Le collège de Swarthmore, petite ville située près de Philadelphie, aux Etats-Unis, vient de faire construire un vaste stade couvert, destiné à la pratique de différents sports, et qui peut éventuellement recevoir 6.000 personnes.

Ce stade comporte notamment un hall dont les dimensions atteignent 100 mètres en longueur et 38 mètres en largeur. La hauteur libre est de 12^m50. Grâce au système constructif adopté, aucun élément de charpente n'encombre le stade et ne gêne les joueurs. La toiture, en grande partie

vitrée (la surface vitrée représente 25 % de la surface utile), est portée par des arcs métalliques formés par des tronçons rectilignes de poutrelles d'un type standard assemblées bout à bout sous des angles voisins de 180°.

Outre les avantages économiques et pratiques, ce mode de construction donne au stade du collège de Swarthmore une ligne d'une belle esthétique et d'une grande légèreté (1).

(1) D'après *Architectural Record*, n° 5, 1936.

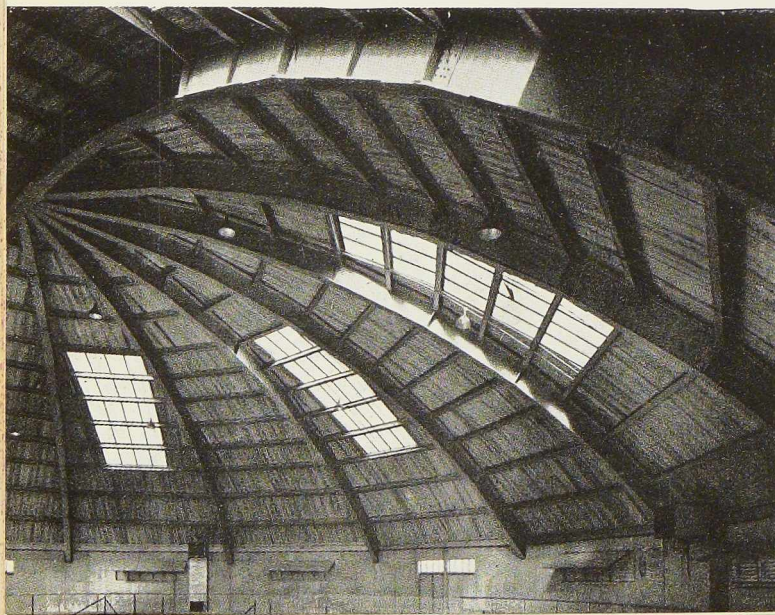


Fig. 580. Vue générale extérieure du stade.
Fig. 581. Détail de la charpente d'une des extrémités semi-circulaires.

L'ossature métallique soudée des nouveaux bâtiments de la S^{té} A^{me} « Esab » à Bruxelles

par A. Russon,
Secrétaire de la S. A. « ESAB »

L'intérêt que présente la construction soudée dont nous allons faire la description réside dans la simplicité de l'assemblage et l'emploi de la soudure électrique à l'arc à l'exclusion de tout autre procédé.

Il est tout d'abord nécessaire de signaler que le bâtiment est érigé, rue Stephenson, à Bruxelles, sur un terrain de remblai où le bon sol ne se rencontre qu'à 6 mètres de profondeur. D'autre part, l'industrie installée dans ces ateliers comporte la manipulation et le dépôt de marchandises très lourdes. Une ossature rigide et très résistante était par conséquent indispensable.

L'ossature métallique

Celle-ci est uniquement composée de poutrelles Grey, de goussets, de quelques plats et de plaques d'assise. Aucune complication dans le montage : les différentes parties s'emboîtent l'une dans

l'autre comme un « jeu de construction » (fig. 585). Seules quelques découpes au chalumeau furent nécessaires pour le parfait assemblage.

Au rez-de-chaussée, dix colonnes reposent chacune sur un faux-puits, et sont constituées par des poutrelles allant du profil DIE 22 au profil DIE 34 et du profil DIN 32 au profil DIN 45, selon la répartition de la charge. A la base de ces colonnes est soudée une plaque d'assise renforcée par 6 goussets pour les colonnes latérales et 8 goussets pour les colonnes centrales (fig. 584). Chaque colonne est fixée à la fondation au moyen de 4 boulons d'ancrage. La colonne est tout d'abord réglée au niveau désiré et maintenue par des cales. On coule ensuite du béton entre la plaque d'assise et la fondation.

Sur les colonnes viennent se poser les poutrelles longitudinales, se rencontrant dans l'axe de la colonne. Ces poutrelles sont constituées par des profils DIE 38 dans la partie centrale du bâti-

Fig. 582. Détail d'assemblage des poutres horizontales à une colonne d'angle.



N° 10 - 1936



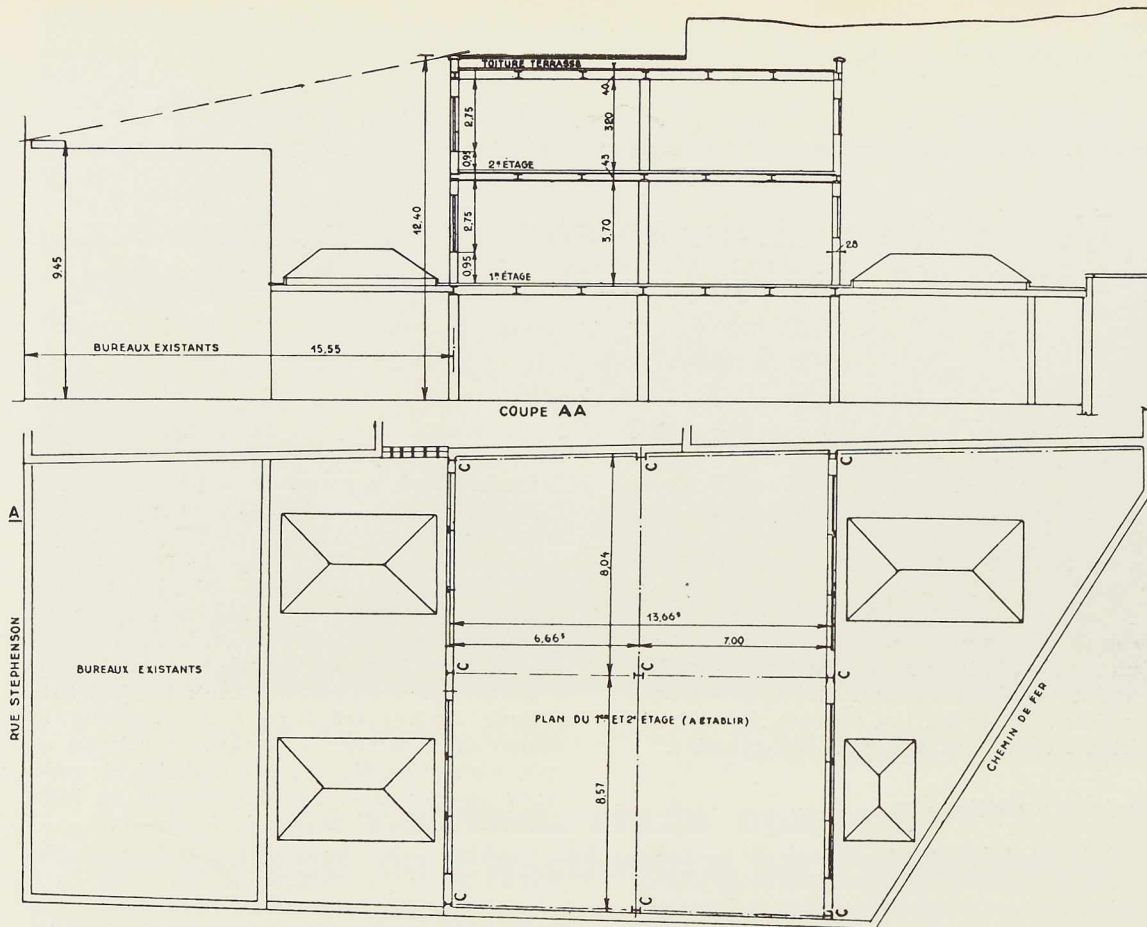


Fig. 583. Plan et coupe longitudinale des nouveaux bâtiments (C, colonnes).

ment, c'est-à-dire sous les étages. Les autres poutrelles longitudinales sont plus faibles, ne supportant qu'une terrasse.

Les poutrelles longitudinales sont soudées bout à bout et sont également fixées aux colonnes au moyen de la soudure électrique. Le système longitudinal repose, à l'avant, dans la maçonnerie des bureaux, et à l'arrière, sur les murs soutenant les terres de remblai.

Entre les poutres longitudinales viennent se glisser les poutrelles transversales. Celles-ci sont du profil DIE 32 sous les étages, et d'un profil plus faible dans les parties avant et arrière du bâtiment. Ces poutrelles transversales sont soudées électriquement au système longitudinal. Elles sont distantes de 2^m30 environ.

Les colonnes sont distantes entre elles longitudinalement de 6 à 7 mètres et transversalement de 8 à 8^m50. Les poutrelles longitudinales et transversales ont donc des portées correspondantes.

La partie centrale du bâtiment comprend deux

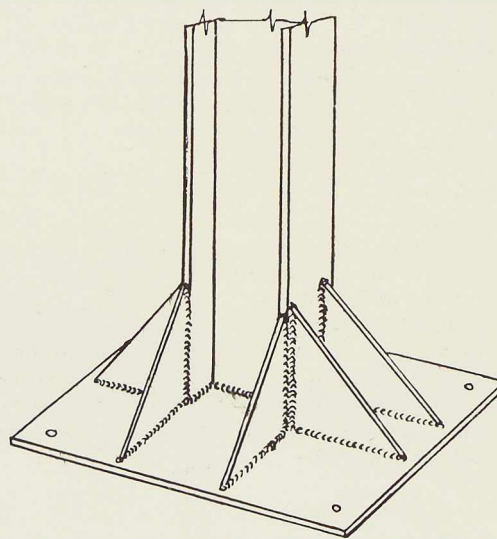


Fig. 584. Détail d'exécution d'un soubassement de colonne.

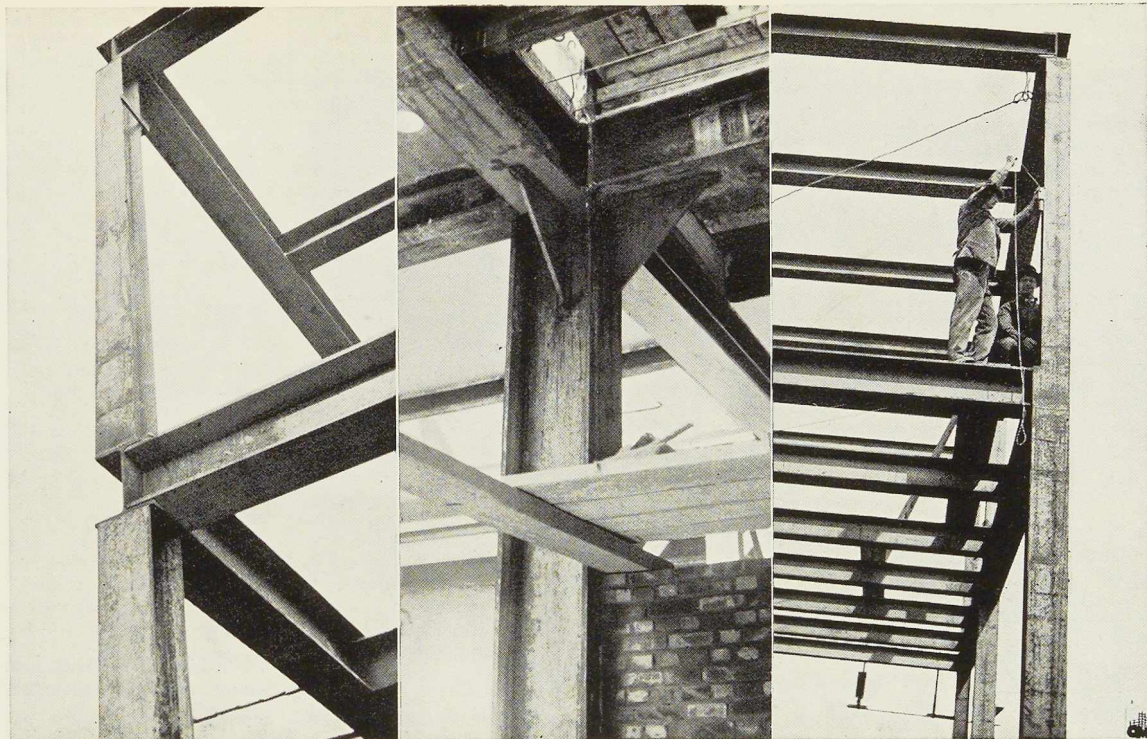


Fig. 585. Colonne en cours de construction. On note la simplicité de l'assemblage.

Fig. 586. Assemblage renforcé par goussets triangulaires.

Fig. 587. Colonne après pose des goussets assurant la continuité.

étages reposant sur neuf des colonnes du rez-de-chaussée. Aux étages, le même système de montage est répété.

A chacune des neuf colonnes du rez-de-chaussée correspond une colonne au premier étage et une au second. Ces nouvelles colonnes sont simplement posées sur les poutres longitudinales de l'étage inférieur et soudées ensuite. Il est intéressant de signaler la simplicité et la rapidité du montage. La poutrelle formant colonne est amenée à l'endroit voulu. Quelques points de soudure la fixent provisoirement. La verticalité est alors vérifiée et est rectifiée par la soudure électrique elle-même, le monteur mettant à profit le retrait de la soudure pour imprimer à la colonne le mouvement rectificatif nécessaire. Lorsque la verticalité est obtenue, on continue le montage, si toutefois la soudure est momentanément suffisante. Lorsque toutes les parties de l'ossature seront en place et que les déformations ne seront par conséquent plus à craindre, les soudures seront renforcées selon les nécessités.

Détails d'assemblage

Les détails de l'assemblage sont peu nombreux vu la simplicité de la construction. Toutefois, soit

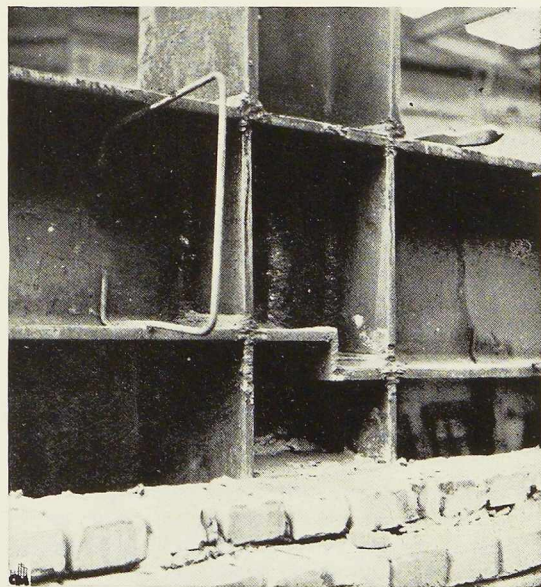


Fig. 588. Détail d'assemblage de deux poutres de hauteurs différentes. Noter l'anse en fer rond assurant la solidarité de la maçonnerie et de l'ossature.

N° 10 - 1936



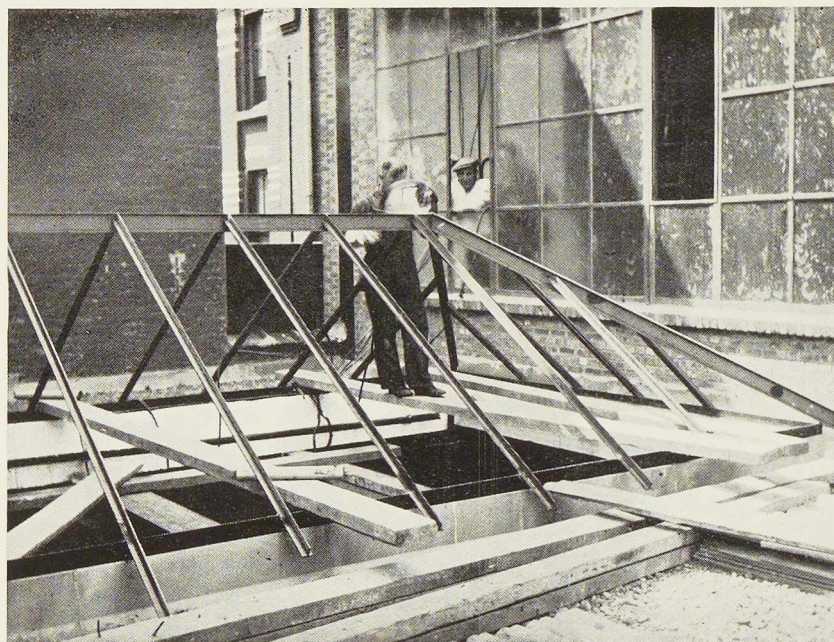


Fig. 589. Construction d'un lanterneau soudé.

pour l'aspect, soit pour les efforts dans l'ossature, il fut soudé par-ci par-là quelques plats et quelques goussets de renfort. Des plats furent placés notamment aux parties extrêmes du bâtiment, entre les ailes des poutres longitudinales, pour rendre continues les ailes des colonnes superposées et permettre la transmission plus aisée des efforts verticaux (fig. 582 et 588).

A la partie extérieure de l'ossature, ces plats relient directement les ailes des colonnes et donnent l'impression d'une colonne faite d'une seule pièce (fig. 587).

Quelques goussets soudés dans les angles les plus sollicités assurent une parfaite rigidité de la construction (fig. 586).

Les remplissages

Ceux-ci deviennent extrêmement simples, grâce à l'ossature métallique. Le coffrage du plancher en béton exige peu de temps, les madriers étant calés entre les ailes des poutrelles transversales pour recevoir les voliges. L'on remarque immédiatement la suppression des étaçons de soutènement du coffrage, ce qui permet la continuation du travail dans la partie du bâtiment se trouvant immédiatement en-dessous (fig. 590).

Les faux-puits ayant été entièrement creusés dans le terrain de la Société « ESAB », les murs

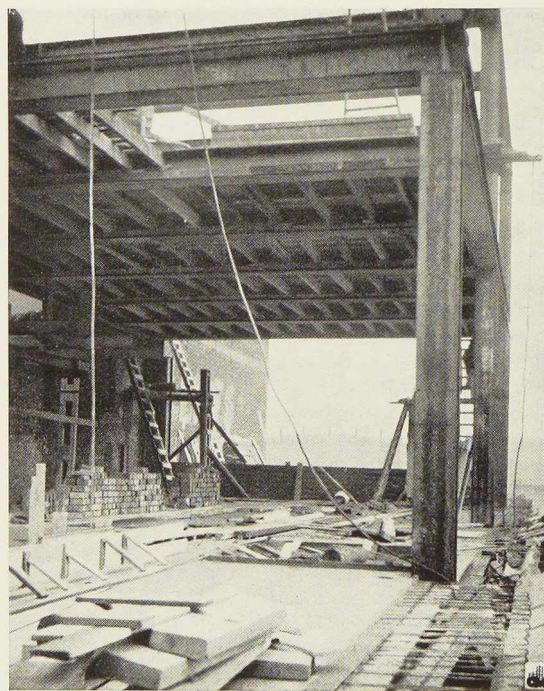
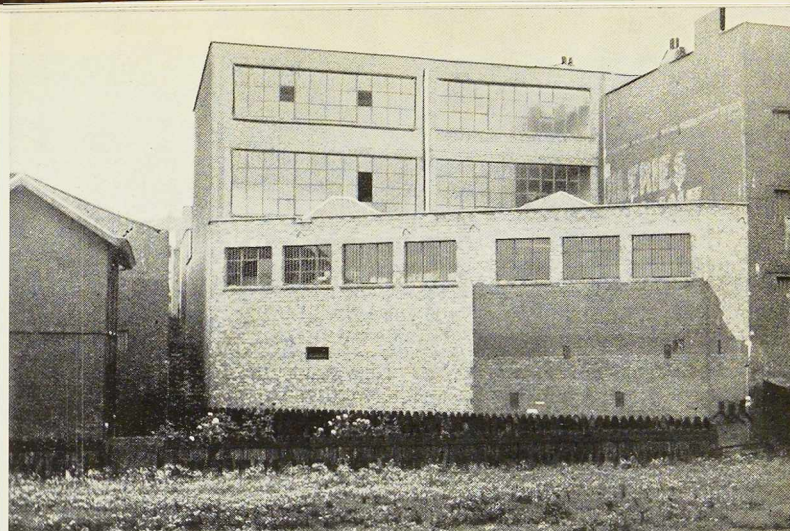


Fig. 590. Les coffrages pour le bétonnage prennent directement appui sur l'aile inférieure des poutrelles. L'étage inférieur est entièrement libre.

Fig. 591. Vue d'ensemble des bâtiments après achèvement des travaux.



latéraux ou mitoyens ne sont pas construits entre les colonnes, mais contre celles-ci.

Pour la parfaite adhérence des ouvrages en maçonnerie, des sortes d'anses sont soudées sur les poutrelles et forment ancrage (fig. 588). Pour plus de solidité encore, le plancher en béton déborde sur le mur, dans lequel l'armature du béton viendra s'ancrer également.

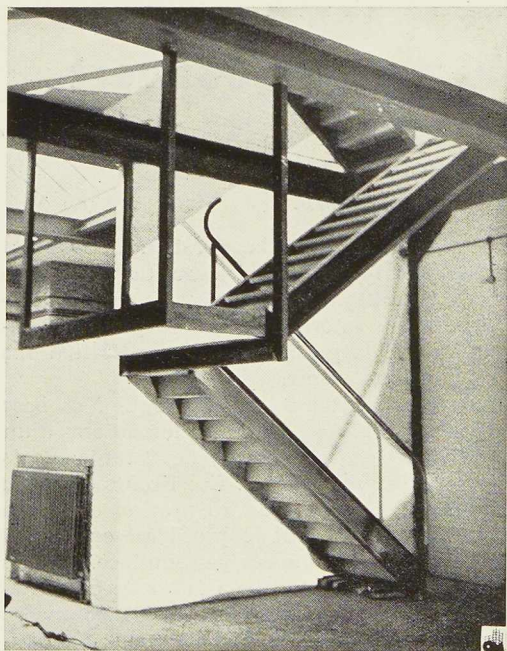


Fig. 592. L'escalier est suspendu à l'étage et est entièrement en acier.

Quelques autres détails de la construction

Les châssis des fenêtres sont métalliques et entièrement soudés. Le placement en fut facilité par la possibilité de souder la partie supérieure à l'ossature.

L'escalier de l'atelier est de construction métallique. Il fut entièrement soudé et fut également fixé à l'ossature au moyen de la soudure électrique (fig. 592).

Les lanterneaux du rez-de-chaussée sont constitués de cornières, fers T et poutrelles de 100×50 soudés électriquement.

Enfin, nous devons signaler que l'ossature métallique est utile à l'aménagement intérieur des ateliers et notamment pour la fixation des appareils et transmissions.

Pour éviter la cessation du travail dans l'ancien atelier de la société, qui était installé au rez-de-chaussée, dans la partie droite du bâtiment, les nouveaux locaux furent construits en deux fois. La partie gauche était pour ainsi dire achevée lorsque le forage des puits et le montage de l'ossature de la partie droite furent entrepris. Etant donné le mode d'assemblage, aucune difficulté n'y fut rencontrée.

Signalons encore que le poids total de l'ossature est de 75 tonnes et que les calculs se sont basés sur une charge utile de 500 kg/m^2 , pour tous les étages.

Ce sont les Entreprises Blaton-Aubert qui firent l'étude de toute la construction et entreprirent le montage de l'ossature (sous-traitant : M. L. Crasset, à Montignies-sur-Sambre), et l'exécution de la maçonnerie.

Les soudures furent exécutées par la *Belgian Swedish Electric Welding Co* d'Anvers, au moyen des électrodes OK.47 de la Société « ESAB ».

A. R.

N° 10 - 1936



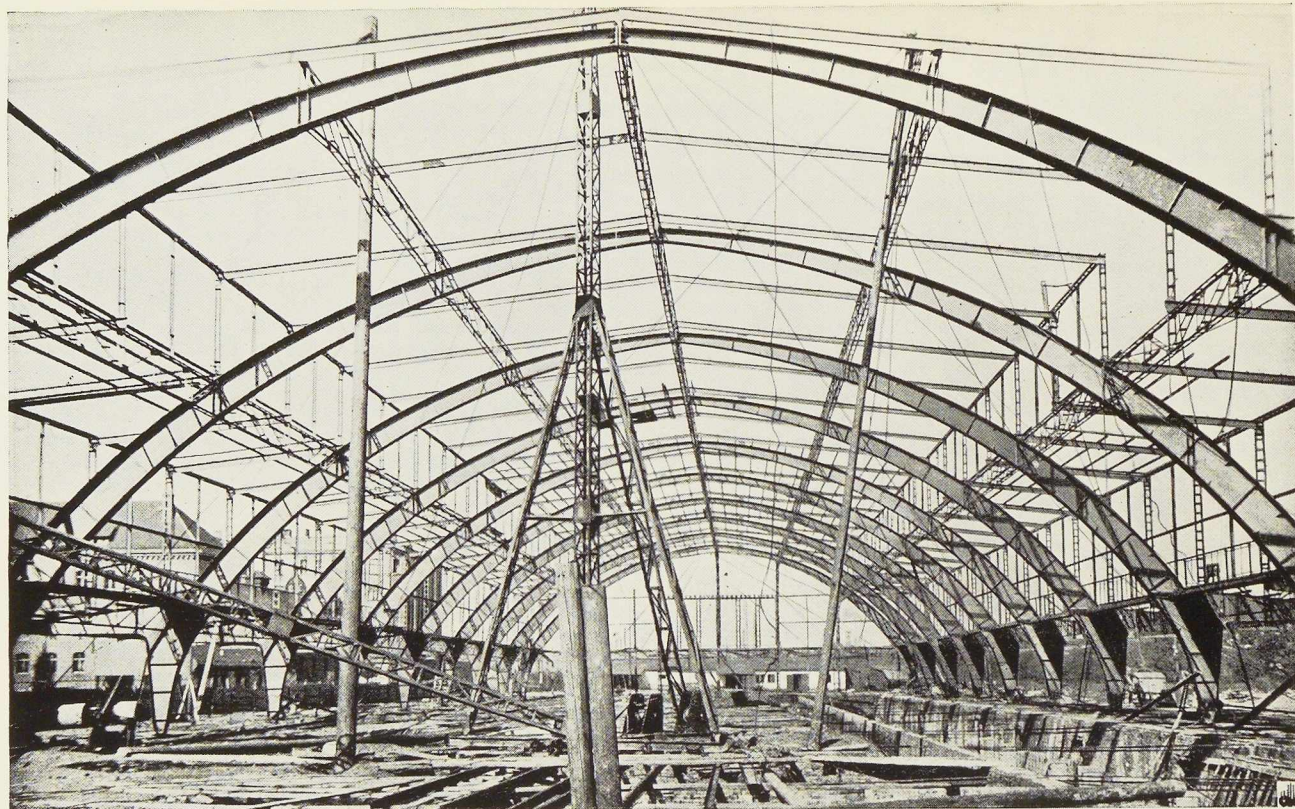


Fig. 593. Vue de l'ossature métallique du nouveau marché couvert de Katowice. Cette ossature est constituée par dix arcs à trois rotules.

La construction soudée du marché couvert de Katowice (Pologne)

par le Dr.-Ing. Stefan Bryła

Professeur à l'Ecole Polytechnique de Varsovie

Le nouveau marché couvert de Katowice a été construit, en 1935, en charpente métallique soudée. La partie architecturale a été exécutée par le Département des constructions de l'Administration communale de la ville de Katowice, sous la direction de l'ingénieur Sikorski. Le projet comportait une halle de 39^m50 de largeur, de 121 mètres de longueur, et de 16 mètres de hauteur, et, en outre, un auvent extérieur de 7^m40 de portée.

Les fermes principales sont constituées par dix arcs à trois rotules de 39^m50 de portée, distants de 11 mètres et hauts de 15^m20 (fig. 593). Chaque arc présente symétriquement deux éléments en porte-à-faux, de 7^m40 de longueur, destinés à supporter les toitures de l'auvent extérieur.

La solution adoptée, à arcs métalliques à trois rotules, élimine les difficultés résultant d'un sol de fondation douteux et non homogène, tout en

résolvant heureusement la question de soutien des toitures de la partie extérieure. Cette solution à ossature métallique permet de plus une répartition des cloisons intérieures bien adaptées aux besoins et réserve la possibilité des transformations à effectuer dans l'avenir.

Comme l'arc à trois rotules provoque à sa base des réactions obliques, les deux fondations d'un arc sont reliées entre elles par des tirants placés sous le plancher de la halle. Ces tirants ont reçu un enrobage en béton qui les protège contre la corrosion. Les arcs, dont le profil est en I, sont exécutés en tôles assemblées par soudure. Sur les arcs vient reposer la toiture dont le profil extérieur est en escalier. Les parties verticales de ce profil sont vitrées sur toute la longueur du bâtiment. Les parties en terrasses (qui présentent une pente de 1/10) ont une couverture en zinc reposant sur une couche de matière isolante.



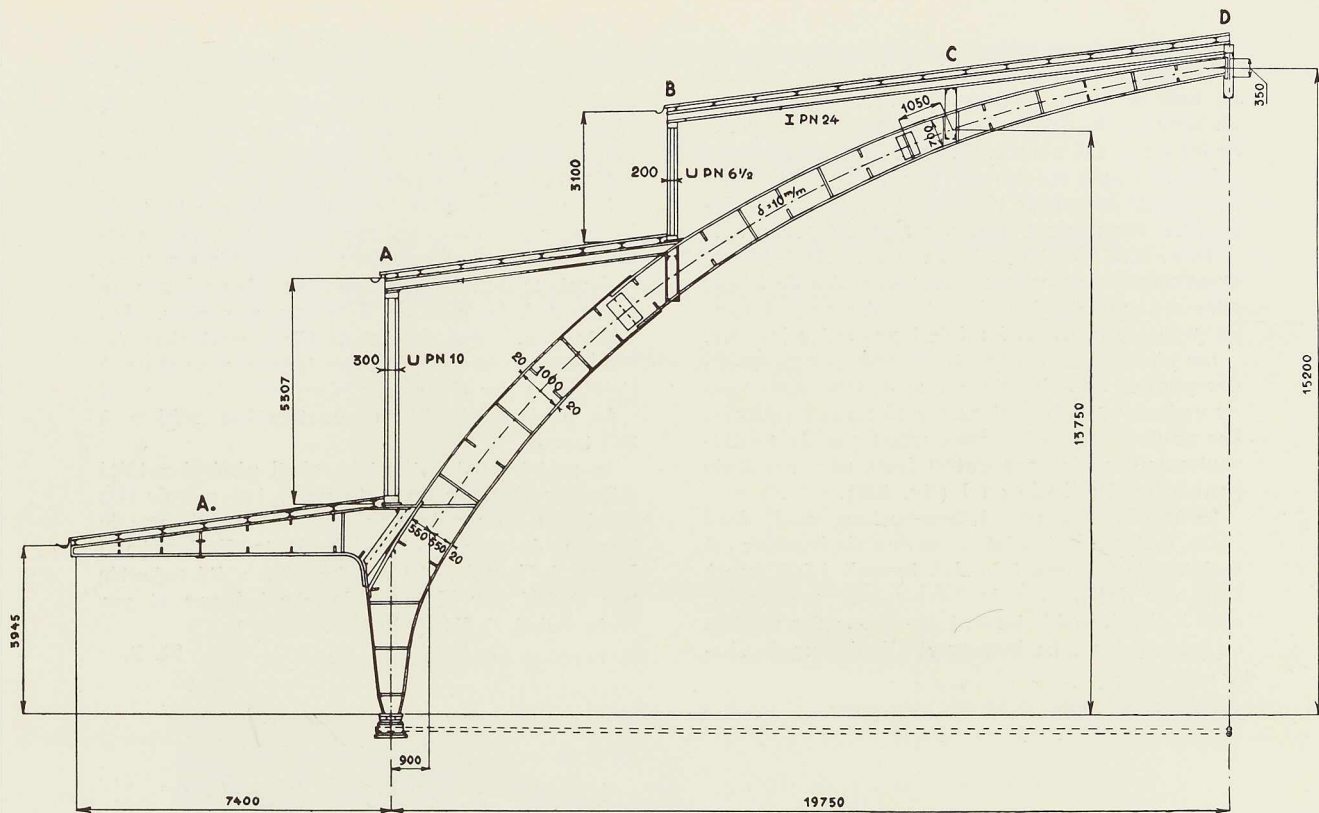
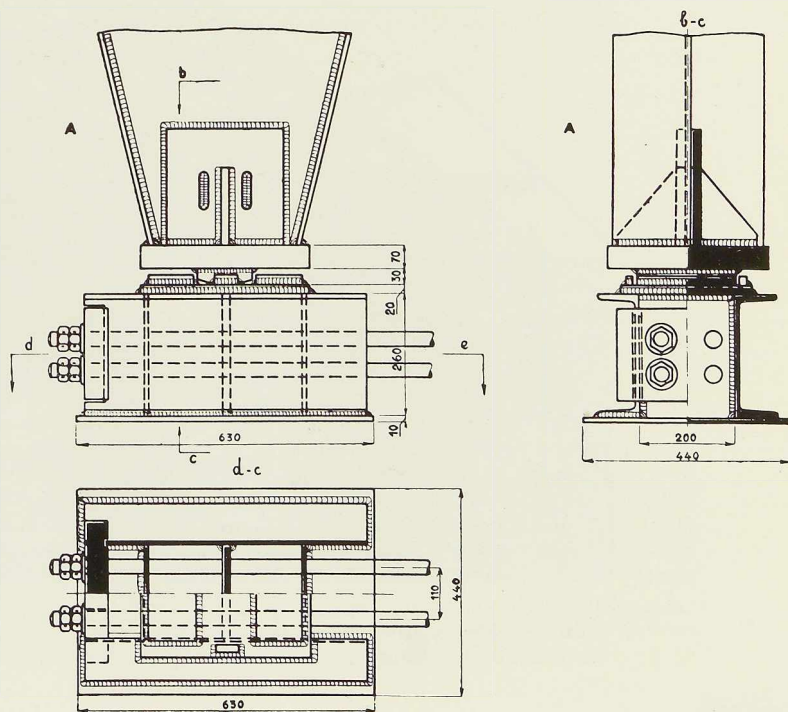


Fig. 594. Plan d'un demi-arc, construit par soudure. Portée 39^m50, hauteur à la clef 15^m20.

Fig. 595. Plan d'une rotule de base, assemblée par soudure. On remarque les tirants joignant les deux rotules de base.



Les murs extérieurs de la halle sont exécutés en une épaisseur de brique creuse. Les arcs sont au nombre de dix et deux pignons en charpente se trouvent aux extrémités du bâtiment.

Les arcs sont entretoisés par sept poutres en treillis sur lesquelles viennent prendre appui des poutres secondaires transversales supportant la toiture, soit directement soit par l'intermédiaire de colonnes. Les colonnes sont espacées de 5^m50 ; elles sont placées dans les plans des arcs et dans les plans se trouvant à mi-distance entre les arcs.

Les poutres secondaires transversales supportent des pannes espacées de 1 mètre. Des contreventements sont prévus dans les plans des toitures. Les poutres en porte-à-faux n'ont pas de contreventement, mais sont entretoisées par une forte poutre longitudinale en I (fig. 596).

Le profil de l'arc est une section en I, dont l'âme a 10 mm d'épaisseur et dont la hauteur est variable de 350 mm à la clef, jusqu'à 1.100 mm à l'endroit des moments fléchissants maximum, c'est-à-dire immédiatement au-dessus des poutres en porte-à-faux. La largeur et l'épaisseur de cha-

cune des tôles constituant les ailes du profil I sont calculées en tenant compte, aussi bien de la résistance au flambement de l'arc dans le sens perpendiculaire à son axe, que des forces agissant suivant la ligne de poussée de l'arc.

L'âme de la poutre est renforcée sur toute la longueur de l'arc au moyen de raidisseurs de deux espèces. Les premiers sont placés sur toute la hauteur de l'âme, les seconds triangulaires, se trouvent à la jonction de l'âme aux ailes. Les joints soudés des ailes et de l'âme sont alternés.

La construction a été effectuée par soudure à l'atelier et par rivure sur place.

Le poids total de la construction s'élève à 360 tonnes.

Le projet constructif et le calcul général ont été faits par l'auteur de cette note. Les calculs des détails et leur exécution ont été réalisés par le bureau de construction de Huta Krolewska i Laura, à Chorzów. La construction a été exécutée par moitié par Huta Krolewska i Laura et par Huta Pokój, à Nowy Bytom.

St. B.

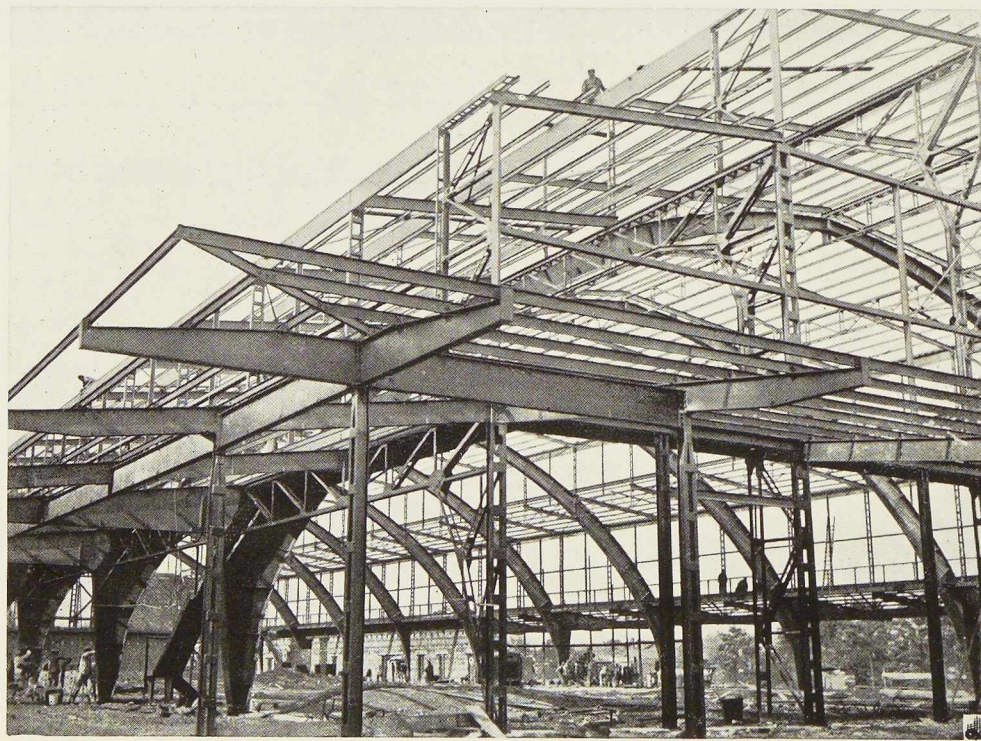


Fig. 596. Vue de l'ossature métallique en voie d'achèvement. A gauche, on aperçoit les parties en porte-à-faux de l'ossature constituant l'auvent.

La poutre Vierendeel

Généralisation de la méthode de calcul par ouverture des mailles par sectionnement d'une des membrures ⁽¹⁾

par **Louis Baes**,

Ingénieur (I. C. M.),
Professeur à l'Université de Bruxelles

I. - La méthode et sa généralisation.

- A. - Introduction.
- B. - Poutre de hauteur constante portant des charges verticales à l'aplomb des montants.
- C. - Poutre polygonale portant des charges verticales à l'aplomb des montants.

II. - Recherche de la position des points d'inflexion dans les montants d'une poutre Vierendeel.

- A. - Etude par la photo-élasticité :
 - Recherches analytiques ;
 - Recherches expérimentales photo-élastiques ;
 - Conclusions de l'étude photo-élastique.
- B. - Recherche des points d'inflexion dans les montants par le calcul :
 - Poutres de hauteur constante ;
 - Poutres polygonales.

III. - Conclusions pratiques.

- Poutres de hauteur constante.
- Poutres polygonales.
- Résolution des équations en U.

(1) Ce mémoire est le résumé de nombreuses recherches qui seront vraisemblablement publiées ailleurs *in extenso* et que nous comptons poursuivre.

Il a pour but d'indiquer une méthode de calcul facile d'emploi et ne comportant pas d'approximations successives pour la résolution des équations.

Ont collaboré à ces recherches, plusieurs jeunes ingénieurs, anciens élèves de l'Université de Bruxelles :

Pour la recherche des premières formules et pour des comparaisons :

MM. G. Wilkin, C. Dermond et F. Piette, lorsqu'ils étaient assistants du Fonds Tassel ;

Pour la recherche des caractères des points d'inflexion et pour les très nombreux essais photo-élastiques :

MM. L. Blanjean, assistant du Fonds Tassel et F. Temmerman, assistant à l'Université.

Les essais photo-élastiques ont pu donner les belles photo-

graphies que contient ce mémoire et qui sont à la base de toute l'étude, grâce au don fait par le Fonds National de la Recherche Scientifique, de deux très beaux prismes polariseurs.

Ce mémoire fait suite à une conférence que nous avons faite le 1^{er} juillet 1936 à l'A. B. E. M. ; mais depuis cette conférence des essais photo-élastiques complémentaires ont mis sur la voie d'importants caractères fondamentaux des points d'inflexion dans les montants et ont conduit aux formules contenues dans ce mémoire et dont certaines sont complétées par rapport à celle que nous avons données lors de la conférence, par des termes dont l'influence peut devenir prépondérante.

Etant donné l'intérêt du problème, nous comptons poursuivre avec nos collaborateurs, les contrôles photo-élastiques, qui se révèlent ici de tout premier ordre.

N° 10 - 1936



I. RÉSUMÉ DE LA MÉTHODE DE CALCUL PAR OUVERTURE DES MAILLES,
PAR SECTIONNEMENT D'UNE DES MEMBRURES ET GÉNÉRALISATION DE CETTE MÉTHODE

A. Introduction

1. Système isostatique de référence

Une poutre Vierendeel appuyée simplement à ses extrémités est une poutre à mailles fermées, à montants verticaux, mais sans diagonales, et à assemblages rigides (fig. 597).

C'est donc un système constructif plan de haut degré d'hyperstaticité interne.

La manière la plus directe de rendre ce système isostatique, ou de dégager, comme on dit, un *système isostatique de référence*, consiste assurément à ouvrir chacune des mailles par une coupe passée dans l'une des membrures de la maille (fig. 598).

Si l'on fait ainsi la coupe en un point D de la bride supérieure de chaque maille, on libère en chaque coupe les trois éléments de la sollicitation de la membrure en cet endroit :

- Un effort longitudinal N ;
- Un effort tranchant T ;
- Un couple fléchissant M .

Les deux premiers ont comme résultante un vecteur Q .

Le *système isostatique de référence* est donc dès lors constitué par la membrure que l'on n'a pas sectionnée, dont sont solidaires tous les montants, porteurs chacun des moignons de la membrure que l'on a sectionnée (fig. 598).

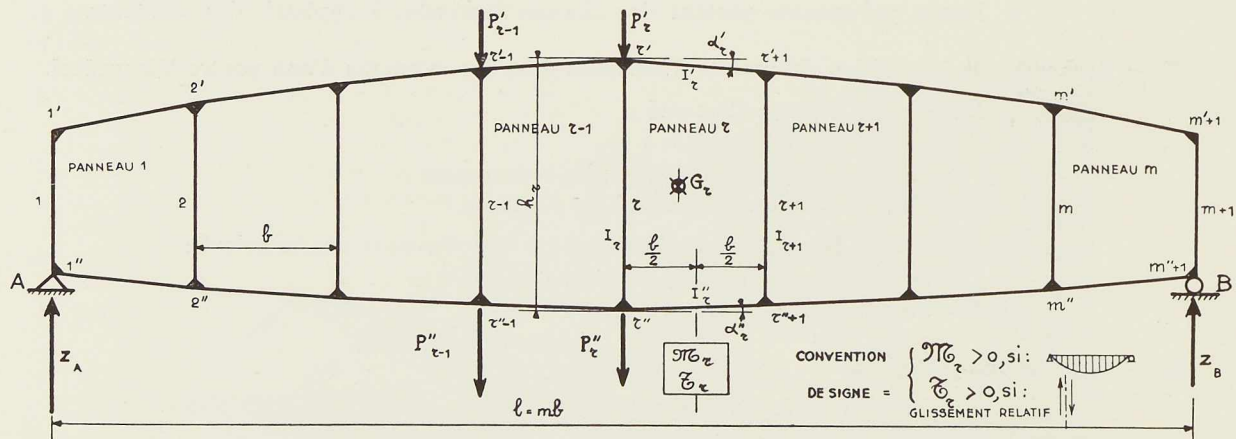


Fig. 597. Le schéma de la poutre polygonale.

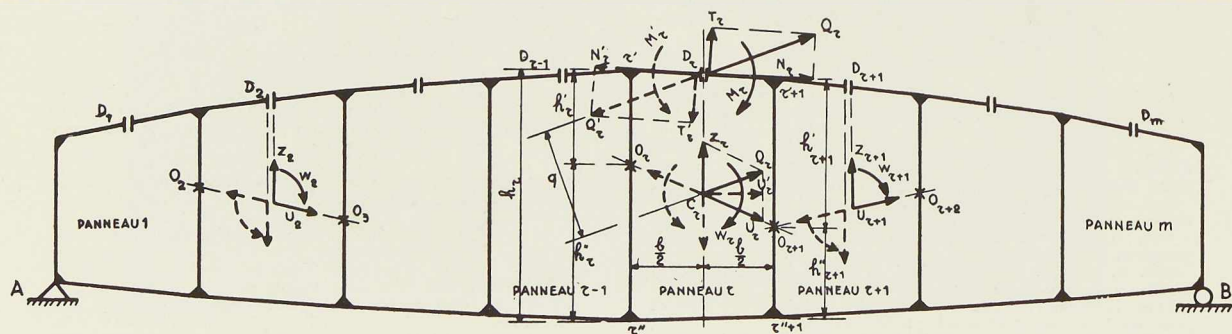


Fig. 598. Le système isostatique de référence.

Il apparaît donc que le degré d'hyperstaticité interne de la poutre Vierendeel est élevé et égal à trois fois le nombre de ses panneaux.

Il faudra donc utiliser $3m$ équations d'élasticité ou de déformation, si m est le nombre total de mailles ou de panneaux (1).

On peut évidemment laisser les trois éléments de la sollicitation M, N, T de la membrure sectionnée, au centre de gravité D de la coupe faite dans la membrure.

Mais on peut, si on le juge utile, transporter ces éléments en un point quelconque C (fig. 598).

Le vecteur Q sera simplement déplacé en C sans modification, mais le couple M sera remplacé en C par un couple W, tel que

$$W = M + Q \times q.$$

Des simplifications analytiques précieuses peuvent être réalisées par le choix opportun du point C et des directions suivant lesquelles on y décomposera le vecteur Q en deux composantes U et Z.

Moyennant ces simplifications, le calcul de la poutre Vierendeel par la méthode ouvrant chaque maille, présente des caractères fort intéressants.

Cette méthode a fait l'objet (1921) d'une importante étude par le D^r Ing. K. KRISO (2).

Cet auteur n'a cependant traité dans cet ouvrage que le cas le plus courant et le plus simple où dans tous les montants le point d'inflexion se trouve à mi-hauteur du montant, où tous les montants ont le même moment d'inertie et où dans chaque panneau les deux membrures ont le même moment d'inertie J.

Ce cas restreint le champ d'application de la méthode.

Il nous a semblé important de chercher à généraliser la méthode.

La présente étude constitue le résumé des premiers résultats de cette généralisation et comporte des remarques nouvelles fort importantes relatives à la position des points d'inflexion dans les montants.

(1) Voir pour les principes généraux : L. BAES, *Résistance des matériaux*, tome I, 1930-1934, chap. VI, § D et chap. VII, p. 304.

Cette manière de dégager le système isostatique de référence est la plus directe. Elle fut déjà utilisée dès 1909 : FRANDSEN, *Contribution à la théorie de la poutre Vierendeel* (*Beton und Eisen*, 1909, fasc. XIV).

Voir aussi : P. DAUBRESSE, *Méthodes générales de calcul des ossatures à nœuds rigides* (*Comptes rendus du 2^e Congrès National des Sciences*, pp. 1095 à 1110, Bruxelles, 1935).

(2) K. KRISO, *Stabilité des poutres Vierendeel*, 1921 ; traduction de E. Barbieux et E. Dryon, Ed. Bérangeur, Paris, 1926.

Étant générale, cette étude a dégagé les vrais caractères de la méthode.

2. Notations principales (fig. 597)

Chaque maille ou panneau est doté d'un numéro : 1, ... r, ... i, ... m.

Chaque montant est doté d'un numéro, le premier à gauche est numéroté 1, le dernier à droite $m+1$.

Le panneau r est donc encadré par les montants r et r+1.

- h_r hauteur du montant r ;
- h'_r et h''_r distances du point d'inflexion O_r du montant r, respectivement à l'axe des brides supérieure et inférieure ;
- b largeur d'un panneau ;
- r' nœud supérieur du montant r ;
- r'' nœud inférieur du montant r.

Les pièces sont supposées prismatiques ou de section constante.

I_r moment d'inertie de la section transversale du montant r ;

I'_r moment d'inertie de la section transversale de la membrure supérieure du panneau r ;

I''_r moment d'inertie de la section transversale de la membrure inférieure du panneau r ;

$$J'_r = I'_r \cdot \cos \alpha'_r, \quad J''_r = I''_r \cdot \cos \alpha''_r$$

$$\gamma_r \text{ rapport : } \gamma_r = \frac{1}{1 + \frac{I''_r}{I'_r}} \text{ pour les poutres de hauteur constante,}$$

$$\gamma_r = \frac{1}{1 + \frac{J''_r}{J'_r}} \text{ pour les poutres à membrures polygonales.}$$

\mathfrak{M}_r moment fléchissant isostatique sollicitant la poutre à l'aplomb du milieu du panneau r ;

\mathfrak{T}_r effort tranchant isostatique sollicitant la poutre dans le panneau r ;

\mathfrak{X}'_r une charge verticale concentrée au nœud supérieur du montant r ;

\mathfrak{X}''_r une charge verticale concentrée au nœud inférieur du montant r ;

W_r, U_r ou X_r, Z_r variables hyperstatiques relatives à la maille r ;

U'_r composante horizontale de U_r .

CONVENTION DE SIGNE :

Dans ce qui suit, les \mathfrak{M}_r sont à introduire positifs s'ils correspondent à une courbure de la poutre à convexité vers le bas ; les \mathfrak{T}_r sont à introduire



positifs s'ils correspondent à une tendance à déplacement vers le haut du tronçon à gauche d'une coupe par rapport au tronçon à droite de la coupe. D'une manière générale lorsqu'on étudiera une maille déterminée, on dira que le moment fléchissant en telle section d'une des pièces de la maille est positif s'il crée de la traction du côté extérieur à la maille. C'est cela qui justifie le signe de \mathcal{M}_r . Les W_r , U_r , Z_r sont positifs si leur sens est conforme à celui qui leur est attribué dans les figures générales 598, 600 et 601.

2bis. Notations complémentaires (fig. 599)

Le calcul d'une poutre Viereendeel se fait en général en considérant toutes les brides et les montants prismatiques et en supposant la longueur des montants courant entre les axes des brides, et la longueur des brides courant entre les axes des montants. C'est le *procédé habituel* de calcul, qui fait donc abstraction des congés de raccordement des montants aux brides.

Mais ces congés sont parfois fort grands, ils atteignent souvent 1/4 et même 1/3 de la largeur des panneaux.

Les formules qui suivent sont établies en considérant que les régions des parties centrales des nœuds sont pratiquement indéformables (fig. 599) et en ne comptant donc la déformation, tant des brides que des montants, que sur des *longueurs réduites* b' et k .

Sur ces longueurs les pièces sont supposées prismatiques.

Ce procédé approché peut donner des résultats utiles. Il justifie l'introduction des notations complémentaires suivantes :

k_r hauteur réduite du montant r ;
 k'_r et k''_r distances du point d'inflexion O_r de ce montant, respectivement à l'extrémité supérieure et à l'extrémité inférieure de la hauteur réduite k_r ;

$$\delta_r = \frac{k'^2_r - k''^2_r}{2l_r}$$

$$c'_r = h'_r - k'_r, \quad c''_r = h''_r - k''_r$$

a'_r hauteur de la bride supérieure ;

a''_r hauteur de la bride inférieure ;

e_r largeur du montant r ;

ρ rayon des congés de raccordement, s'ils sont circulaires ;

b'_r largeur réduite des panneaux.

A titre d'approximation, on supposera :

$$c'_r = \frac{a'_r + \rho}{2}, \quad c''_r = \frac{a''_r + \rho}{2},$$

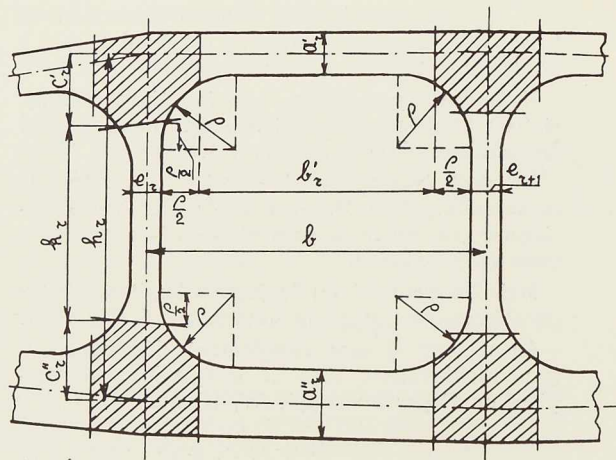


Fig. 599. Cas d'une poutre à grands congés de raccordement.

$$\text{donc } k_r = h_r - (c'_r + c''_r) = h_r - \frac{a'_r + a''_r}{2} - \rho$$

$$\text{et } b'_r = b - e_r - \rho.$$

On remarque que

$$\delta_r = \frac{h_r^2}{2l_r} \left[1 - \frac{c'_r + c''_r}{h_r} \right] \left(2 \frac{h'_r}{h_r} - 1 \right),$$

en négligeant $\frac{c''_r - c'_r}{h_r}$ vis-à-vis de 1.

Il est évident que les formules que l'on obtiendra deviennent celles du procédé habituel de calcul en y faisant simplement $c'_r = c''_r = 0$ ou

$$k_r = h_r, \quad k'_r = h'_r, \quad k''_r = h''_r \quad \text{et} \quad b'_r = b.$$

Dans ce cas :

$$\delta_r = \frac{h_r^2}{2l_r} \left(2 \frac{h'_r}{h_r} - 1 \right)$$

3. Principes généraux des simplifications introduites par la méthode d'ouverture de chaque maille par sectionnement d'une des membrures

UN CARACTÈRE FONDAMENTAL DE LA POUTRE VIEREENDEEL :

Ayant dégagé le système isostatique de référence (fig. 598), il apparaît de suite que les *trois variables hyperstatiques d'un panneau n'influencent que les quatre barres qui constituent ce panneau*.

Ce caractère amène évidemment de précieuses simplifications ; à lui seul il semble justifier la méthode.



Considérant le panneau r (fig. 598), il en résulte que si l'on a sectionné la membrure supérieure :

La membrure supérieure r' , $r'+1$ n'est influencée que par les variables hyperstatiques du panneau r : W_r, U_r, Z_r ;

La membrure inférieure r'' , $r''+1$ n'est influencée que par ces mêmes variables et par les moments et efforts tranchants isostatiques \mathfrak{M} et \mathfrak{T} sollicitant la poutre dans le panneau r ;

Le montant de gauche r' , r'' est influencé en principe par les variables hyperstatiques des deux panneaux qu'il sépare :

$$W_{r-1}, U_{r-1}, Z_{r-1}; W_r, U_r, Z_r;$$

de même le montant de droite $r'+1$, $r''+1$, est influencé en principe par les variables hyperstatiques des deux panneaux qu'il sépare ;

$$W_r, U_r, Z_r; W_{r+1}, U_{r+1}, Z_{r+1}.$$

Donc l'ensemble des quatre barres qui constituent un panneau est en principe influencé par les \mathfrak{M} et \mathfrak{T} isostatiques du panneau et par les trois variables hyperstatiques des deux ou trois panneaux contigus, qui sont séparés l'un de l'autre par l'un des deux montants qui limitent le panneau considéré.

Pour chaque maille ouverte par la coupe faite, on a à écrire trois équations de déformation ou d'élasticité, qui expriment d'une manière ou d'une autre, par l'une ou l'autre méthode opportune, que les deux lèvres de la coupe transversale D qui a ouvert la maille ne se déplacent pas l'une par rapport à l'autre, c'est-à-dire qu'elles ne subissent aucun déplacement relatif suivant l'axe de la membrure coupée, aucun déplacement relatif suivant la direction normale à cet axe, ni aucun déplacement angulaire relatif.

D'après ce qui vient d'être dit, chacune de ces équations de déformation relatives au panneau r est en principe une fonction de six ou de neuf variables hyperstatiques, suivant que le panneau r est ou n'est pas un des panneaux d'extrémité de la poutre :

$$\varphi(W_{r-1}, U_{r-1}, Z_{r-1}; W_r, U_r, Z_r; W_{r+1}, U_{r+1}, Z_{r+1}) = 0.$$

Si la poutre comporte m panneaux, on a donc m groupes de trois équations de cette forme générale ; les deux groupes correspondant aux panneaux extrêmes ne comportent cependant que six des variables hyperstatiques.

La résolution générale de ce système est pénible.

SIMPLIFICATION ESSENTIELLE :

Si les montants sont des pièces droites à axe vertical, si l'on connaît dans chacun d'eux la position du *point d'inflexion*, le problème se trouve considérablement simplifié et devient accessible aux procédés simples de calcul.

On aboutit le plus simplement en faisant le sectionnement de la membrure des panneaux, au milieu de la largeur des panneaux, en descendant les variables hyperstatiques au milieu de la droite O_r, O_{r+1} qui joint les points d'inflexion des montants et en prenant en ce point les composantes U_r, Z_r du vecteur Q_r suivant la droite O_r, O_{r+1} et suivant la verticale (fig. 598).

Il est évident que dans ces conditions, comme cela sera confirmé plus loin :

le montant r' , r'' du panneau r n'est plus influencé que par les variables hyperstatiques U_{r-1} et U_r ,

et le montant $r'+1$, $r''+1$ par les variables hyperstatiques U_r et U_{r+1} .

Donc l'ensemble des quatre barres qui constituent un panneau n'est plus influencé que par les \mathfrak{M} et \mathfrak{T} isostatiques du panneau et par cinq des variables hyperstatiques au lieu de neuf.

Les trois équations de déformation relatives au panneau r prennent en principe la forme générale :

$$\psi(U_{r-1}; W_r, U_r, Z_r; U_{r+1}) = 0.$$

Si le panneau r est un panneau d'extrémité l'un des deux U_{r-1} ou U_{r+1} disparaît des équations de ce panneau.

Mais la simplification est encore plus complète dans les cas les plus simples et les plus courants.

On verra en effet que dans ces cas l'équation qui pose que les deux lèvres de la coupe faite pour ouvrir la maille r ne tournent pas l'une par rapport à l'autre, ne contient comme variables hyperstatiques que deux d'entre elles U'_r et W_r , et que l'équation qui pose que ces deux lèvres ne glissent pas l'une par rapport à l'autre dans le sens vertical ne contient aussi comme variables hyperstatiques que deux d'entre elles U'_r et Z_r .

Mais de plus, et cela dans tous les cas, on constatera que la troisième équation de déformation du panneau r ne contient que les trois variables hyperstatiques U'_{r-1}, U'_r, U'_{r+1} .

Enfin, la forme sous laquelle se présentent les équations est particulièrement favorable à la facilité des calculs.

On aboutit en effet, quelle que soit la distribution des charges verticales concentrées à



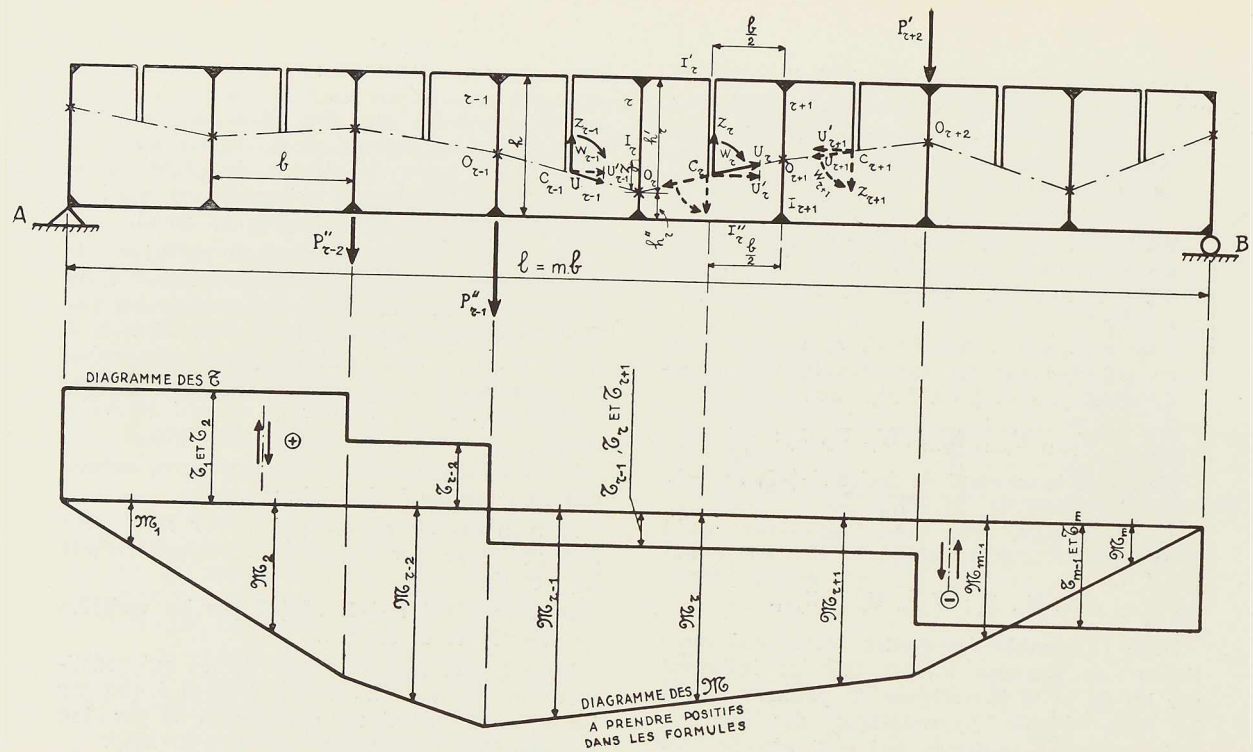


Fig. 600. Le schéma d'une poutre de hauteur constante avec des diagrammes M et S .

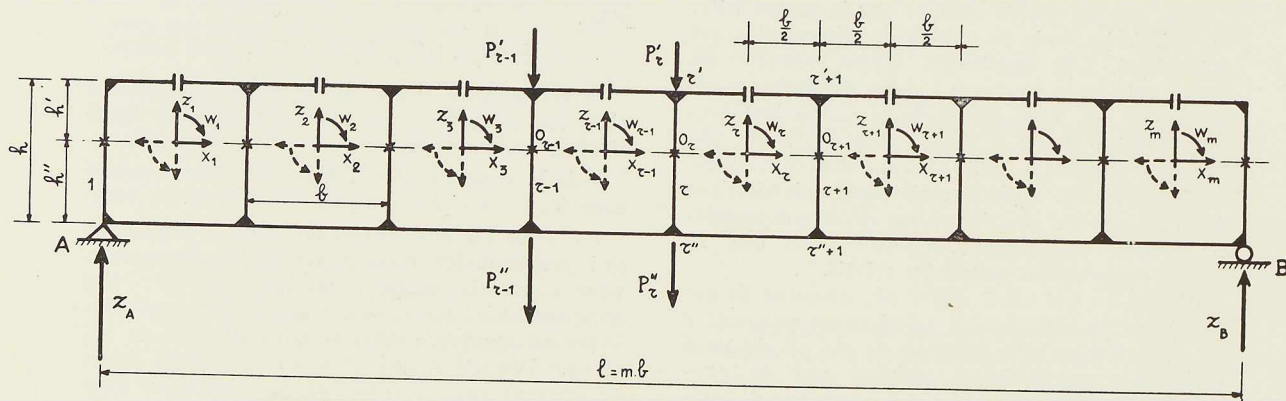


Fig. 601. La poutre de hauteur constante, dont les points d'inflexion dans les montants sont tous au même niveau.

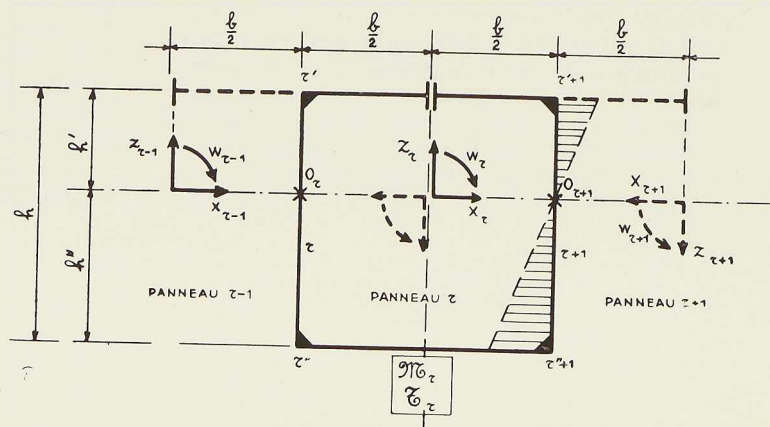


Fig. 602. Etude des pièces constituant le panneau r de la poutre de la figure 601.

N° 10 - 1936



l'aplomb des montants, aux équations linéaires suivantes :

$$-A_r \cdot \mathbf{U}'_{r-1} + B_r \cdot \mathbf{U}'_r - C_r \cdot \mathbf{U}'_{r+1} = D_r \cdot \frac{2 \mathfrak{M}'_r}{h_{r+1} + h_r} \quad (I_1)$$

$$\mathbf{W}_r = \gamma_r \cdot \mathfrak{M}'_r + E_r \cdot \mathbf{U}'_r + \varphi(\mathbf{U}'_{r-1}, \mathbf{U}'_r, \mathbf{U}'_{r+1}) \quad (I_2)$$

$$\mathbf{Z}_r = \gamma_r \cdot \mathfrak{S}_r + F_r \cdot \mathbf{U}'_r + \psi(\mathbf{U}'_{r-1}, \mathbf{U}'_r, \mathbf{U}'_{r+1}) \quad (I_3)$$

Les fonctions φ et ψ sont linéaires.

Dans ces équations $A_r, B_r, C_r, D_r, E_r, F_r, \gamma_r$ sont des coefficients numériques dépendant du cas, mais dont les valeurs sont toujours faciles à calculer.

Les équations I_2 et I_3 donnent immédiatement les \mathbf{W}_r et \mathbf{Z}_r dès que les \mathbf{U}' sont connus ; dans les cas les plus courants les coefficients E_r et F_r sont nuls et les fonctions φ et ψ nulles ou négligeables, de sorte que les \mathbf{W}_r et \mathbf{Z}_r sont alors *directement connus*, ils sont alors la même fraction γ_r respectivement du moment fléchissant et de l'effort tranchant isostatiques \mathfrak{M}'_r et \mathfrak{S}_r .

Quant au groupe des m équations du type I_1 , ce n'est autre qu'un système de m équations du premier degré étagées à partir de deux variables, la dernière de ces équations ne contenant aussi que deux variables.

La résolution parfaite de ce système n'offre aucune difficulté et ne comporte pas nécessairement l'emploi d'approximations successives.

Elle aboutit d'ailleurs à exprimer chacune des variables \mathbf{U}' par une somme de termes *tous de même signe*, ne dépendant que des moments fléchissants isostatiques sollicitant la poutre.

L'équation I_1 , souvent appelée l'équation aux \mathbf{U}' , peut être dénommée *l'équation des deux ou des trois panneaux séparés par des montants successifs* ⁽¹⁾.

Il est à remarquer que dans tout ceci on n'a introduit aucune hypothèse concernant la forme des pièces, on a simplement supposé que toutes les pièces sont à axe rectiligne.

Les considérations précédentes sont donc générales et permettraient au besoin de tenir explicitement compte des congés de raccordement des montants aux membrures, avec une très grande approximation.

La méthode apparaît donc dans son principe comme pleine de promesses ⁽²⁾.

(1) Par analogie avec l'équation des trois moments des poutres continues sur plusieurs appuis.

(2) Il est facile de généraliser pour tenir compte de l'action

B. Poutre de hauteur constante portant des charges verticales à l'aplomb des montants

4. Cas général :

Les points d'inflexion dans les montants de la poutre ne sont pas au même niveau

SYSTÈME ISOSTATIQUE DE RÉFÉRENCE (fig. 600) :

Le système isostatique de référence auquel on se rapporte est réalisé en sectionnant chaque tronçon de la membrure supérieure en son milieu.

La position des points d'inflexion O dans les montants *étant supposée connue*, on joint ces points deux à deux ; dans chaque panneau on descend les inconnues hyperstatiques au point C situé au milieu de la longueur de la droite qui joint les points d'inflexion dans les montants qui limitent le panneau.

En ce point on décompose le vecteur suivant la verticale et suivant l'alignement joignant les points d'inflexion.

Les inconnues hyperstatiques du panneau r sont donc le couple \mathbf{W}_r et les forces \mathbf{U}_r et \mathbf{Z}_r .

La composante horizontale de \mathbf{U}_r est appelée \mathbf{U}'_r .

EQUATIONS DE DÉFORMATION DU PANNEAU r :

Le moment fléchissant aux points d'inflexion des montants est nul, c'est-à-dire que

$$\mathbf{W}_r - \mathbf{W}_{r-1} - (\mathbf{Z}_r + \mathbf{Z}_{r-1}) \frac{b}{2} = 0$$

et

$$\mathbf{W}_{r+1} - \mathbf{W}_r - (\mathbf{Z}_{r+1} + \mathbf{Z}_r) \frac{b}{2} = 0$$

Les moments fléchissants dans les montants r et $r+1$ ont donc comme expression :

$$\text{Montant } r : \quad \mathbf{M} = -(\mathbf{U}'_{r-1} - \mathbf{U}'_r) z$$

$$\text{Montant } r+1 : \quad \mathbf{M} = (\mathbf{U}'_r - \mathbf{U}'_{r+1}) z$$

les \mathbf{W} et les \mathbf{Z} n'interviennent donc pas dans leur expression.

Dans ces conditions les équations de déformation du panneau r s'écrivent comme suit ⁽¹⁾ :

des forces horizontales appliquées aux nœuds de la poutre et de l'action des différences de température. Mais cela sort des limites de la présente étude.

(1) Ces équations peuvent évidemment être obtenues par l'un ou l'autre procédé classique, par exemple par les formules dites de Bresse, par celles de Mohr, par l'application du théorème de Menabrea, par les formules basées sur l'emploi des ellipses d'élasticité, etc.



$$\begin{aligned}
& - \left[\frac{k'_r{}^3 + k''_r{}^3}{3 I_r} + \delta_r (\gamma_r \cdot h - h'_r) \right] \mathbf{U}'_{r-1} \\
& + \left[\left(\frac{k'_r{}^3 + k''_r{}^3}{3 I_r} + \frac{k'_{r+1}{}^3 + k''_{r+1}{}^3}{3 I_{r+1}} \right) - (\gamma_r - 1) \frac{b' \cdot h^2}{I''_r} \right] \mathbf{U}'_r \\
& + \left[\delta_r (\gamma_r \cdot h - h'_r) + \delta_{r+1} (\gamma_r \cdot h - h'_{r+1}) \right] \\
& - \left[\frac{k'_{r+1}{}^3 + k''_{r+1}{}^3}{3 I_{r+1}} + \delta_{r+1} (\gamma_r \cdot h - h'_{r+1}) \right] \mathbf{U}'_{r+1} = + \gamma_r \frac{b' \cdot h}{I''_r} \mathfrak{M}_r \quad (\text{II}_1)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\mathbf{W}_r = & + \gamma_r \cdot \mathfrak{M}_r - \left(\gamma_r - \frac{h'_r + h'_{r+1}}{2h} \right) h \cdot \mathbf{U}'_r \\
& - \frac{\gamma_r \cdot I''_r}{b'} \left[+ \delta_r \cdot \mathbf{U}'_{r-1} - (\delta_r + \delta_{r+1}) \mathbf{U}'_r + \delta_{r+1} \cdot \mathbf{U}'_{r+1} \right] \quad (\text{II}_2)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\mathbf{Z}_r = & + \gamma_r \cdot \mathfrak{C}_r - \frac{h'_r - h'_{r+1}}{b} \cdot \mathbf{U}'_r \\
& + \frac{6b}{b'^3} \cdot \gamma_r \cdot I''_r \left[+ \delta_r \cdot \mathbf{U}'_{r-1} - (\delta_r - \delta_{r+1}) \cdot \mathbf{U}'_r - \delta_{r+1} \cdot \mathbf{U}'_{r+1} \right] \quad (\text{II}_3)
\end{aligned}$$

Dans ces équations :

$$\delta_r = \frac{k'_r{}^2 - k''_r{}^2}{2 I_r} = \frac{h_r^2}{2 I_r} \left(1 - \frac{c'_r + c''_r}{h_r} \right) \left(2 \frac{h'_r}{h_r} - 1 \right)$$

$$\begin{aligned}
\delta_{r+1} &= \frac{k'_{r+1}{}^2 - k''_{r+1}{}^2}{2 I_{r+1}} \\
&= \frac{h_{r+1}^2}{2 I_{r+1}} \left(1 - \frac{c'_{r+1} + c''_{r+1}}{h_{r+1}} \right) \left(2 \frac{h'_{r+1}}{h_{r+1}} - 1 \right)
\end{aligned}$$

\mathfrak{M}_r est le moment fléchissant isostatique de la poutre, à mi-longueur du panneau r , \mathfrak{C}_r est l'effort tranchant isostatique dans le panneau r .

Il est bon de rappeler que

$$\gamma_r = \frac{1}{1 + \frac{I''_r}{I_r}}$$

On remarque que l'on ne parvient à ces équations qu'en introduisant dans le problème, comme variables auxiliaires, la position des points d'inflexion dans les montants de la poutre.

Pour permettre d'appliquer ces formules, il faut connaître la position des points d'inflexion dans les montants.

Si, dans ces formules, on fait les c' et c'' égaux à zéro et si on remplace les k' par les h' , les k'' par les h'' , b' par b , on obtient les formules qui conviennent au cas où l'on admet que les pièces sont prismatiques jusqu'au centre des nœuds, c'est-à-dire au cas habituel du calcul. Dans ces conditions les formules sont à mettre en parallèle

avec celles obtenues dans les mêmes conditions par d'autres auteurs (1).

C. Poutre polygonale portant des charges verticales à l'aplomb des montants

5. Cas général :

Les points d'inflexion dans les montants de la poutre ne sont pas au même niveau relatif (fig. 597 et 598)

Le système isostatique de référence auquel on se rapporte est réalisé en sectionnant chaque tronçon de la membrure supérieure en son milieu.

Les équations de déformation du panneau r prennent les formes suivantes, plus générales que les équations du cas de la poutre de hauteur constante :

(1) Par exemple voir les auteurs belges :

- A. VIERENDEEL, 1er mémoire, *Longerons en treillis et longerons à arcades* (1897, Bruxelles), et la suite des autres mémoires.
- F. KEELHOFF, *Cours de Stabilité des Constructions* (Edition 1924, pp. 195 et suivantes) et divers mémoires.
- G. MAGNEL, *Le calcul pratique des poutres Viereendeel* (1934, Gand).
- P. THOMAS, *Le calcul des poutres Viereendeel* (*Revue Universelle des Mines*, 1926 et 1929, Liège).
- F. CAMPUS, *De la hauteur du point d'inflexion sur les montants des poutres Viereendeel* (*Revue Universelle des Mines*, août 1929, Liège).
- C. VAN HIMBEECK (note manuscrite, 1934, Louvain).



$$\begin{aligned}
& - \left[\frac{k'_r{}^3 + k''_r{}^3}{3 I_r} + \delta_r (\gamma_r \cdot h_r - h'_r) \right] \mathbf{U}'_{r-1} \\
& + \left[\left(\frac{k'_r{}^3 + k''_r{}^3}{3 I_r} + \frac{k'^3_{r+1} + k''^3_{r+1}}{3 I_{r+1}} \right) - (\gamma_r - 1) \frac{b'}{J''_r} \left[\left(\frac{h_{r+1} + h_r}{2} \right)^2 + \left(\frac{h_{r+1} - h_r}{b} \right)^2 \frac{b'^2}{12} \right] \right. \\
& \quad \left. + \delta_r (\gamma_r \cdot h_r - h'_r) + \delta_{r+1} (\gamma_r \cdot h_{r+1} - h'_{r+1}) \right] \mathbf{U}'_r \\
& - \left[\frac{k'^3_{r+1} + k''^3_{r+1}}{3 I_{r+1}} + \delta_{r+1} (\gamma_r \cdot h_{r+1} - h'_{r+1}) \right] \mathbf{U}'_{r+1} \\
& = + \frac{\gamma_r \cdot b'}{J'_r} \frac{h_r + h_{r+1}}{2} \left[\mathfrak{M}_r + \frac{1}{6} \frac{b'^2}{b} \frac{h_{r+1} - h_r}{h_{r+1} + h_r} \mathfrak{S}_r \right] \quad (\text{III}_1) \\
\mathbf{W}_r & = + \gamma_r \cdot \mathfrak{M}_r - \left(\gamma_r - \frac{h'_r + h'_{r+1}}{h_r + h_{r+1}} \right) \frac{h_r + h_{r+1}}{2} \mathbf{U}'_r \\
& - \frac{\gamma_r \cdot J''_r}{b'} \left[+ \delta_r \cdot \mathbf{U}'_{r-1} - (\delta_r + \delta_{r+1}) \mathbf{U}'_r + \delta_{r+1} \cdot \mathbf{U}'_{r+1} \right] \quad (\text{III}_2) \\
\mathbf{Z}_r & = + \gamma_r \cdot \mathfrak{S}_r - \left(\gamma_r - \frac{h'_{r+1} - h'_r}{h_{r+1} - h_r} \right) \frac{h_{r+1} - h_r}{b} \cdot \mathbf{U}'_r \\
& + \frac{6b}{b'^3} \cdot \gamma_r \cdot J''_r \left[+ \delta_r \cdot \mathbf{U}'_{r-1} - (\delta_r - \delta_{r+1}) \cdot \mathbf{U}'_r - \delta_{r+1} \cdot \mathbf{U}'_{r+1} \right] \quad (\text{III}_3)
\end{aligned}$$

Dans ces formules \mathfrak{M}_r est le moment fléchissant isostatique de la poutre, à mi-longueur du panneau r , \mathfrak{S}_r est l'effort tranchant isostatique dans le panneau.

Il est bon de rappeler que

$$\gamma_r = \frac{1}{1 + \frac{J''_r}{J'_r}}$$

Si dans ces formules on remplace les k' par les h' , les k'' par les h'' et b' par b , on obtient les formules qui conviennent au cas où l'on admet que les pièces sont prismatiques jusqu'au centre des nœuds, c'est-à-dire au cas habituel du calcul.

Remarque. — Si l'on applique le procédé habituel de calcul, notamment $b' = b$, dans le second membre de l'équation (III₁)

$$\mathfrak{M}_r + \frac{1}{6} b \frac{h_{r+1} - h_r}{h_{r+1} + h_r} = \mathfrak{M}_{G_r}$$

moment fléchissant isostatique à l'aplomb du centre de gravité du trapèze formé par la maille r .

Le second membre de (III₁) peut donc alors être remplacé par

$$+ \frac{\gamma_r \cdot b}{J'_r} \frac{h_r + h_{r+1}}{2} \mathfrak{M}_{G_r}$$

Les équations II₁, II₂, II₃ et III₁, III₂, III₃ sont des équations générales applicables du moment que les pièces comportent une partie droite suffisamment longue pour que l'on puisse les considérer comme des poutres et y appliquer les formules de la résistance des matériaux.

Ces formules générales impliquent la connaissance des points d'inflexion ; dans les cas généraux ceux-ci seront déterminés au moyen d'expériences de photo-élasticité par exemple ; dans les cas habituels la position des points d'inflexion peut être fixée *a priori*, comme il va être montré.



Fig. 603. Essai I. Poutre cintrée à huit panneaux.

$$\frac{I''}{I'} = 1, \frac{I'}{I} = 1, \frac{\text{flèche}}{\text{portée}} = \frac{1}{7,5}$$

(Mai 1936)

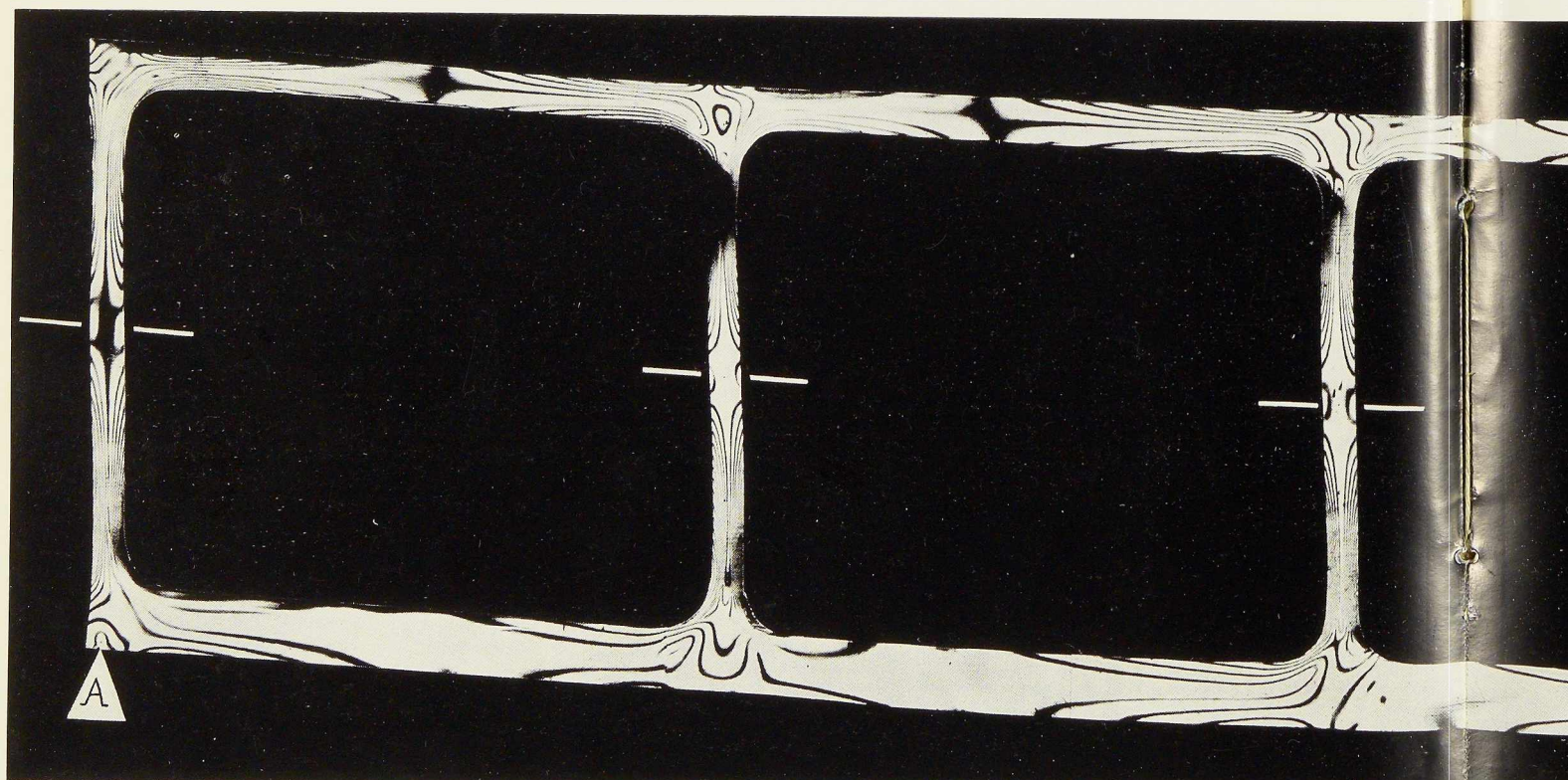
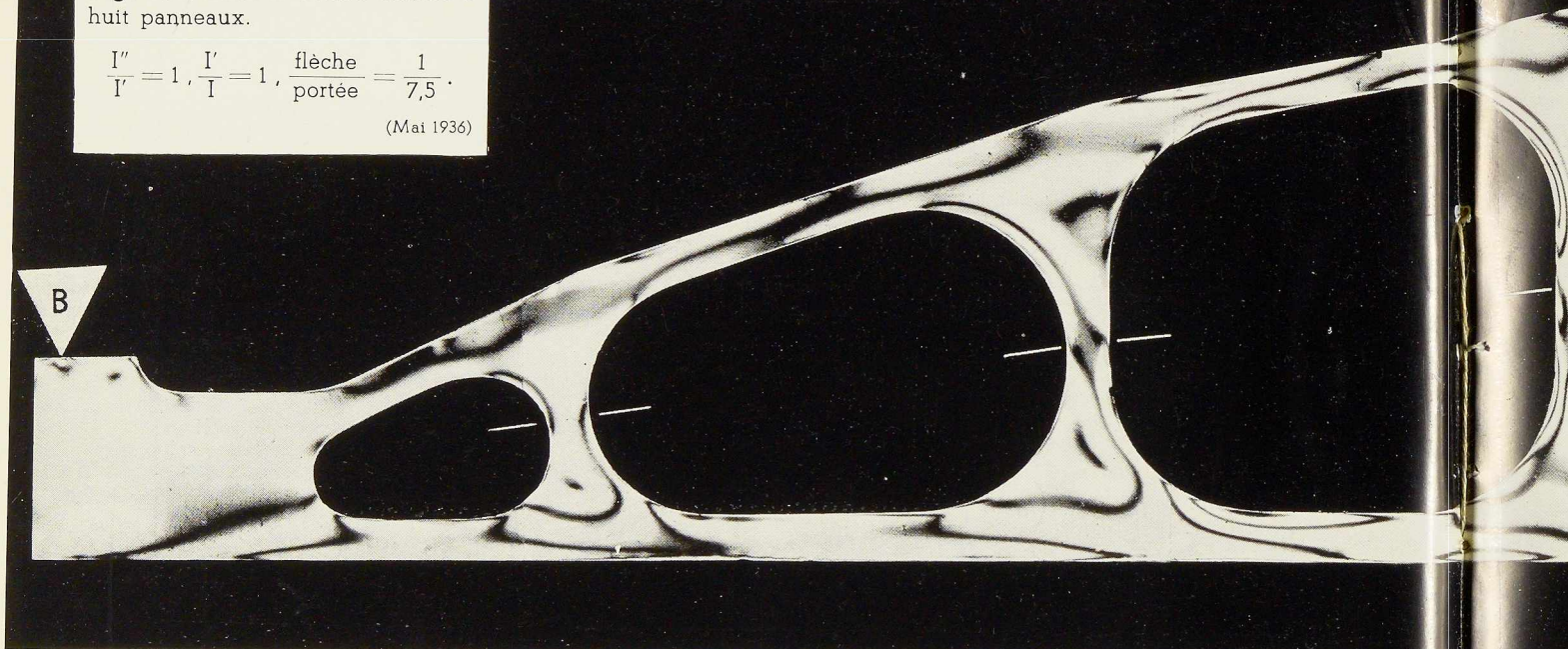
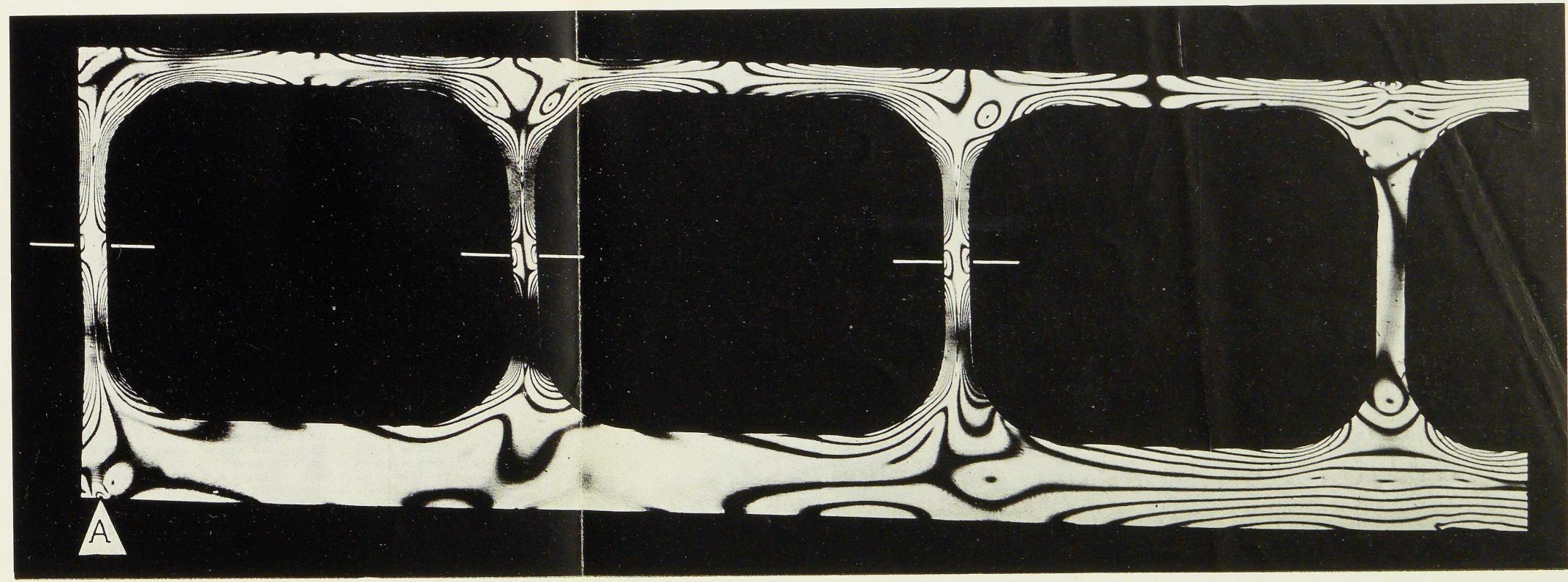
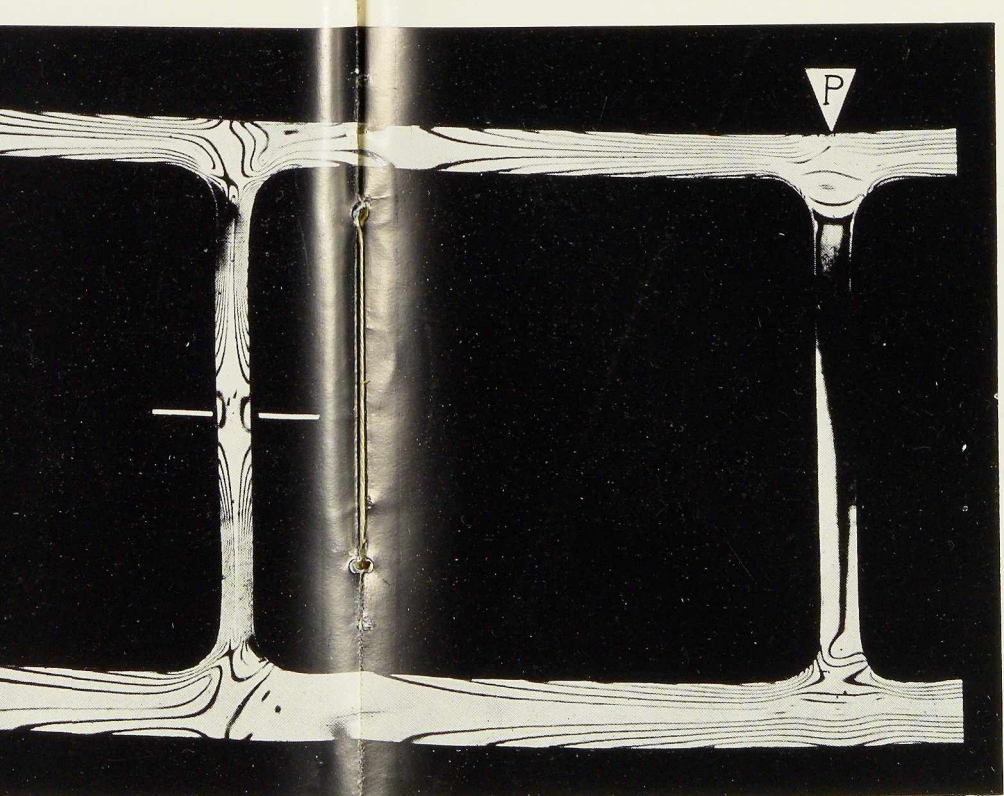
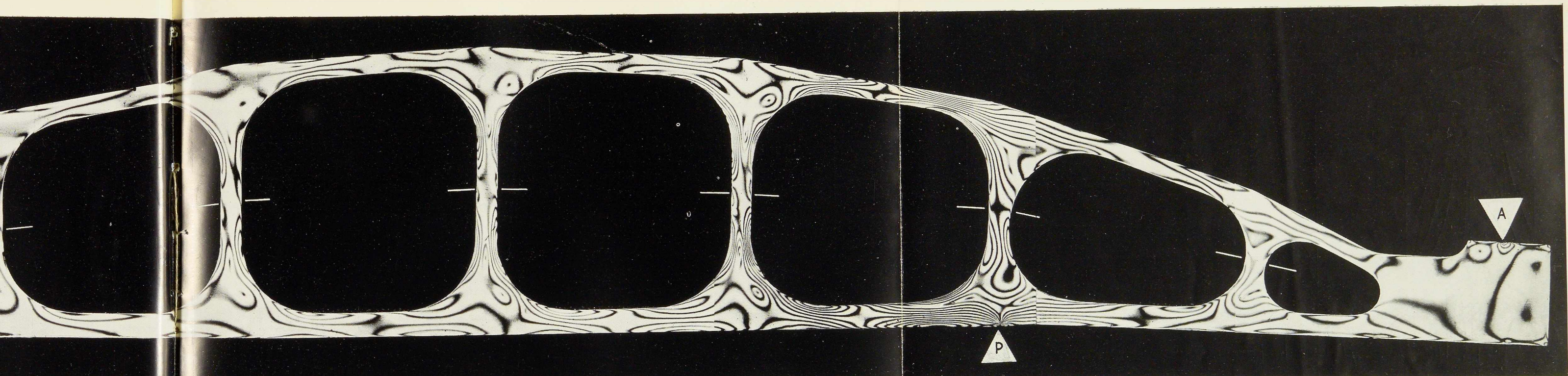


Fig. 604. Essai II. Moitié de la poutre chargée à l'aplomb du montant du milieu.

$$\frac{I''}{I'} = 2,686$$

$$\frac{I'}{I} = 2,097$$



$$\frac{I''}{I} = 2,686 \quad \frac{I'}{I} = 2,097 \quad \frac{b}{h} \cdot \frac{I}{I'} = 0,535$$

(Août 1936)

Fig. 605. Essai IV. Moitié de la poutre chargée à l'aplomb du montant du milieu.
A comparer à la figure 610.

$$\frac{I''}{I} = 13,178 \quad \frac{I'}{I} = 2,305 \quad \frac{b}{h} \cdot \frac{I}{I'} = 0,468$$

(Août 1936)

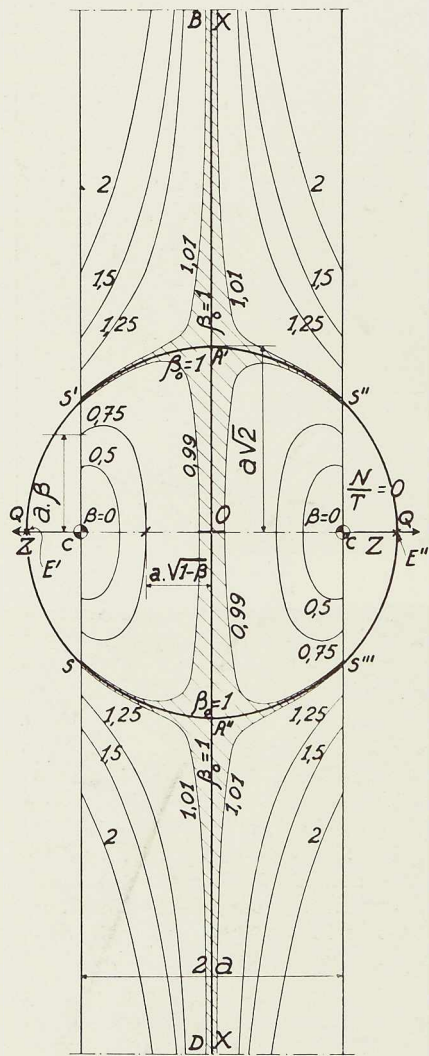


Fig. 606.
Cas $\frac{N}{T} = 0$

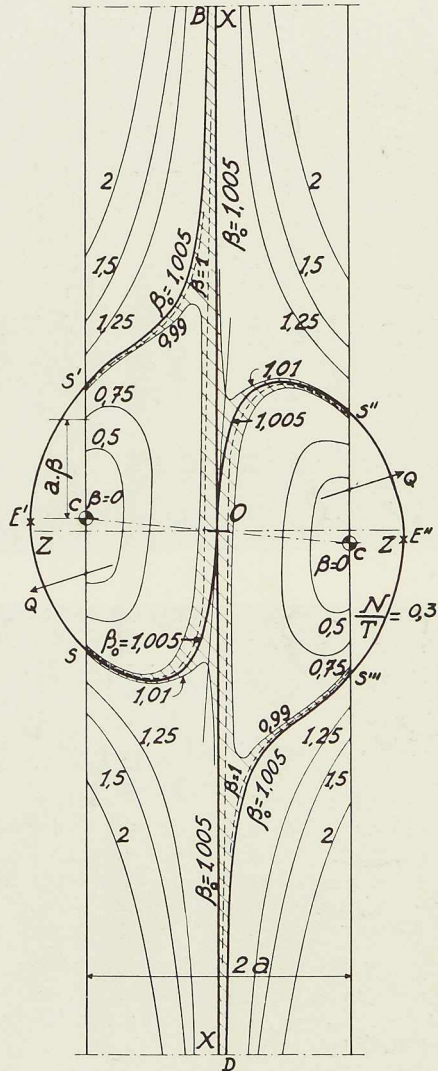


Fig. 607.
Cas $\frac{N}{T} = 0,3$

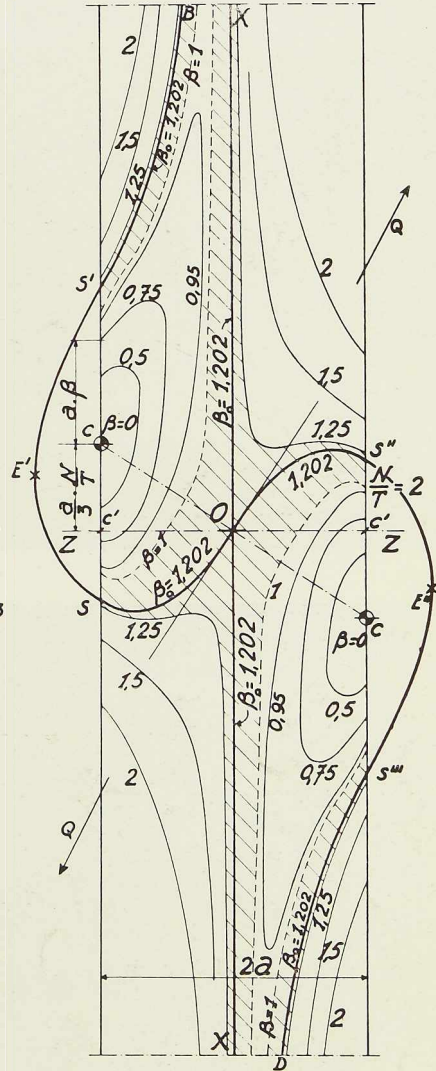


Fig. 608.
Cas $\frac{N}{T} = 2$

Fig. 606, 607, 608. Les lignes isochromatiques aux abords d'un point d'inflexion, d'une pièce droite prismatique.

II. RECHERCHE DE LA POSITION DES POINTS D'INFLEXION DANS LES MONTANTS D'UNE POUTRE VIERENDEEL

A. Etude par la photo-élasticité ⁽¹⁾

6. Recherches analytiques

Dans le cas d'une pièce droite prismatique, de section rectangulaire, sollicitée par flexion plane, la région aux abords d'un point d'inflexion présente dans l'examen optique par la photo-élasticité, un aspect extrêmement caractéristique.

Les caractères de cet aspect sont tels qu'ils suffisent complètement pour dépister sans ambiguïté la position du point d'inflexion dans les montants et même dans les membrures d'une poutre Vierendeel.

Il est important de discuter analytiquement les caractères des courbes isochromatiques ou courbes d'extinction de cette région, avant de comparer des photographies obtenues dans divers cas.

Si l'axe de la pièce droite est pris comme axe des x et si l'origine O est prise au point d'inflexion étudié, la tension tangentielle maximum a comme expression :

$$|\tau_{\max}| = \frac{1}{2} \sqrt{\sigma^2_x + 4\tau^2_{xz}} \quad (2)$$

ce qui, en fonction de l'effort tranchant T et de l'effort longitudinal N , devient :

$$|\tau_{\max}| = \frac{3}{4} \frac{T}{a \cdot e} \sqrt{\left(\frac{x}{a} \cdot \frac{z}{a} + \frac{1}{3} \frac{N}{T}\right)^2 + \left[1 - \left(\frac{z}{a}\right)^2\right]^2}$$

$2a$ étant la largeur de la pièce et e son épaisseur.

Donc si l'on pose

$$\beta = \frac{\tau_{\max}}{\frac{3}{4} \cdot \frac{T}{a \cdot e}}$$

chaque courbe isochromatique répond à une cote β , telle que :

$$\beta = \sqrt{\left(\frac{x}{a} \cdot \frac{z}{a} + \frac{1}{3} \frac{N}{T}\right)^2 + \left[1 - \left(\frac{z}{a}\right)^2\right]^2} \quad (IV)$$

Les courbes isochromatiques constituent donc un groupe de courbes cotées en β . L'avantage

⁽¹⁾ Voir l'exposé de la théorie de la photo-élasticité : L. BAES, *Résistance des Matériaux*, t. I, 1930-1934, chap. IX, pp. 401 à 448.

La photo-élasticité, appliquée en lumière polarisée circulaire monochromatique, fait apparaître des courbes d'extinction. Chacune de ces courbes est telle qu'en tous ses points la tension tangentielle maximum a la même valeur.

En lumière blanche, ces courbes sont chacune d'une teinte déterminée, aussi les appelle-t-on des courbes isochromatiques.

⁽²⁾ σ_x signifie la tension normale en un point de la section transversale de la pièce, τ_{xz} représente la tension tangentielle en ce même point.

d'employer la cote β est que les courbes sont ainsi en cote relative, valable pour tous les cas.

CAS PARTICULIER OÙ L'EFFORT LONGITUDINAL $N=0$ (fig. 606) :

La pièce ne subit donc, au point d'inflexion, qu'un effort tranchant T et le rapport $\frac{N}{T}=0$.

L'équation des lignes isochromatiques est donc :

$$\beta = \sqrt{\left(\frac{x}{a} \cdot \frac{z}{a}\right)^2 + \left[1 - \left(\frac{z}{a}\right)^2\right]^2}$$

Chacune de ces courbes est donc symétrique par rapport à chacun des axes des x et des z .

Ces courbes présentent les particularités suivantes :

1° Sur chaque bord de la pièce il existe un point neutre C , non sollicité, de cote $\beta=0$. Ces points neutres sont au niveau du point d'inflexion ;

2° L'axe de la pièce est une courbe isochromatique, elle a pour cote $\beta_0=1$ et correspond à la valeur :

$$\tau_{\max} = 1,5 \frac{T}{2a \cdot e}$$

3° Il y a une seconde courbe isochromatique de cote $\beta_0=1$; c'est la circonférence $SS'S''S'''$, ayant le point d'inflexion pour centre et $a \cdot \sqrt{2}$ pour rayon.

L'ensemble de l'axe et des parties utiles de cette circonférence constitue donc une sorte de double croix. A l'examen en lumière monochromatique, si l'on fait croître les charges, cette croix apparaît alternativement noire ou lumineuse.

L'aspect en est extrêmement caractéristique (fig. 606) ;

4° Pour $\beta < 1$, les courbes isochromatiques constituent deux groupes de courbes fermées entourant les points neutres C et entièrement comprises à l'intérieur de la circonférence $E'S'S''E'''S'''SE'$;

5° Pour $\beta > 1$, les courbes isochromatiques sont asymptotiques à l'axe des x , les branches de même cote situées dans les deux quadrants d'un même côté de cet axe, se raccordent l'une à l'autre à l'extérieur de la pièce et au delà de la circonférence.

CAS GÉNÉRAL (fig. 607 et 608) :

Le rapport $\frac{N}{T}$ n'est pas nul, le vecteur Q repré-



sentant la réaction mutuelle de deux parties de la pièce de part et d'autre du point d'inflexion est donc incliné à la pente $\frac{N}{T}$ par rapport à l'axe des z .

L'équation générale IV montre que les courbes isochromatiques sont symétriques par rapport au point d'inflexion O.

Ces courbes présentent les particularités suivantes :

1° Sur chaque bord de la pièce il existe un point neutre C, non sollicité, de cote $\beta = 0$.

Ces points neutres sont alignés avec le point d'inflexion O sur une droite ayant pour pente $-\frac{1}{3} \frac{N}{T}$ par rapport à l'axe des z .

Ces points se trouvent à la distance $\frac{a}{3} \frac{N}{T}$ de l'axe des z , donc si on les obtient expérimentalement avec assez de précision, la droite qui les joint rencontre l'axe de la pièce au point d'inflexion et le rapport

$$\frac{N}{T} = \frac{3CC'}{C'O}$$

2° L'axe de la pièce constitue évidemment une courbe isochromatique dont la cote est :

$$\beta_0 = \sqrt{\left(\frac{1}{3} \frac{N}{T}\right)^2 + 1}, \quad \text{supérieure à 1.}$$

3° Il y a deux autres courbes isochromatiques de même cote que l'axe. L'une SOS'' a la forme d'un s ; l'autre comprend deux branches S'B et S'''D asymptotiques à l'axe de la pièce.

La tangente en O à la courbe en s , a comme pente $3 \frac{T}{N}$; elle est donc normale à la droite COC des points neutres.

La courbe SOS'' est une altération du cheminement SA''OA'S'' du cas particulier où $\frac{N}{T} = 0$; la courbe S'B(+∞)O(-∞)DS''' est une altération du cheminement S'A'B(+∞)O(-∞)DA''S''' du cas où $\frac{N}{T} = 0$.

Enfin on remarque que ces courbes constituent des parties du cheminement continu :

$$(+\infty)BS'E'SOS''E''S'''D(-\infty)O(+\infty).$$

4° Les courbes ayant pour cote $\beta < \beta_0$ sont des parties de courbes fermées entourant les points neutres C. L'un des groupes est contenu dans la partie SO(+∞)BS' de la courbe β_0 , l'autre est contenu dans la partie symétrique S''O(-∞)DS''' de cette courbe β_0 .

La courbe cotée $\beta = 1$ sépare le groupe des courbes ayant une cote inférieure à 1 et qui ne vont pas à l'infini, de celui des courbes de cote supérieure à 1 mais inférieure à β_0 , qui vont à l'infini.

5° Les courbes ayant pour cote $\beta > \beta_0$ sont asymptotiques à l'axe des x . Ces courbes présentent quatre branches. Deux d'entre elles sont à l'extérieur des branches S'B et S'''D des courbes β_0 , les deux autres sont à l'extérieur des quadrants opposés $(+\infty)OS''$ et $(-\infty)OS$ formés par les courbes β_0 .

Toutes ses branches se raccordent d'ailleurs à l'extérieur de la pièce au delà du cheminement continu formé par l'ensemble des courbes β_0 .

On relève en outre les propriétés générales suivantes :

Toutes les lignes isochromatiques, sauf l'axe, coupent le contour de la pièce en des points dont la distance au point neutre représente la cote β , multipliée par la demi-largeur a de la pièce.

D'ailleurs le long du contour la tension τ_{\max} est égale à $\frac{1}{2} \sigma_x$.

Or le σ_x varie linéairement le long du contour suivant la formule

$$(\sigma_x)_{\text{contour}} = \frac{N}{\Omega} + \frac{M \cdot v}{I} = \frac{N}{2a \cdot e} + \frac{6T \cdot x}{4a^2 \cdot e}$$

donc le long du contour β varie linéairement suivant la formule $\beta = \frac{x}{a} + \frac{1}{3} \frac{N}{T}$

Les courbes isochromatiques dont les cotes différent d'un même nombre aboutissent donc au contour en des points également écartés l'un de l'autre.

Les tangentes aux courbes isochromatiques, en tous les points d'un même bord de la pièce, convergent au point de l'axe des z situé à l'extérieur de la pièce à une distance de l'axe égale à la largeur de la pièce.

Les figures 606, 607 et 608 ont été tracées pour les valeurs particulières

$$\frac{N}{T} = 0, \quad 0,3, \quad 2$$

Dans ces figures, les parties hachurées donnent l'aspect très caractéristique des régions voisinant le point d'inflexion et qui, à l'examen photo-élastique, sont alternativement noires ou lumineuses.

Lorsque le rapport $\frac{N}{T}$ devient suffisamment grand, les points neutres C s'éloignent fortement de l'axe des z , la région voisine du point d'in-

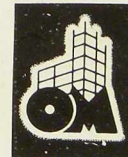


Tableau des résultats des calculs et des essais photo-élastiques relatifs

à 15

	Numéro de l'essai	II Fig. 604	III	IV Fig. 610 et 605	V	VI Fig. 613	VII Fig. 611	VIII	IX	X Fig. 614	X ^{bis} X re- tournée	
1	Date de l'essai et matière	4-VIII T	10-VIII T	10-VIII T	10-VIII X	21-VIII T	21-VIII T	21-VIII T	21-VIII T	21-VIII T	21-VIII T	
2	Nombre de panneaux	6	6	6	3	3	3	3	3	3	3	
3	Rapport l/h	6,73	6,52	6,46	3,13	2,90	2,90	3,40	3,27	3,40	3,40	
4	Hauteur théorique h	40,10	41,50	41,75	43,05	46,30	46,30	40,25	41,85	42,40	42,40	
5	Largeur théorique du panneau b	45,00	45,00	45,00	45,00	44,60	44,60	45,60	45,40	48,00	48,00	
6	Rapport h/b	0,891	0,922	0,927	0,965	0,956	0,956	0,882	0,922	0,883	0,883	
7	Rapport ρ/b	1/14,1	1/14,0	1/4,2	1/14,16	1/13,93	1/13,93	1/14,0	1/14,0	1/13,93	1/13,93	
8	Rapport I''/I'	2,686	10,162	13,178	24,810	112,782	1/112,782	4,134	13,160	18,949	1/18,949	
9	Rapport I''/I	2,097	17,560	30,375	74,083	2,127	239,946	1,174	1,190	1,5,11	3,711	
10	Rapport I''/I	5,632	17,560	30,375	74,083	2,127	239,946	1,174	1,190	1,5,11	3,711	
11	$\frac{b}{h} \cdot \frac{I}{I''}$	1/5,018	1/16,190	1/28,158	1/71,490	1/226,698	1/2,033	1/4,280	1/14,438	1/3,277	5,800	
12	$\frac{b}{h} \cdot \frac{I}{I'}$	0,535	0,627	0,468	0,347	0,500	1/230	0,965	0,922	5,800	1/3,277	
13	$\frac{1}{\gamma} = 1 + \frac{I''}{I'}$	3,686	11,162	14,178	25,810	113,782	1,009	5,134	14,160	19,949	1,052	
14	$\frac{h'_1}{h} = \frac{1 + 2,5 \cdot \frac{h}{b} \cdot \frac{I''}{I}}{1 + 5 \cdot \frac{h}{b} \cdot \frac{I''}{I}}$	0,471	0,450	0,460	0,469	0,455	0,544	0,441	0,429	0,253	0,744	
15	$\frac{h'_2}{h} = \frac{1 + 6 \cdot \frac{h}{b} \cdot \frac{I''}{I}}{1 + 12 \cdot \frac{h}{b} \cdot \frac{I''}{I}}$	0,486	0,478	0,483	0,486	0,480	0,519	0,472	0,467	0,350	0,651	
16	Rapport $\frac{h'_2/h}{h'_1/h}$	1,032	1,062	1,050	1,036	1,055	1,048	1,070	1,088	1,383	0,873	
Comparaison entre les calculs et												
17	Etat de charge	P ₂ P ₄	P ₄ P ₅ P ₆	P ₂ P ₃ P ₄	P ₂	P ₃ P ₂ +P ₃	P ₂	P ₂ P ₂ +P ₃	P ₂ P ₂ +P ₃	P ₂ P ₂ +P ₃	P ₂ P ₂ +P ₃	P ₂ +P ₃
	Distance du point d'in- flexion au niveau supé- rieur de la bride supé- rieure, en mm et à l'échelle de films photo- graphiques											
	Au premier et au dernier montants :											
18	calculé :	48,10	41,20	43,00	45,0	35,80	54,00	40,34	33,60	25,60	20,55	59,70
19	Essayé :	48,2 50,0	40,7 41,0 41,0	43,5 43,2 43,5	42,0	34,0 33,0	60,00	41,5	31,5 31,5	26,0	20,6	59,0
20	Au deuxième et aux au- tres montants :											
21	calculé :	49,40	43,60	45,00	46,50	38,50	52,00	42,10	36,00	34,00	27,23	53,00
22	Essayé :	49,0 50,0	41,7 42,0 42,0	43,0 43,5 43,6	46,0	35,5 33,0	56,5	44,0	35,0 35,0	35,0	26,0	53,2
23		48,0 50,0	41,8 41,7 42,0	41,0 42,5 42,5	46,0	30,5	55,7	43,2	35,5	32,5	26,0	
24		47,5	41,5 41,8	43,0 43,0								
25		49,0	41,8 42,0	43,5 43,5								
26		48,0	42,5 42,5	42,5 43,0								
27	Différence entre moyenne des essais et calculs, rapportée aux calculs ; pour le 2 ^e montant et les analogues	- 1,2 %	- 3,9 %	- 5,3 %	- 1 %	- 14,3 %	+ 7,9 %	+ 3,57%	- 2,22 %	- 2 %	+ 0,38%	
28	Même différence complée par rapport à la distance au niveau inférieur de la bride inférieure . . .	-	-	-	+ 0,92%	+ 10,4 %	- 5,9 %	- 2,97%	+ 1,76 %	+ 1,02 %	-	

Les dimensions indiquées dans ce tableau le sont en milli-
mètres.

Remarques

1. La matière dont est faite le modèle est : le troлон, indiqué par T, ou la xylonite, indiquée par X.
2. ρ est le rayon des congés.
3. Dans la seconde partie du tableau, quand il est indiqué état de charge P₃ c'est que l'essai est fait avec une charge unique, placée à l'aplomb du troisième montant. Quand il

est indiqué P₂ + P₃ c'est que le deuxième et le troisième montants reçoivent chacun et en même temps une même charge.

4. Les essais VI et VII et d'autre part X et Xbis sont effectués avec la même poutre d'abord forte bride en dessous puis forte bride au-dessus
5. Tous les essais de X à XV correspondent à des poutres dont les montants sont fort raides par rapport à la bride la plus faible. Ces poutres, ainsi d'ailleurs que les poutres



à 15 modèles de poutres droites.

X ^{bis} X re- tournée	XI Fig. 612	XII	XIII	XIV	XV						
21-VIII	22-VIII	22-VIII	9-IX	8-IX	7 IX	1					
T	T	T	T	T	T						
3	3	3	3	3	3	2					
3,40	3,46	3,53	3,78	6,87		3					
42,40	41,55	40,75	40,90	40,75	42,70	4					
48,00	48,00	48,00	51,50	93,50	54,10	5					
0,883	0,865	0,849	0,792	0,436	0,789	6					
1/13,93	1/13,93	1/13,93	1/17,13	1/31,13	1/17,80	7					
1/18,919	10,561	5,359	8,800	7,620	14,600	8					
3,711	1/5,11	1/5,11	1/22,50	1/4,690	1/36,10	9					
1/5,11	2,068	1,049	1/2,54	1,620	1/2,47	10					
5,800	1/1,789	1/0,891	3,198	1,414	3,124	11					
1/3,277	5,910	6,040	28,013	10,760	45,660	12					
1,052	11,561	6,359	9,800	8,620	15,600	13					
0,744	0,267	0,298	0,157	0,229	0,105	14					
0,651	0,355	0,372	0,213	0,307	0,150	15					
0,873	1,325	1,248	1,360	1,340	1,428	16					
les essais											
P ₂ + P ₃	P ₄	P ₂ + P ₃	P ₂	P ₃ + P ₄	P ₃	P ₂ + P ₃	P ₃	P ₂ + P ₃	P ₃		17
59,70	21,40	23,48	10,22	14,46	10,7	18					
59,0	21,0	22,5	27,5	25,0	13,5 ?	10,5	14,5	14,5	10,7	19	
—	21,0	—	24,5	—	—	—	—	—	14,5	20	
53,00	26,95	28,60	13,17	18,64	13,70	21					
53,2	27,0	26,0	28,5	27	14,5	14,4 ?	15,6	15,5	13,5	22	
—	27,0	—	28,5	27	—	—	—	—	—	23	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	24	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	26	
+0,38%	-1,3 %	-2,97 %	+9,35 %	-16,60 %	+13,10%	27					
—	+0,7 %	+1,76 %	-2,71 %	+7,50 %	-2,62 %	28					

VI et VII, sont fortement en dehors des circonstances normales. Elles ont été soumises aux essais pour couvrir une très grande marge de circonstances et pour poser, dès maintenant, quelques jalons pour l'étude des longerons de véhicules de chemins de fer.

6. Ne pas perdre de vue que dans les montants extrêmes et dans les montants à l'aplomb de charges, la position des points d'inflexion est sensiblement influencée par une légère excentricité.

Université de Bruxelles, Laboratoire de photo-élasticité
Septembre 1936 L. B.

flexion prend alors l'aspect d'une croix noire ou lumineuse, les branches de retour BS' et DS'' sont rejetées très loin (1).

Si la pièce, au lieu d'être prismatique sur une grande longueur, présente des congés de raccordement à d'autres pièces, les formes des courbes d'extinction sont, dans la zone des congés, altérées par rapport à ce qui vient d'être dit (2).

7. Recherches expérimentales photo-élastiques

Les figures 609 montrent quelques aspects de la région du point d'inflexion des parties prismatiques de pièces appartenant à des poutres Viereendeel et qui ont été soumises aux essais photo-élastiques.

Ces aspects sont bien conformes aux indications de l'étude analytique.

Une expérimentation déjà assez étendue a été effectuée au laboratoire de photo-élasticité de l'Université de Bruxelles, sur plusieurs modèles de poutres Viereendeel, découpés, les uns dans de la xylonite, qui est assez peu sensible au point de vue optique, les autres dans du trolon, beaucoup plus sensible, mais plus délicat à manier.

Ces poutres d'essais présentaient les caractères relevés au tableau ci-contre.

Les résultats numériques, indiqués dans la ligne h'_2/h du tableau, sont reportés par des points indiqués par le numéro de l'essai sur le diagramme constituant la figure 615.

On remarque que l'amplitude des essais a été très large, dépassant considérablement les circonstances de la pratique de la construction normale.

C'est ainsi que le rapport $\frac{I''}{I'}$ des moments d'inertie de la bride inférieure et de la bride supérieure a varié de 1 à 113 et que le rapport $\frac{I'}{I}$

des moments d'inertie de la bride supérieure et des montants a varié de 3, 7 à 1/36.

Les figures 603 à 605 et 611 à 614 reproduisent plusieurs des poutres essayées.

(1) Cette étude analytique des courbes isochromatiques est loin de terminer l'étude des courbes discutées en photo-élasticité. Il y a notamment à analyser les courbes isoclines et le réseau des lignes isostatiques. Cette analyse dépasse le cadre de l'étude présente.

(2) Indépendamment de la présente étude, M. le Professeur Vandepierre a, de son côté, trouvé les caractères des points d'inflexion qui viennent d'être décrits ci-avant.



Sur ces photographies est indiquée la position des points d'inflexion dans tous les montants et éventuellement dans les membrures.

On remarque que l'aspect des régions des points d'inflexion est tout à fait conforme aux figures théoriques 606 à 608 établies par les recherches analytiques.

Les points d'inflexion dans les montants sont absolument nets.

8. Conclusions de l'étude photo-élastique

Les conclusions des calculs analytiques sont remarquablement confirmées par les expériences. Ces dernières font surgir les très importantes remarques suivantes :

1° Les formes et dispositions des bandes d'extinction aux abords des points d'inflexion, conclus de l'étude analytique, sont bien celles données par les expériences, pour autant que les points d'inflexion soient dans une partie prismatique de la pièce non influencée par les régions de raccordement aux autres pièces.

Dans le cas où le point d'inflexion est dans une partie de la pièce influencée par les raccordements, les formes théoriques sont évidemment altérées, quoiqu'elles gardent les mêmes caractères généraux.

Il en résulte que la photo-élasticité est un véritable détecteur des points d'inflexion dans les pièces d'une poutre Vierendeel et que l'on peut en attendre des résultats fort utiles.

2° Dans les limites d'application aux poutres de ponts et de bâtiments, que la poutre soit droite ou polygonale, que les congés soient petits ou grands, que le rapport $\frac{I''}{I'}$ ou $\frac{J''}{J'}$ soit égal à 1

ou plus grand, que le rapport $\frac{I'}{I}$ ou $\frac{J'}{I}$ ait l'une ou l'autre valeur, les points d'inflexion dans tous les montants d'une même poutre sont pratiquement au même niveau relatif, c'est-à-dire que h'/h est pratiquement constant dans toute la poutre.

Cependant, dans les montants des extrémités, le point d'inflexion est un peu plus proche de la bride la plus faible que dans les autres montants.

Toutefois dans les limites d'application aux poutres de ponts et de bâtiments la différence en question est au maximum de 3 à 4 %.

3° Ce niveau relatif est, pour une même poutre, pratiquement indépendant de l'état de charge, du moment qu'il n'est question que de charges à l'aplomb des montants.

Il n'en est pas de même pour ce qui concerne les points d'inflexion dans les membrures ;

4° Dès que les charges cessent d'être à l'aplomb des montants, la position des points d'inflexion dans les montants est très sensiblement modifiée et varie avec la position des charges.

C'est au point que lorsqu'on ne place qu'une charge à la fois, une légère excentricité de la charge par rapport au montant à l'aplomb duquel on la place a une influence marquée sur la position du point d'inflexion dans ce montant ; il en est évidemment de même si les appuis ne sont pas très bien centrés sur les axes des montants des extrémités.

5° Lorsque les brides supérieures et inférieures sont identiques, les points d'inflexion sont à mi-hauteur des montants ;

A ce point de vue, le fait que l'une ou les deux brides serait polygonale ou cintrée n'a pratiquement aucune influence, pas plus que le fait que la section des membrures serait différente d'un panneau à l'autre, dans les limites où il peut être question d'une telle variation dans les ponts et les poutres normales de bâtiments.

6° Le point d'inflexion produit par des charges à l'aplomb des montants est toujours dans la moitié du montant du côté de la bride la plus faible (voir les essais VI et VII et d'autre part les essais X et X^{bis} qui correspondent à la même poutre mise, une fois forte bride en dessous, et, une fois, forte bride au-dessus).

Mais, fait très important, du moment que les montants ont un moment d'inertie au plus égal à celui de la bride la plus faible, la distance du point d'inflexion à l'axe de cette bride est toujours comprise entre les 0,42 et les 0,50 de cette hauteur.

Dans tous les cas de la pratique courante, c'est-à-dire tels que :

$$1 \leq \frac{I''}{I'} < 4 \quad \text{et} \quad \frac{b}{h} \cdot \frac{I}{I'} \leq 1,$$

ce rapport est compris entre 0,47 et 0,50, il varie donc à peine (voir figure 615).

Ceci constitue une propriété remarquable des poutres Vierendeel de la construction courante.

Ce résultat a été déjà aperçu par certains par la voie du calcul, il est aujourd'hui démontré par l'expérience, photo-élastique.

7° Quelle que soit la valeur du rapport $\frac{I''}{I'}$ ou $\frac{J''}{J'}$, le facteur qui a le plus d'effet sur la remon-



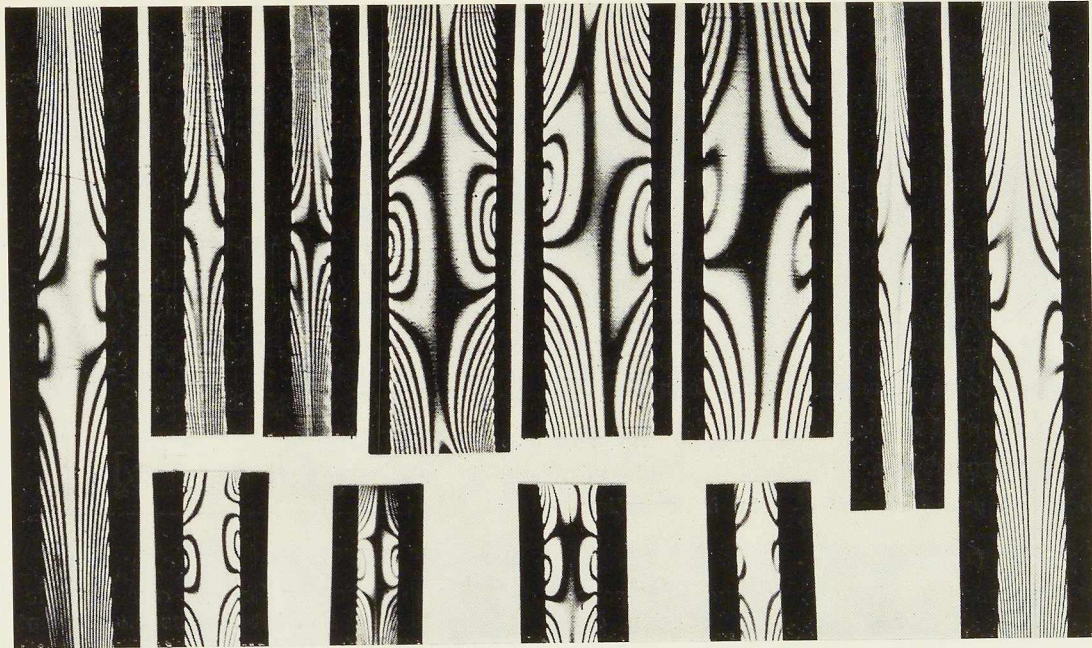


Fig. 609. Quelques aspects de la région d'un point d'inflexion d'une pièce droite prismatique. Essais photo-élastiques.

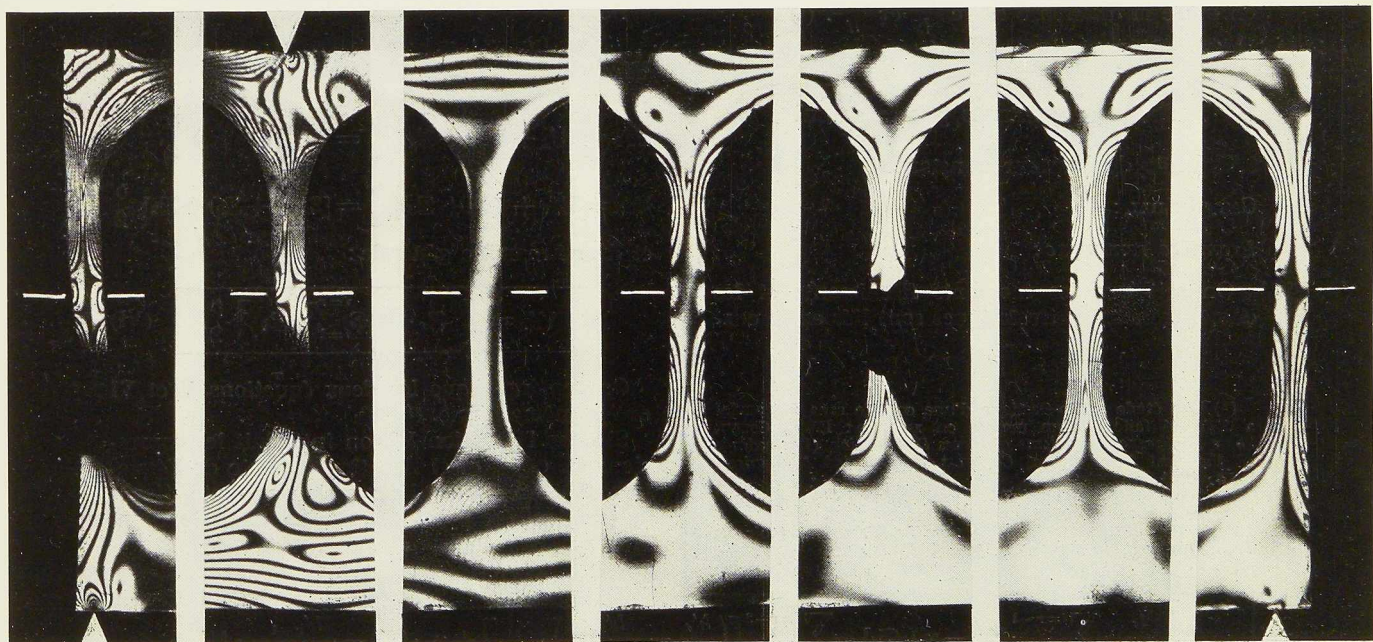


Fig. 610. Quelques aspects des points d'inflexion dans les montants d'une poutre Vierendeel à six panneaux.

(Essai IV : charge P_2 à l'aplomb du deuxième montant.) A comparer à la figure 605, même poutre, charge P_4 de symétrie.

N° 10 - 1936



tée du point d'inflexion est le rapport $\frac{I'}{I}$ ou $\frac{J'}{I}$ entre le moment d'inertie de la bride la plus faible et celui des montants.

Mais cependant dans les limites de la pratique, pour $\frac{I'}{I} \gg 1$, cette influence n'est pas grande.

Mais dès que le montant devient sensiblement plus raide que la bride la plus faible, cette influence devient sensible (essais X à XV). En même temps d'ailleurs la différence de hauteur relative du point d'inflexion dans les montants extrêmes et dans les autres semble s'accroître.

8° En fait c'est l'action de l'expression $\frac{b}{h} \cdot \frac{I'}{I}$ qui est prépondérante.

Donc un grand rapport $\frac{h}{b}$ tend à neutraliser l'effet d'un petit rapport $\frac{I'}{I}$.

9° Les grands congés de raccordement ont pour effet de rapprocher les points d'inflexion du milieu des montants, ils neutralisent donc en partie l'effet d'une grande valeur du rapport $\frac{I'}{I}$ ou de l'expression $\frac{b}{h} \cdot \frac{I'}{I}$. Ils atténuent en outre la différence entre $\frac{h'_1}{h}$ et $\frac{h'_2}{h}$. (1)

B. Recherche des points d'inflexion dans les montants par le calcul

9. Poutres de hauteur constante

CAS GÉNÉRAL :

Première remarque :

On sait que les moments fléchissants et les efforts tranchants isostatiques sont liés entre eux.

(1) Une étude photo-élastique d'une console sans diagonales a déjà été faite sur un modèle en xylonite : E. G. COKER, *Some Engineering Problems of Stress Distribution (Proceedings of the first International Congress for Applied Mechanics)*, Delft, 1924, pp. 24 à 27.

Toutefois, cette étude n'était que sommaire et n'a pas abordé la recherche des points d'inflexion.

Cette étude a été commentée par M. Vierendeel (voir *La Technique des Travaux*, n° 6, juin 1928).

Lorsque les charges extérieures verticales ne sont appliquées qu'à l'aplomb des montants, ce qui est le cas ici (fig. 600) :

$$\mathfrak{M}_1 = \mathfrak{C}_1 \times \frac{b}{2}$$

$$\mathfrak{M}_2 = \mathfrak{C}_1 \times \frac{3b}{2} - (\mathfrak{C}_1 - \mathfrak{C}_2) \frac{b}{2} = (2\mathfrak{C}_1 + \mathfrak{C}_2) \frac{b}{2}$$

$$\begin{aligned} \mathfrak{M}_3 &= \mathfrak{C}_1 \times \frac{5b}{2} - (\mathfrak{C}_1 - \mathfrak{C}_2) \frac{3b}{2} - (\mathfrak{C}_2 - \mathfrak{C}_3) \frac{b}{2} \\ &= (2\mathfrak{C}_1 + 2\mathfrak{C}_2 + \mathfrak{C}_3) \frac{b}{2} \end{aligned}$$

et d'une manière générale :

$$\mathfrak{M}_r = \left[\mathfrak{C}_r + 2 \sum_{i=1}^{i=r-1} \mathfrak{C}_i \right] \frac{b}{2} \quad (V)$$

Deuxième remarque :

On a posé l'expression qui caractérise le fait que le moment fléchissant dans un montant est nul au point d'inflexion :

$$\mathbf{W}_r - \mathbf{W}_{r-1} = (\mathbf{Z}_r + \mathbf{Z}_{r-1}) \frac{b}{2}$$

Donc

$$\mathbf{W}_1 = \mathbf{Z}_1 \times \frac{b}{2}$$

$$\mathbf{W}_2 = \mathbf{W}_1 + (\mathbf{Z}_1 + \mathbf{Z}_2) \frac{b}{2} = (2\mathbf{Z}_1 + \mathbf{Z}_2) \frac{b}{2}$$

$$\mathbf{W}_3 = \mathbf{W}_2 + (\mathbf{Z}_2 + \mathbf{Z}_3) \frac{b}{2} = [2(\mathbf{Z}_1 + \mathbf{Z}_2) + \mathbf{Z}_3] \frac{b}{2}$$

et d'une manière générale :

$$\mathbf{W}_r = \left[\mathbf{Z}_r + 2 \sum_{i=1}^{i=r-1} \mathbf{Z}_i \right] \frac{b}{2} \quad (VI)$$

On remarque que les deux équations V et VI ont la même forme.

Si dans l'équation VI, on introduit les expressions Π_2 et Π_3 et si l'on tient compte de l'équation (V), on obtient l'expression suivante, fixant la position du point d'inflexion dans le montant r :

$$\frac{h'_r}{h} = \frac{\frac{b}{h} \sum_{i=1}^{i=r-1} [(\gamma_i - \gamma_r) \cdot \mathfrak{C}_i] - \sum_{i=1}^{i=r-2} \left[\left(\frac{h'_i}{h} - \frac{h'_{i+1}}{h} \right) \cdot \mathbf{U}'_i \right] + \gamma_r \cdot \mathbf{U}'_r - \frac{h'_{r-1}}{h} \cdot \mathbf{U}'_{r-1}}{\mathbf{U}'_r - \mathbf{U}'_{r-1}} + \frac{\frac{3}{2} \left(\frac{b}{b'} \right)^2 \frac{1}{b' \cdot h} S_r}{\mathbf{U}'_r - \mathbf{U}'_{r-1}}$$



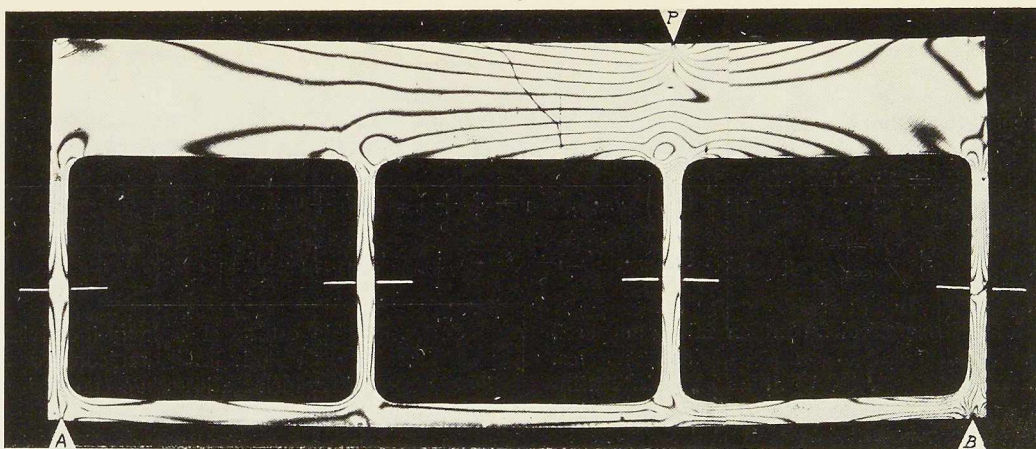


Fig. 611. Essai VII. Charge à l'aplomb du troisième montant.

(Août 1936)

$$\frac{I''}{I'} = \frac{1}{112,8} \quad \frac{I'}{I} = 240 \quad \frac{b}{h} \cdot \frac{I}{I'} = \frac{1}{230}$$

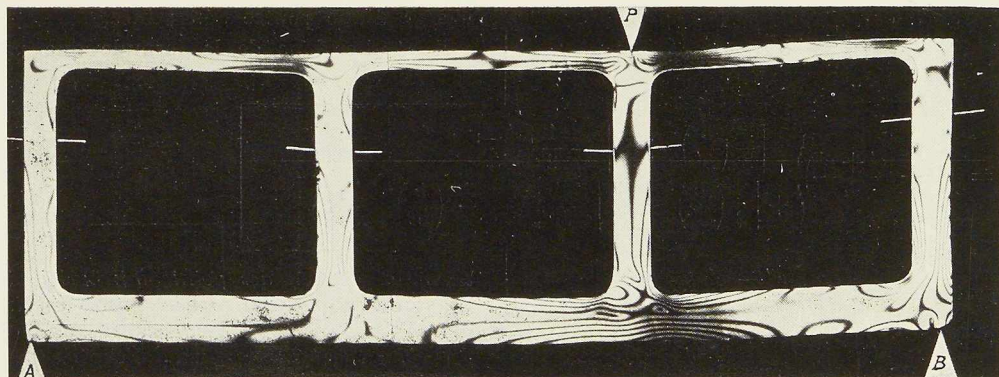


Fig. 612. Essai XI. Charge à l'aplomb du troisième montant.

(Août 1936)

$$\frac{I''}{I'} = 10,56 \quad \frac{I'}{I} = \frac{1}{5,11} \quad \frac{b}{h} \cdot \frac{I}{I'} = 5,91$$

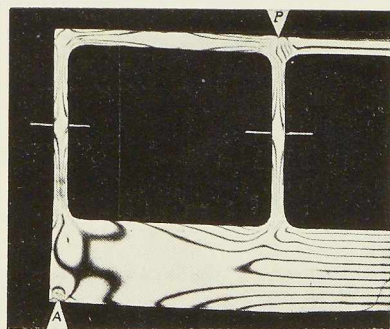


Fig. 613. Essai VI. Moitié de la poutre, chargée de deux charges égales, l'une à l'aplomb du deuxième montant, l'autre à l'aplomb du troisième montant.

$$\frac{I''}{I'} = 112,8 ; \quad \frac{I'}{I} = 2,127$$

$$\frac{b}{h} \cdot \frac{I}{I'} = 0,500.$$

(Août 1936)

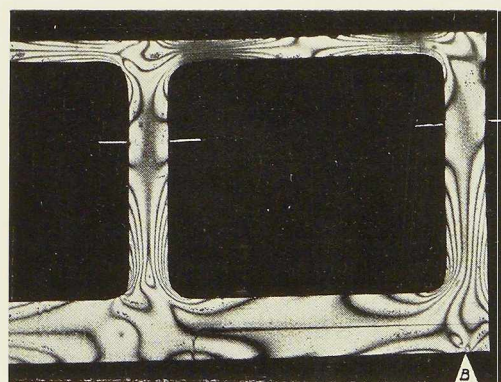


Fig. 614. Essai X. Moitié de droite de la poutre, chargée à l'aplomb du deuxième montant.

$$\frac{I''}{I'} = 18,95 \quad \frac{I'}{I} = \frac{1}{5,11} \quad \frac{b}{n} \cdot \frac{I}{I'} = 5,80$$

(Août 1936)

Dans cette formule :

$$S_r = 2 \gamma_r \cdot I''_r \left\{ \begin{array}{l} \delta_r \cdot \mathbf{U}'_{r-1} - (\delta_r - \delta_{r+1}) \mathbf{U}'_r - \delta_{r+1} \cdot \mathbf{U}'_{r+1} \\ + \frac{1}{3} \left(\frac{b'}{b} \right)^2 [\delta_r \cdot \mathbf{U}'_{r-1} - (\delta_r + \delta_{r+1}) \mathbf{U}'_r + \delta_{r+1} \cdot \mathbf{U}'_{r+1}] \end{array} \right\} + \\ + \sum_{i=1}^{r-1} \left\{ 2 \gamma_i \cdot I''_i [\delta_i \cdot \mathbf{U}'_{i-1} - (\delta_i - \delta_{i+1}) \mathbf{U}'_i - \delta_{i+1} \cdot \mathbf{U}'_{i+1}] \right\}$$

Ces formules générales sont en fait sans possibilité d'application, sinon pour des contrôles. Mais il n'en est pas ainsi si tous les points d'inflexion sont à la même hauteur, si γ et I'' sont sensiblement constants dans tous les panneaux et si tous les montants ont sensiblement la même section. Dans ce cas ces formules deviennent :

$$\frac{h'_r}{h} = \frac{1 + \frac{h}{b'} \cdot \frac{I''}{I} \left(1 - \frac{c'' - c'}{h} \right) \xi_r}{\frac{1}{\gamma} + 2 \frac{h}{b'} \cdot \frac{I''}{I} \xi_r}$$

$$\text{avec } \xi_r = \left(1 - \frac{c' + c''}{h} \right) \left\{ \begin{array}{l} \left[\frac{3}{2} \left(\frac{b'}{b} \right)^2 + 1 \right] - \frac{1}{2} \frac{\mathbf{U}'_{r-1}}{\mathbf{U}'_r} \\ + \left[\frac{3}{2} \left(\frac{b'}{b} \right)^2 - \frac{1}{2} \right] \frac{\mathbf{U}'_{r+1}}{\mathbf{U}'_r} - \frac{3}{2} \left(\frac{b'}{b} \right)^2 \frac{\mathbf{U}'_1}{\mathbf{U}'_r} \end{array} \right\}$$

Mais pratiquement $1 - \frac{c'' - c'}{h}$ peut être remplacé par 1.

De plus comme pratiquement $\frac{h'}{h}$ a la même valeur pour tous les montants, il suffit de le calculer pour le premier montant en faisant donc $r=1$.

On obtient :

$$\frac{h'}{h} = \frac{1 + \frac{h}{b'} \cdot \frac{I''}{I} \left(1 - \frac{c' + c''}{h} \right) \left\{ 1 + \left[\frac{3}{2} \left(\frac{b'}{b} \right)^2 - \frac{1}{2} \right] \frac{\mathbf{U}'_2}{\mathbf{U}'_1} \right\}}{\frac{1}{\gamma} + 2 \frac{h}{b'} \cdot \frac{I''}{I} \left(1 - \frac{c' + c''}{h} \right) \left\{ 1 + \left[\frac{3}{2} \left(\frac{b'}{b} \right)^2 - \frac{1}{2} \right] \frac{\mathbf{U}'_2}{\mathbf{U}'_1} \right\}}$$

Si les congés ne sont pas très grands, pratiquement cela devient :

$$\frac{h'}{h} = \frac{1 + \frac{h}{b'} \cdot \frac{I''}{I} \left[1 + 2 \cdot \frac{\mathbf{U}'_2}{\mathbf{U}'_1} \right]}{\frac{1}{\gamma} + 2 \frac{h}{b'} \cdot \frac{I''}{I} \left[1 + 2 \cdot \frac{\mathbf{U}'_2}{\mathbf{U}'_1} \right]} \quad (\text{VIII})$$

Cette formule est aussi celle qui convient au cas habituel du calcul, lorsqu'on compte la longueur des pièces prismatiques de centre à centre des nœuds.

La discussion des résultats de l'expérimentation photo-élastique montre toute l'importance pratique de ces deux formules.

Il est à remarquer que le rapport $\frac{\mathbf{U}'_2}{\mathbf{U}'_1}$ ne peut pas varier très fortement, quel que soit l'état de charge d'une poutre déterminée.

Il résulte donc de la formule que pratique-

ment la position des points d'inflexion dans les montants d'une poutre déterminée est indépendante de la position des charges sur la poutre. C'est bien ce que confirme l'expérience photo-élastique.

AUTRE RECHERCHE DES POINTS D'INFLEXION :

On peut encore procéder autrement et les résultats qui suivent sont applicables même si les points d'inflexion dans les montants extrêmes

sont sensiblement à un autre niveau que les autres :

Point d'inflexion dans le premier montant :

On part des expressions

$$\mathfrak{M}_1 = \mathfrak{C}_1 \times \frac{b}{2} \quad , \quad \mathbf{W}_1 = \mathbf{Z}_1 \times \frac{b}{2}$$



et des expressions de \mathbf{W}_1 et de \mathbf{Z}_1 tirées des équations Π_2 et Π_3 dans lesquelles on fait $r=1$.

On obtient dès lors :

$$\frac{h'_1}{h} = \frac{1 + \frac{h}{b} \frac{I''}{I'} \left(\frac{U'_2}{U'_1} + 1 \right) - 2 \frac{h}{b} \frac{I''}{I'} \left(\frac{U'_2}{U'_1} - 1 \right) \frac{h'_2}{h}}{\frac{1}{\gamma} + 4 \frac{h}{b} \frac{I''}{I'}}$$

et

$$\frac{h'_1}{h''_1} = \frac{\frac{b}{h} \frac{I}{I''} + \left(\frac{U'_2}{U'_1} + 1 \right) - 2 \left(\frac{U'_2}{U'_1} - 1 \right) \frac{h'_2}{h}}{\frac{b}{h} \frac{I}{I'} + \left(\frac{U'_2}{U'_1} + 1 \right) + 2 \left(\frac{U'_2}{U'_1} - 1 \right) \left(\frac{h'_2}{h} - 1 \right)}$$

Ces expressions seront transformées incessamment.

Point d'inflexion dans le deuxième montant :

On part des expressions

$$\mathfrak{M}_2 = (2 \mathfrak{C}_1 + \mathfrak{C}_2) \frac{b}{2}, \quad \mathbf{W}_2 = (2 \mathbf{Z}_1 + \mathbf{Z}_2) \frac{b}{2}$$

et des expressions de \mathbf{W}_2 , \mathbf{Z}_1 et \mathbf{Z}_2 tirées des équations Π_2 et Π_3 .

On tient compte du fait expérimental que, sauf dans les cas exceptionnels, tous les montants sont les mêmes ou peu différents et que dans tous les montants sauf les extrêmes, $\frac{h'}{h}$ a pratiquement la même valeur.

Dans ces conditions et compte tenu de l'expression précédente de $\frac{h'_1}{h}$, on obtient :

$$\frac{h'_2}{h''_2} = \frac{\frac{b}{h} \frac{I}{I''} + \varepsilon_2}{\frac{b}{h} \frac{I}{I'} + \varepsilon_2}$$

et donc

$$\frac{h'_2}{h} = \frac{\frac{b}{h} \frac{I}{I''} + \varepsilon_2}{\frac{b}{h} \left(\frac{I}{I''} + \frac{I}{I'} \right) + 2 \varepsilon_2}$$

(IX)

Dans ces expressions :

(1) P. THOMAS, *Revue Universelle des Mines*, 15 novembre 1924 et 15 juillet 1926 ; F. CAMPUS, *ibid.*, 1er août et 15 novembre 1929 ; P. THOMAS, *ibid.*, 15 novembre 1929 ; G. MAGNEL, *Le calcul pratique des poutres Vierendeel*, 1924.

$$\varepsilon_2 = \frac{\left(4 + \frac{U'_3 - 2 U'_1}{U'_2} \right) - \frac{1}{\gamma} + 6 \frac{h}{b} \frac{I''}{I'} \left(1 + \frac{U'_1}{U'_2} \right)}{1 - \frac{1}{\gamma} + 6 \frac{h}{b} \frac{I''}{I'} \frac{U'_1}{U'_2}}$$

Enfin, tenant compte de ce résultat on obtient :

$$\frac{h'_1}{h''_1} = \frac{\frac{b}{h} \frac{I}{I''} + \varepsilon_1}{\frac{b}{h} \frac{I}{I'} + \varepsilon_1}$$

et donc

$$\frac{h'_1}{h} = \frac{\frac{b}{h} \frac{I}{I''} + \varepsilon_1}{\frac{b}{h} \left(\frac{I}{I''} + \frac{I}{I'} \right) + 2 \varepsilon_1}$$

(X)

Avec

$$\varepsilon_1 = \frac{\left(\frac{U'_2}{U'_1} + 1 \right) - \frac{2 \left(\frac{U'_2}{U'_1} - 1 \right) \times \varepsilon_2}{\frac{b}{h} \left[\frac{I}{I''} + \frac{I}{I'} \right] + 2 \varepsilon_2}}{1 - \frac{2 \left(\frac{U'_2}{U'_1} - 1 \right)}{\frac{b}{h} \left(\frac{I}{I''} + \frac{I}{I'} \right) + 2 \varepsilon_2}}$$

Quelques chiffrages numériques, couvrant de très larges limites, font apparaître que les fonctions ε_1 et ε_2 sont peu variables et qu'en tous cas dans les limites de leur variation celles-ci n'affectent guère la valeur de $\frac{h'_1}{h}$ et $\frac{h'_2}{h}$.

Les formes générales des expressions IX et X sont les mêmes que celles trouvées par une tout autre voie par M. P. Thomas (1).

Comme il va être montré en confrontant les résultats des calculs et ceux des essais (tableau, page 460), il semble bien que l'on puisse, au moins dans de très larges limites et pour autant que les congés soient petits, se rallier à adopter pour ε_1 la valeur 2,5 et pour ε_2 la valeur 6 (1).

On fera donc dans ces conditions les calculs avec les formules :



$$\frac{h'_1}{h''_1} = \frac{\frac{b}{h} \frac{I_1}{I''_1} + 2,5}{\frac{b}{h} \frac{I_1}{I'_1} + 2,5} \quad \text{et} \quad \frac{h'_1}{h} = \frac{\frac{b}{h} \frac{I_1}{I''_1} + 2,5}{\frac{b}{h} \left(\frac{I_1}{I''_1} + \frac{I_1}{I'_1} \right) + 5}$$

$$\frac{h'_2}{h''_2} = \frac{\frac{b}{h} \frac{I_2}{I''_2} + 6}{\frac{b}{h} \frac{I_2}{I'_2} + 6} \quad \text{et} \quad \frac{h'_2}{h} = \frac{\frac{b}{h} \frac{I_2}{I''_2} + 6}{\frac{b}{h} \left(\frac{I_2}{I''_2} + \frac{I_2}{I'_2} \right) + 12} \quad (\text{XI})$$

Pour les montants autres que les montants extrêmes on adoptera la formule du h'_2/h relative au deuxième montant.

La photo-élasticité permet de confronter ces formules avec l'expérience.

Discussion des formules IX, X, XI :

Ces formules ont été jusqu'ici appliquées aux essais photo-élastiques effectués sur les quinze poutres-modèles numérotées II à XV.

Les calculs ont été effectués à la main sur les dimensions mesurées exactement sur les modèles achevés.

Les résultats numériques sont résumés au tableau page 460 et dans le bas du tableau sont comparés les calculs et les mesures effectuées sur les films photographiques des essais.

La concordance est *très satisfaisante*.

Pour les essais portant sur des poutres normales, telles que

$$\frac{I'}{I} \geq 1 \quad \text{et} \quad \frac{b}{h} \frac{I}{I'} \leq 1$$

la différence entre les positions du point d'inflexion, dans les montants autres que les montants extrêmes, calculée et observée n'est pas supérieure à 5 %, alors qu'elles portent sur des mesures effectuées sur des films.

Ce n'est que pour des cas où le rapport des raideurs des brides est considérable ou bien où $\frac{b}{h} \cdot \frac{I}{I'}$ est grand que la différence atteint et dépasse 10 % (essais VI et VII et essais XIII, XIV et XV).

Bien entendu il importe que les montants gardent des proportions qui permettent de les considérer comme des pièces prismatiques relativement longues, dès qu'il n'en est plus ainsi les différences grandissent évidemment de manière sensible (essais XIII, XIV et XV). Ce serait le cas

pour les poutres à très grands congés, qui, avons-nous dit, rapprochent les points d'inflexion du milieu des montants.

Je puis donc conclure que les quinze modèles de poutres droites soumis jusqu'ici aux essais photo-élastiques et qui ont au total comporté plus de trente états de charge confirment les conclusions tirées des formules XI (1).

Il en résulte que toutes les conclusions qui ont été posées précédemment sont conformes à ces formules et que, malgré qu'il y ait une différence entre $\frac{h'_1}{h}$ et $\frac{h'_2}{h}$, on est fondé à faire les calculs en la négligeant et en supposant tous les points d'inflexion au même niveau relatif $\frac{h'}{h}$, sauf pour des cas exceptionnels.

Les conclusions relatives à la position des points d'inflexion dans les montants se précisent donc comme suit :

Toutes autres choses égales d'autre part, si la bride supérieure est plus faible que la bride inférieure :

Les points d'inflexion remontent :

Si le rapport $\frac{I''}{I'}$ grandit ;

Si les montants deviennent plus raides ;

Si la largeur b des mailles grandit ;

Si la hauteur h des mailles diminue.

Ils descendent si les congés de raccordement grandissent.

Mais de toute façon si les deux brides sont de même raideur les points d'inflexion sont à mi-hauteur des montants.

(1) Il est intéressant de constater, à la suite de ces essais photo-élastiques, l'accord entre MM. Thomas, Campus, Magnel et moi au sujet de la position des points d'inflexion dans les montants des poutres non exceptionnelles (*loc. cit.*). Les essais photo-élastiques montrent que cet accord est valable dans de très larges limites pour autant que les congés de raccordement aient une valeur assez faible.



Fig. 615. Loi de variation de $\frac{h'}{h}$ dans les montants autres que ceux des extrémités.

N.-B. - La partie hachurée doublement couvre les cas normaux de ponts et de poutres de bâtiment.

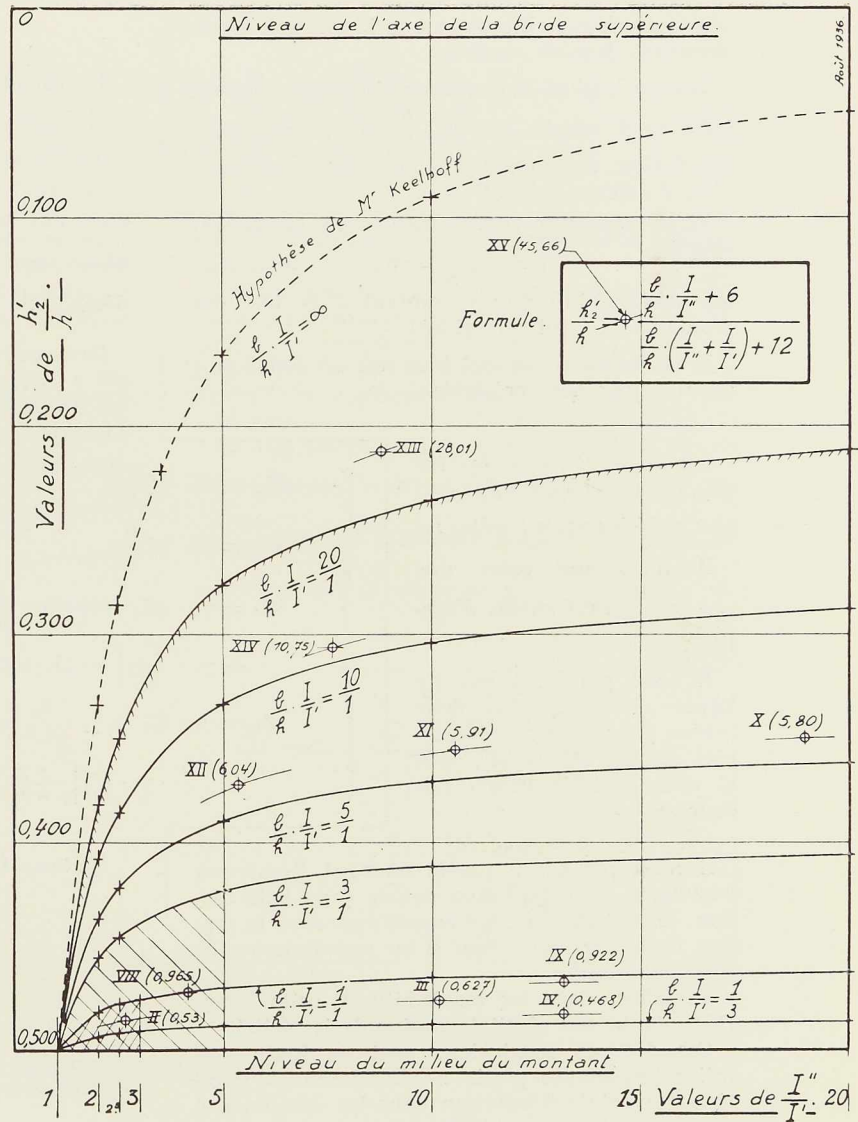
La partie hachurée simplement couvre déjà des cas qui sortent de la pratique courante.

Les autres cas ne sont guère utiles que pour des longerons de véhicules ou des cas analogues.

Les points marqués ϕ sur ce diagramme correspondent aux cas soumis aux essais photo-élastiques portant les numéros II, III, IV, VIII, IX, X, XI, XII, XIII, XIV et XV, et dont les caractéristiques et les calculs sont résumés au tableau page 460. On sait, d'après ce tableau, que ces calculs sont confirmés à moins de 5 % près, sauf pour XIII à XV. Quant aux essais V, VI et VII, ils ne sont pas pointés sur ce diagramme, car ils se trouvent en dehors de ses limites.

Le nombre entre parenthèses porté à côté du numéro de l'essai est la valeur de $\frac{b}{h} \cdot \frac{I}{I'}$ du cas.

Il va de soi que ce diagramme n'est valable que pour autant que le point d'inflexion reste dans la partie prismatique du montant. C'est-à-dire qu'en principe il n'y a pas lieu de l'appliquer si $\frac{b}{h} \cdot \frac{I}{I'} \times 20$



Ce n'est que pour des valeurs élevées des rapports $\frac{I''}{I'}$ et $\frac{I}{I'}$ que le rapport $\frac{h'}{h}$ peut prendre des valeurs sensiblement plus petites que 0,500, les points d'inflexion remontant dans les montants au fur et à mesure de la valeur croissante de ces rapports.

Mais ces influences ne sont marquées que pour des poutres qui sortent des proportions courantes de la construction, sauf cependant pour des longerons de matériel roulant par exemple.

Evidemment plus $\frac{I''}{I'}$ est grand, plus le point d'inflexion s'écarte du milieu du montant, vers le haut.

Mais il faudrait que les montants deviennent infiniment raides, pour que

$$\frac{h'}{h} = \gamma \quad \text{ou} \quad \frac{h'}{h''} = \frac{I'}{I''}$$

Ce n'est donc que dans ce cas limite, auquel d'ailleurs les formules ne s'appliquent plus, que le point d'inflexion dans les montants occuperait



la position que lui avait assignée M. Keelhoff et plusieurs autres auteurs et que j'avais cru précédemment pouvoir confirmer.

D'autre part si la membrure inférieure devient infiniment souple, $I'' = 0$, $\frac{h'}{h} = 1$, les points d'inflexion descendent au pied des montants; c'est d'ailleurs évident.

Si la membrure supérieure devient infiniment souple, $I' = 0$, $\frac{h'}{h} = 0$,

les points d'inflexion remontent à la tête des montants; ce qui est évident.

Il est à remarquer que tout ceci est établi sans aucune hypothèse préalable.

Les conclusions posées infirment les hypothèses simples antérieurement faites :

Il n'est pas exact que $\frac{h'}{h''} = \frac{I'}{I''}$ sauf en cas d'égalité;

Il n'est pas exact que les lignes élastiques des deux brides peuvent être considérées comme identiques, sauf si elles sont de même raideur;

Il n'est pas exact que le moment fléchissant isostatique sollicitant une poutre dans telle section, se partage entre les membrures dans le rapport de leur raideur, sauf si les membrures sont également raides.

Toutefois, dans les cas habituels, cette hypothèse donne des résultats voisins de la réalité.

Ces diverses conclusions sont de toute première importance pratique, elles lèvent la question des points d'inflexion dans les montants et expliquent beaucoup d'affirmations que les praticiens du calcul des poutres Vierendeel ont parfois posées.

Le diagramme de la figure 615 représente les variations de $\frac{h'_2}{h}$ suivant la formule XI.

Ce diagramme résume toutes les remarques précédemment formulées. On y a figuré par * les points déjà contrôlés expérimentalement.

*
**

10. Poutres de forme polygonale

Le calcul exact de $\frac{h'_1}{h_1}$ et de $\frac{h'_2}{h_2}$ peut être tenté comme pour la poutre de hauteur constante, mais ce calcul est fort long.

Par contre il est très court si tous les montants ont le même moment d'inertie I et si l'on admet que la différence entre $\frac{h'_1}{h_1}$ et $\frac{h'_2}{h_2}$ est négligeable.

Dans ces conditions $\frac{h'_1}{h_2}$ s'obtient à l'aide du groupe d'équations suivant :

$$\mathfrak{N}_1 = \mathfrak{T}_1 \times \frac{b}{2} \quad \text{formule V.}$$

$$W_1 = Z_1 \times \frac{b}{2} \quad \text{formule VI.}$$

$$W_1 = \gamma_1 \cdot \mathfrak{N}_1 - \left(\gamma_1 - \frac{h'_1}{h_1} \right) \frac{h_1 + h_2}{2} U'_1 - \gamma_1 \cdot \frac{J''_1}{b'} \left[-(\delta_1 + \delta_2) U'_1 + \delta_2 \cdot U'_2 \right] \quad \text{formule III}_2 \text{ particularisée.}$$

$$Z_1 = \gamma_1 \cdot \mathfrak{T}_1 - \gamma_1 \cdot \frac{h_2 - h_1}{b} \cdot U'_1 + \frac{6b}{b'^3} \cdot \gamma_1 \cdot J''_1 \left[-(\delta_1 - \delta_2) U'_1 - \delta_2 \cdot U'_2 \right] \quad \text{formule III}_3 \text{ particularisée.}$$

En tenant compte de ce que

$$\begin{aligned} \delta_r &= \frac{1}{2I} (k'_r + k''_r) (k'_r - k''_r) \\ &= \frac{h_r^2}{2I} \left(1 - \frac{c'_r + c''_r}{h_r} \right) \left(2 \frac{h'_r}{h_r} - 1 \right) \end{aligned}$$

ces formules donnent :

$$\frac{h'}{h} = \frac{1 + \frac{1}{2} \frac{h_1}{b'} \frac{J''_1}{I} \xi_1}{\frac{1}{\gamma_1} \frac{h_1 + h_2}{2h_1} + 2 \times \frac{1}{2} \frac{h_1}{b'} \frac{J''_1}{I} \xi_1}$$

avec

$$\begin{aligned} \xi_1 &= \left(1 - \frac{c'_1 + c''_1}{h_1} \right) \left[3 \left(\frac{b}{b'} \right)^2 + 1 \right] + \\ &+ \left(\frac{h_2}{h_1} \right)^2 \left(1 - \frac{c'_2 + c''_2}{h_2} \right) \left[3 \left(\frac{b}{b'} \right)^2 - 1 \right] \left[\frac{U'_2}{U'_1} - 1 \right] \end{aligned}$$



Cette formule devient, lorsque les congés ne sont pas très grands :

$$\frac{h'}{h} = \frac{1 + \frac{1}{2} \frac{h_1}{b'} \frac{J''_1}{I} \left\{ \left[3 \left(\frac{b}{b'} \right)^2 + 1 \right] + \left(\frac{h_2}{h_1} \right)^2 \left[3 \left(\frac{b}{b'} \right)^2 - 1 \right] \left(\frac{U'_2}{U'_1} - 1 \right) \right\}}{\frac{1}{\gamma_1} + 2 \times \frac{1}{2} \frac{h_1}{b'} \frac{J''_1}{I} \left\{ \left[3 \left(\frac{b}{b'} \right)^2 + 1 \right] + \left(\frac{h_2}{h_1} \right)^2 \left[3 \left(\frac{b}{b'} \right)^2 - 1 \right] \left(\frac{U'_2}{U'_1} - 1 \right) \right\}} \quad (\text{XII})$$

Ces formules présentent une grande analogie avec celles correspondantes posées précédemment pour les poutres de hauteur constante. La seule différence marquée réside en ce que J'' se substitue à I'' et J' à I' .

La discussion de cette formule conduit à des conclusions tout à fait parallèles à celles qui ont été posées pour la poutre de hauteur constante.

Or cette discussion a montré qu'une variation relativement faible du rapport $\frac{I''}{I'}$ et du produit $\frac{b}{h} \frac{I}{I'}$ n'affecte guère la position du point d'inflexion dans les montants. Ce fait est remarqua-

blement confirmé par les expériences photo-élastiques.

On en conclut que pour les poutres polygonales, on continuera à appliquer les formules XI, mais en y remplaçant I'' par J'' et I' par J' et la hauteur h par la hauteur du montant considéré. On appliquera donc les formules XIII ci-dessous.

Le diagramme de la figure 615 reste donc valable à la condition de prendre en abscisse $\frac{J''}{J'}$ au lieu de $\frac{I''}{I'}$ ce qui d'ailleurs n'apportera guère de modification à la valeur de $\frac{h'_2}{h_2}$.

$\frac{h'_1}{h''_1} = \frac{\frac{b}{h_1} \frac{I_1}{J''_1} + 2,5}{\frac{b}{h_1} \frac{I_1}{J'_1} + 2,5}$	et	$\frac{h'_1}{h_1} = \frac{\frac{b}{h_1} \frac{I_1}{J''_1} + 2,5}{\frac{b}{h_1} \left(\frac{I_1}{J''_1} + \frac{I_1}{J'_1} \right) + 5}$
$\frac{h'_2}{h''_2} = \frac{\frac{b}{h_2} \frac{I_2}{J''_2} + 6}{\frac{b}{h_2} \frac{I_2}{J'_2} + 6}$	et	$\frac{h'_2}{h_2} = \frac{\frac{b}{h_2} \frac{I_2}{J''_2} + 6}{\frac{b}{h_2} \left(\frac{I_2}{J''_2} + \frac{I_2}{J'_2} \right) + 12}$

(XIII)

III. CONCLUSIONS PRATIQUES

Il résulte de tout ce qui précède que lorsqu'on se trouve devant un cas de poutre Vierendeel dont les montants ont tous la même section ou des sections peu différentes, on suppose la position relative $\frac{h'}{h}$ des points d'inflexion dans les montants à l'aide des formules VIII ou plutôt XI pour les poutres de hauteur constante, ou à l'aide des formules XII ou XIII pour les poutres polygonales. Dans les limites courantes, $\frac{h'}{h}$ est peu

influencé par les circonstances spéciales du cas.

C'est au point qu'en général pour les poutres de ponts et de bâtiments, on pourra admettre, au moins dans un avant-projet, que $\frac{h'}{h} = \frac{1}{2}$ même si I'' est différent de I' ou J'' de J' .

Si les formules XI ou XIII donnent pour $\frac{h'_1}{h_1}$ et $\frac{h'_2}{h_2}$ une différence de moins de 5 % on adoptera pour tous les $\frac{h'}{h}$ la valeur de $\frac{h'_2}{h_2}$.



Si la différence est de plus de 5 % mais de moins de 20 %, on adoptera pour tous les $\frac{h'}{h}$ la moyenne entre $\frac{h'_1}{h_1}$ et $\frac{h'_2}{h_2}$.

Ce ne serait que si la différence dépassait 20 %, ce qui sera très rare, que l'on prendrait des valeurs différentes pour $\frac{h'_1}{h_1}$ et pour les autres $\frac{h'}{h}$ et de préférence des valeurs trouvées expérimentalement plutôt que par le calcul.

Dans de tels cas, il faudrait alors appliquer les formules générales de calcul des U' , W et Z des groupes II et III.

Dans tous les autres cas, on appliquera ces mêmes formules particularisées en y supposant $\frac{h'}{h}$ constante.

Ces formules prennent les formes suivantes :

11. Poutres de hauteur constante, les points d'inflexion dans les montants étant tous au même niveau (fig. 601 et 602) ⁽¹⁾

$$-U'_{r-1} + \left[2 + 3 \frac{\gamma_r}{\alpha} \frac{b'}{h} \frac{I_{\text{montant}}}{I'_r} \left(\frac{h}{k} \right)^3 \right] U'_r - U'_{r+1} = 3 \frac{\gamma_r}{\alpha} \frac{b'}{h} \frac{I_{\text{montant}}}{I'_r} \left(\frac{h}{k} \right)^3 \frac{\mathfrak{M}_r}{h} \quad (\text{XIV}_1)$$

$$W_r = + \gamma_r \cdot \mathfrak{M}_r - \left(\gamma_r - \frac{h'}{h} \right) h \cdot U'_r - \frac{\gamma_r}{2} \frac{h}{b'} \frac{I''_r}{I} \left(\frac{k}{h} \right)^2 \times h \left[\left(\frac{k'}{k} \right)^2 - \left(\frac{k''}{k} \right)^2 \right] (U'_{r-1} - 2U'_r + U'_{r+1}). \quad (\text{XIV}_2)$$

$$Z_r = + \gamma_r \cdot \mathfrak{C}_r + 6 \times \frac{\gamma_r}{2} \frac{h}{b'} \frac{I''_r}{I} \left(\frac{k}{h} \right)^2 \times \frac{b}{b'} \frac{h}{b'} \left[\left(\frac{k'}{k} \right)^2 - \left(\frac{k''}{k} \right)^2 \right] (U'_{r-1} - U'_{r+1}). \quad (\text{XIV}_3)$$

Dans ces formules : $\gamma_r = \frac{1}{1 + \frac{I''_r}{I'_r}}$ et $\alpha = \left[\left(\frac{k'}{k} \right)^3 + \left(\frac{k''}{k} \right)^3 \right] + \frac{3}{2} \left(\gamma_r - \frac{h'}{h} \right) \frac{h}{k} \left[\left(\frac{k'}{k} \right)^2 - \left(\frac{k''}{k} \right)^2 \right]$.

Si l'on estime pouvoir faire le calcul habituel, c'est-à-dire négliger les congés, on fera dans ces formules $b' = b$, $k = h$, $k' = h'$, $k'' = h''$.

Si en outre, au moins en avant-projet, on met les points d'inflexion à mi-hauteur, les formules se simplifient sensiblement et deviennent :

$$-U'_{r-1} + \left[2 + 12 \gamma_r \frac{b}{h} \frac{I_{\text{montant}}}{I'_r} \right] U'_r - U'_{r+1} = 12 \gamma_r \frac{b}{h} \frac{I_{\text{montant}}}{I'_r} \frac{\mathfrak{M}_r}{h} \quad (\text{XV}_1)$$

$$W_r = + \gamma_r \cdot \mathfrak{M}_r - \left(\gamma_r - \frac{1}{2} \right) h \cdot U'_r \quad (\text{XV}_2)$$

$$Z_r = + \gamma_r \cdot \mathfrak{C}_r \quad (\text{XV}_3)$$

CAS PARTICULIER IMPORTANT, PRESQUE LE SEUL EN JEU POUR LES PONTS :

Poutre de hauteur constante, à brides supérieure et inférieure identiques, tous les montants étant les mêmes.

Les points d'inflexion sont à mi-hauteur :

$$\frac{I''}{I} = 1, \quad \gamma = \frac{1}{2}, \quad h' = h'' = \frac{h}{2}, \quad k' = k'', \quad \frac{k'}{k} = \frac{1}{2}, \quad \alpha = \frac{1}{4}.$$

(1) Dans les formules XIV et XV on peut remplacer les U' par des X , voir figures 601 et 602



$$- \mathbf{U}'_{r-1} + \left[2 + 6 \frac{b'}{h} \frac{1}{\Gamma_r} \left(\frac{h}{k} \right)^3 \right] \mathbf{U}'_r - \mathbf{U}'_{r+1} = 6 \frac{b'}{h} \frac{1}{\Gamma_r} \left(\frac{h}{k} \right)^3 \frac{\mathfrak{M}_r}{h} \quad (\text{XV}_1)$$

$$\mathbf{W}_r = \frac{1}{2} \mathfrak{M}_r \quad (1) \quad (\text{XV}_2)$$

$$\mathbf{Z}_r = \frac{1}{2} \mathfrak{G}_r \quad (1) \quad (\text{XV}_3)$$

Si l'on estime pouvoir négliger les congés et procéder au calcul habituel : $b' = b$, $h = k$, et l'équation XV_1 devient :

$$- \mathbf{U}'_{r-1} + \left(2 + 6 \frac{b}{h} \frac{1}{\Gamma_r} \right) \mathbf{U}'_r - \mathbf{U}'_{r+1} = 6 \frac{b}{h} \frac{1}{\Gamma_r} \frac{\mathfrak{M}_r}{h} \quad (1) \quad (\text{XV}^{bis}_1)$$

12. Poutre polygonale dont les points d'inflexion dans tous les montants sont au même niveau relatif $\frac{h'}{h}$. Les montants ont la même section.

$$\begin{aligned} & - \mathbf{U}'_{r-1} \\ & + \left\{ 1 + \beta_r + \frac{\gamma_r}{\varepsilon_r} \left[1 + \frac{1}{3} \left(\frac{h_{r+1} - h_r}{h_{r+1} + h_r} \right)^2 \left(\frac{b'}{b} \right)^2 \right] \right\} \mathbf{U}'_r \\ & - \beta_r \mathbf{U}'_{r+1} \\ & = \frac{\gamma_r}{\varepsilon_r} \left[\frac{\mathfrak{M}_r + \frac{1}{6} \frac{h_{r+1} - h_r}{h_{r+1} + h_r} \left(\frac{b'}{b} \right)^2 b \cdot \mathfrak{G}_r}{\frac{h_r + h_{r+1}}{2}} \right] \end{aligned} \quad (\text{XVI}_1)$$

$$\begin{aligned} \mathbf{W}_r = & + \gamma_r \cdot \mathfrak{M}_r - \left(\gamma_r - \frac{h'}{h} \right) \frac{h_r + h_{r+1}}{2} \mathbf{U}'_r \\ & - \frac{\gamma_r h_r}{2 b'} \frac{\mathbf{J}_r''}{\Gamma} \left(\frac{k_r}{h_r} \right)^2 \times h_r \left\{ \left[\left(\frac{k'_r}{k_r} \right)^2 - \left(\frac{k''_r}{k_r} \right)^2 \right] (\mathbf{U}'_{r-1} - \mathbf{U}'_r) \right. \\ & \quad \left. - \left[\left(\frac{k'_{r+1}}{k_{r+1}} \right)^2 - \left(\frac{k''_{r+1}}{k_{r+1}} \right)^2 \right] \left(\frac{k_{r+1}}{k_r} \right)^2 (\mathbf{U}'_r - \mathbf{U}'_{r+1}) \right\} \end{aligned} \quad (\text{XVI}_2)$$

$$\begin{aligned} \mathbf{Z}_r = & + \gamma_r \cdot \mathfrak{G}_r - \gamma_r \frac{h_{r+1} - h_r}{b} \mathbf{U}'_r \\ & + 6 \times \frac{\gamma_r h_r}{2 b'} \frac{\mathbf{J}_r''}{\Gamma} \left(\frac{k_r}{h_r} \right)^2 \times \frac{b}{b'} \frac{h_r}{b'} \left\{ \left[\left(\frac{k'_r}{k_r} \right)^2 - \left(\frac{k''_r}{k_r} \right)^2 \right] (\mathbf{U}'_{r-1} - \mathbf{U}'_r) \right. \\ & \quad \left. + \left[\left(\frac{k'_{r+1}}{k_{r+1}} \right)^2 - \left(\frac{k''_{r+1}}{k_{r+1}} \right)^2 \right] \left(\frac{k_{r+1}}{k_r} \right)^2 (\mathbf{U}'_r - \mathbf{U}'_{r+1}) \right\} \end{aligned} \quad (\text{XVI}_3)$$

Dans ces formules :

$$\beta_r = \frac{\left[\left(\frac{k'_{r+1}}{k_{r+1}} \right)^3 + \left(\frac{k''_{r+1}}{k_{r+1}} \right)^3 \right] + \frac{3}{2} \left(\gamma - \frac{h'}{h} \right) \frac{h_{r+1}}{k_{r+1}} \left[\left(\frac{k'_{r+1}}{k_{r+1}} \right)^2 - \left(\frac{k''_{r+1}}{k_{r+1}} \right)^2 \right]}{\left[\left(\frac{k'_r}{k_r} \right)^3 + \left(\frac{k''_r}{k_r} \right)^3 \right] + \frac{3}{2} \left(\gamma_r - \frac{h'}{h} \right) \frac{h_r}{k_r} \left[\left(\frac{k'_r}{k_r} \right)^2 - \left(\frac{k''_r}{k_r} \right)^2 \right]} \times \left(\frac{k_{r+1}}{k_r} \right)^3$$

(1) Ces trois équations sont celles posées par K. Kriso. Toutes les autres en sont des généralisations nouvelles.



$$\text{et } \varepsilon_r = \frac{\left[\left(\frac{k'_r}{k_r} \right)^3 + \left(\frac{k''_r}{k_r} \right)^3 \right] + \frac{3}{2} \left(\gamma_r - \frac{h'}{h} \right) \frac{h_r}{k_r} \left[\left(\frac{k'_r}{k_r} \right)^2 - \left(\frac{k''_r}{k_r} \right)^2 \right]}{\frac{3}{4} \frac{b'}{h_r} \frac{1}{J'_r} \left(\frac{h_r}{k_r} \right)^3 \left(\frac{h_{r+1}}{h_r} + 1 \right)^2}$$

Si l'on néglige les congés, donc si l'on fait le calcul à la manière habituelle, ces formules se simplifient puisque : $k'_r = h'_r$, $k''_r = h''_r$, $k_r = h_r$, $\frac{h_r}{k_r} = 1$, $b' = b$

$$\text{donc } \beta_r = \left(\frac{h_{r+1}}{h_r} \right)^3$$

$$\text{et } \varepsilon_r = \frac{\left[\left(\frac{h'}{h} \right)^3 + \left(\frac{h''}{h} \right)^3 \right] + \frac{3}{2} \left(\gamma_r - \frac{h'}{h} \right) \left[\left(\frac{h'}{h} \right)^2 - \left(\frac{h''}{h} \right)^2 \right]}{\frac{3}{4} \frac{b}{h_r} \frac{1}{J'_r} \left(\frac{h_{r+1}}{h_r} + 1 \right)^2}$$

Donc :

$$\begin{aligned} & - \mathbf{U}'_{r-1} \\ & + \left\{ 1 + \left(\frac{h_{r+1}}{h_r} \right)^3 + \frac{\gamma_r}{\varepsilon_r} \left[1 + \frac{1}{3} \left(\frac{h_{r+1} - h_r}{h_{r+1} + h_r} \right)^2 \right] \right\} \mathbf{U}'_r \\ & - \left(\frac{h_{r+1}}{h_r} \right)^3 \mathbf{U}'_{r+1} \\ & = \frac{\gamma_r}{\varepsilon_r} \left[\frac{\mathfrak{M}_r + \frac{1}{6} \frac{h_{r+1} - h_r}{h_{r+1} + h_r} b \cdot \mathfrak{C}_r}{\frac{h_r + h_{r+1}}{2}} \right] \end{aligned} \quad (\text{XVII}_1)$$

$$\begin{aligned} \mathbf{W}_r & = + \gamma_r \cdot \mathfrak{M}_r - \left(\gamma_r - \frac{h'}{h} \right) \frac{h_r + h_{r+1}}{2} \mathbf{U}'_r \\ & - \frac{\gamma_r}{2} \frac{h_r}{b} \frac{J''_r}{I} \times h_r \left[\left(\frac{h'}{h} \right)^2 - \left(\frac{h''}{h} \right)^2 \right] \left[(\mathbf{U}'_{r-1} - \mathbf{U}'_r) - \left(\frac{h_{r+1}}{h_r} \right)^2 (\mathbf{U}'_r - \mathbf{U}'_{r+1}) \right] \end{aligned} \quad (\text{XVII}_2)$$

$$\begin{aligned} \mathbf{Z}_r & = + \gamma_r \cdot \mathfrak{C}_r - \gamma_r \frac{h_{r+1} - h_r}{2} \mathbf{U}'_r \\ & + 6 \times \frac{\gamma_r}{2} \frac{h_r}{b} \frac{J''_r}{I} \times \frac{h_r}{b} \left[\left(\frac{h'}{h} \right)^2 - \left(\frac{h''}{h} \right)^2 \right] \left[(\mathbf{U}'_{r-1} - \mathbf{U}'_r) + \left(\frac{h_{r+1}}{h_r} \right)^2 (\mathbf{U}'_r - \mathbf{U}'_{r+1}) \right] \end{aligned} \quad (\text{XVII}_3)$$

Si en outre on peut admettre que les points d'inflexion sont à mi-hauteur : $h' = h'' = \frac{1}{2} h$, les équations XVII₂ et XVII₃ se réduisent à leurs deux premiers termes et $\frac{1}{\varepsilon_r} = 3 \frac{b}{h_r} \frac{1}{J'_r} \left(\frac{h_{r+1}}{h_r} + 1 \right)^2$.

Dans le second membre de XVII₁

$$\mathfrak{M}_r + \frac{1}{6} \frac{h_{r+1} - h_r}{h_{r+1} + h_r} b \cdot \mathfrak{C}_r = M_{G,r}$$

moment fléchissant à l'aplomb du centre de gravité G du trapèze formé par la maille r.

CAS PARTICULIER IMPORTANT POUR LES PONTS :

Poutre polygonale telle que $\frac{J''}{J} = 1$ ou très voisine de 1 dans tous les panneaux, ou plutôt telle que les sections des brides supérieures et inférieures sont identiques.

Tous les montants ont la même section dans leur partie prismatique.

Dans ce cas les points d'inflexion sont prati-



quement à mi-hauteur dans tous les montants

$$\frac{J''}{J'} = 1 \quad \text{ou très voisin,} \quad \gamma = \frac{1}{2}, \quad \frac{h'}{h} = \frac{h''}{h} = \frac{1}{2}, \quad \frac{k'}{k} = \frac{k''}{k} = \frac{1}{2}.$$

Les équations deviennent :

$$\begin{aligned} & -U'_{r-1} \\ & + \left\{ 1 + \left(\frac{k_{r+1}}{k_r}\right)^3 + \frac{3}{2} \frac{b'}{h_r} \frac{I}{J'_r} \left(\frac{h_r}{k_r}\right)^3 \left(\frac{h_{r+1}}{h_r} + 1\right)^2 \left[1 + \frac{1}{3} \left(\frac{h_{r+1} - h_r}{h_{r+1} + h_r}\right)^2 \left(\frac{b'}{b}\right)^2 \right] \right\} U'_r \\ & - \left(\frac{k_{r+1}}{k_r}\right)^3 U'_{r+1} \\ & = \frac{3}{2} \frac{b'}{h_r} \frac{I}{J'_r} \left(\frac{h_r}{k_r}\right)^3 \left(\frac{h_{r+1}}{h_r} + 1\right)^2 \left\{ \frac{\mathfrak{N}_r + \frac{1}{6} \frac{h_{r+1} - h_r}{h_{r+1} + h_r} \left(\frac{b'}{b}\right)^2 b \mathfrak{G}_r}{\frac{h_r + h_{r+1}}{2}} \right\} \end{aligned} \quad (\text{XVIII}_1)$$

$$W_r = \frac{1}{2} \mathfrak{N}_r \quad (\text{XVIII}_2)$$

$$Z_r = \frac{1}{2} \mathfrak{G}_r - \frac{1}{2} \frac{h_{r+1} - h_r}{b} U'_r \quad (\text{XVIII}_3)$$

Enfin, si dans ce même cas on procède par le calcul habituel, c'est-à-dire en négligeant les congés, les formules deviennent :

$$\begin{aligned} & -U'_{r-1} \\ & + \left\{ 1 + \left(\frac{h_{r+1}}{h_r}\right)^3 + \frac{3}{2} \frac{b}{h_r} \frac{I}{J'_r} \left(\frac{h_{r+1}}{h_r} + 1\right)^2 \left[1 + \frac{1}{3} \left(\frac{h_{r+1} - h_r}{h_{r+1} + h_r}\right)^2 \right] \right\} U'_r \\ & - \left(\frac{h_{r+1}}{h_r}\right)^3 U'_{r+1} \\ & = \frac{3}{2} \frac{b}{h_r} \frac{I}{J'_r} \left(\frac{h_{r+1}}{h_r} + 1\right)^2 \left\{ \frac{\mathfrak{N}_r + \frac{1}{6} \frac{h_{r+1} - h_r}{h_{r+1} + h_r} b \mathfrak{G}_r}{\frac{h_r + h_{r+1}}{2}} \right\} \end{aligned} \quad (\text{XIX}_1)$$

$$W_r = \frac{1}{2} \mathfrak{N}_r \quad (\text{XIX}_2)$$

$$Z_r = \frac{1}{2} \mathfrak{G}_r - \frac{1}{2} \frac{h_{r+1} - h_r}{b} U'_r \quad (\text{XIX}_3)$$

13. Résolution des équations en U'

On a vu, par ce qui précède (équations II, III, XIV à XIX suivant les cas) que sous l'effet des charges verticales appliquées à l'aplomb des montants, les équations d'élasticité d'un panneau r sont bien de la forme qui a été annoncée dans l'introduction :

$$\begin{cases} -A_r \cdot U'_{r-1} + B_r \cdot U'_r - C_r \cdot U'_{r+1} = D_r \cdot \frac{2 \mathfrak{N}'_r}{h_r + h_{r+1}} & (I_1) \\ W_r = \gamma_r \cdot \mathfrak{N}_r + E_r \cdot U'_r + \varphi(U'_{r-1}, U'_r, U'_{r+1}) & (I_2) \\ Z_r = \gamma_r \cdot \mathfrak{G}_r + F_r \cdot U'_r + \psi(U'_{r-1}, U'_r, U'_{r+1}) & (I_3) \end{cases}$$



Pour une poutre de hauteur constante $\mathcal{M}'_r = \mathcal{M}_r$, moment fléchissant isostatique au milieu du panneau r ;

Pour une poutre polygonale, \mathcal{M}'_r est une fonction simple de \mathcal{M}_r et de \mathcal{C}_r ; lorsqu'on néglige les congés, \mathcal{M}'_r est égal au \mathcal{M}_{G_r} moment fléchissant isostatique à l'aplomb du centre de gravité du panneau.

Les coefficients A_r , B_r , C_r , D_r , E_r , F_r , γ_r et ceux des fonctions φ et ψ sont faciles à calculer. Ils ne dépendent d'ailleurs que des proportions de la poutre et de la position relative des points d'inflexion dans les montants : $\frac{h'}{h}$.

POUTRES HOMOLOGUES :

En conséquence, on remarque que toutes les poutres homologues dans leurs dimensions générales et dont les rapports des moments d'inertie sont accrus dans la proportion d'homologie, subissent les mêmes U' et Z , tandis que les W sont modifiés dans ce même rapport, lorsqu'on applique à ces poutres les mêmes charges dans les mêmes positions relatives.

Donc les calculs faits pour l'une d'entre elles résolvent du même coup toutes les autres.

Les formules II, III, XIV à XIX donnent les expressions de ces coefficients pour les divers cas.

Les équations I_2 et I_3 donnent de suite W_r et Z_r dès que les U' sont connus et d'ailleurs dans tous les cas courants le coefficient E_r et les

fonctions φ et ψ sont nuls (voir équations XV, XVIII et XIX).

Donc, au point de vue algébrique, la seule partie un peu longue de l'étude concerne la résolution du système des m équations aux U' .

$$\begin{array}{rcl}
 + B_1 \cdot U'_1 & - & C_1 \cdot U'_2 = D_1 \cdot \frac{2 \mathcal{M}'_1}{h_1 + h_2} \\
 - U'_1 + B_2 \cdot U'_2 & - & C_2 \cdot U'_3 = D_2 \cdot \frac{2 \mathcal{M}'_2}{h_2 + h_3} \\
 \vdots & & \\
 - U'_{r-1} + B_r \cdot U'_r & - & C_r \cdot U'_{r+1} = D_r \cdot \frac{2 \mathcal{M}'_r}{h_r + h_{r+1}} \quad (XX) \\
 \vdots & & \\
 - U'_{m-2} + B_{m-1} \cdot U'_{m-1} - C_{m-1} \cdot U'_m & = & D_{m-1} \cdot \frac{2 \mathcal{M}'_{m-1}}{h_{m-1} + h_m} \\
 - U'_{m-1} + B_m \cdot U'_m & = & D_m \cdot \frac{2 \mathcal{M}'_m}{h_m + h_{m+1}}
 \end{array}$$

Méthode directe de résolution :

Si l'on n'a à considérer qu'un seul cas de charges fixes, ou même pour le calcul des ordonnées des lignes d'influence, le plus simple est de remplacer de suite chacun des seconds membres par sa valeur numérique et de résoudre directement ce système d'équations.

Cette résolution doit évidemment être faite avec soin, elle n'offre aucune difficulté, elle n'appelle nullement un calcul par approximations successives.

Méthode donnant l'expression générale des U' :

Mais il est aisé de montrer, en paraphrasant et généralisant, sans aucune hypothèse simplificatrice, la méthode employée par K. Kriso pour la résolution de ces équations, dans les cas particuliers qu'il a traités, que l'on obtient l'expression générale suivante des U' en fonction des \mathcal{M}' :



$$\begin{aligned}
 U'_r = \xi_r \times & \left[\begin{aligned} & \frac{2 \mathcal{N}'_1}{h_1 + h_2} \times D_1 \times K_1 \cdot K_2 \dots \dots \dots K_{r-1} \\ & + \frac{2 \mathcal{N}'_2}{h_2 + h_3} \times D_2 \times K_2 \dots \dots \dots K_{r-1} \\ & \vdots \\ & + \frac{2 \mathcal{N}'_{r-1}}{h_{r-1} + h_r} \times D_{r-1} \times K_{r-1} \\ & + \frac{2 \mathcal{N}'_r}{h_r + h_{r+1}} \times D_{(m+1)-r} \end{aligned} \right] \\
 & + \left[\begin{aligned} & \frac{2 \mathcal{N}'_{r+1}}{h_{r+1} + h_{r+2}} \times D_{(m+1)-(r+1)} \times K_{(m+1)-(r+1)} \\ & + \frac{2 \mathcal{N}'_{r+2}}{h_{r+2} + h_{r+3}} \times D_{(m+1)-(r+2)} \times K_{(m+1)-(r+2)} \cdot K_{(m+1)-(r+1)} \\ & + \dots \dots \dots \\ & + \frac{2 \mathcal{N}'_m}{h_m + h_{m+1}} \times D_{(m+1)-m} \times K_1 \cdot \dots \dots \dots K_{(m+1)-(r+1)} \cdot \end{aligned} \right] \quad (XXI)
 \end{aligned}$$

Dans cette formule le coefficient ξ a pour valeur :

Pour le premier panneau : $\xi_1 = K_m$;
 Pour le panneau courant :

$$\xi_r = \frac{K_{(m+1)-r}}{1 - C_{(m+1)-r} \cdot C_{r-1} \times K_{(m+1)-r} \cdot K_{r-1}}$$

K_2 jusque K_m ont pratiquement la même valeur et l'expression de U'_r se simplifie d'autant.

On voit que l'on peut sans difficulté former très systématiquement tous les coefficients des termes de U'_r et que finalement, pour une poutre déterminée, on obtient les U'_r sous la forme

$$U'_r = a_1 \cdot \frac{2 \mathcal{N}'_1}{h_1 + h_2} + a_2 \cdot \frac{2 \mathcal{N}'_2}{h_2 + h_3} + \dots \dots + a_m \cdot \frac{2 \mathcal{N}'_m}{h_m + h_{m+1}} \quad (XXIII)$$

Pour le dernier panneau, la forme est particulière :

$$U'_m = \left\{ \begin{aligned} & \frac{2 \mathcal{N}'_1}{h_1 + h_2} \times D_1 \times K_1 \cdot K_2 \dots \dots \times K_{m-1} \cdot K_m \\ & + \frac{2 \mathcal{N}'_2}{h_2 + h_3} \times D_2 \times K_2 \cdot K_3 \dots \dots \times K_{m-1} \cdot K_m \\ & \vdots \\ & + \frac{2 \mathcal{N}'_m}{h_m + h_{m+1}} \times D_m \cdot K_m \end{aligned} \right\} \quad (XXII)$$

Les coefficients K répondent aux expressions :

$$\begin{aligned}
 K_1 &= \frac{1}{B_1}, & K_2 &= \frac{1}{B_2 - C_1 \cdot K_1}, & K_3 &= \frac{1}{B_3 - C_2 \cdot K_2} \\
 \dots & & \dots & & \dots & \\
 \dots K_r &= \frac{1}{B_r - C_{r-1} \cdot K_{r-1}} \dots & K_m &= \frac{1}{B_m - C_{m-1} \cdot K_{m-1}} \cdot
 \end{aligned}$$

Dans les cas les plus simples, tous les K depuis

Tous les coefficients $a_1, a_2 \dots a_m$ sont positifs. Si la poutre est de hauteur constante :

$$U'_r = \frac{1}{h} [a_1 \cdot \mathcal{N}'_1 + a_2 \cdot \mathcal{N}'_2 + \dots a_m \cdot \mathcal{N}'_m]$$

A première vue l'application de la formule XXIII semble compliquée, en fait il n'en est rien, car tout se borne au chiffrage des coefficients B, C, D et K, qu'il suffit d'organiser méthodiquement.

D'ailleurs le nombre m de mailles ou panneaux est toujours fort limité.

L'avantage des formules XXIII c'est qu'une fois acquises elles permettent très facilement le calcul de n'importe quel état de charge et en particulier le calcul exact des ordonnées des lignes d'influence (1).

Nous comptons donner dans quelque temps un mémoire qui montrera le calcul complet d'une poutre déterminée, basé sur le présent mémoire et fera apparaître la simplicité de la méthode. L. B. Août 1936.

(1) K. Krato a poussé très loin l'étude des lignes d'influence dans les cas qu'il a traités. Nous pensons qu'il n'est peut-être pas opportun d'aller aussi loin, cependant l'étude de K. Krato est fort intéressante.



CHRONIQUE

Le marché de l'acier pendant le mois d'août 1936

Physionomie générale

La situation satisfaisante du marché en juillet s'est encore améliorée en août. La première quinzaine du mois a vu se traiter un volume d'affaires très important. Malgré une légère hausse au début du mois, les demandes n'ont fait que s'accroître. Le marché intérieur y a activement participé grâce aux achats des transformateurs. La seconde quinzaine d'août a été légèrement plus calme tout en maintenant un volume d'affaires important. La fin du mois est satisfaisante. Les achats ont principalement porté sur les produits finis. Les carnets des usines sont actuellement garnis pour plusieurs semaines et les délais de livraisons de certaines catégories ont dû être étendus jusqu'à huit et dix semaines.

Marché extérieur

Le marché extérieur a été très actif, principalement au début du mois. La demande provenait

particulièrement de Hollande, des Pays Scandinaves, des Etats-Unis et de l'Argentine. Ces différents pays ont fait d'importants achats et sont restés sur le marché pendant tout le mois d'août. Ultérieurement, l'Egypte et la Syrie ont été très actives. Aux Etats-Unis, la construction est en pleine prospérité et entraîne des achats substantiels. En Argentine, on constate une amélioration de la situation économique qui laisse espérer de nouveaux achats. En Extrême-Orient, le marché est calme : la concurrence japonaise se fait lourdement sentir.

Les prix ont subi dans le courant du mois de légères augmentations, variables selon les destinations.

Marché intérieur

Le marché intérieur a été très actif. La hausse intervenue au début du mois n'a provoqué aucun fléchissement dans la demande. Les transformateurs ont fait de nombreux achats pendant tout le mois. Les stocks ont considérablement diminué et l'on prévoit de nouveaux achats de réap-

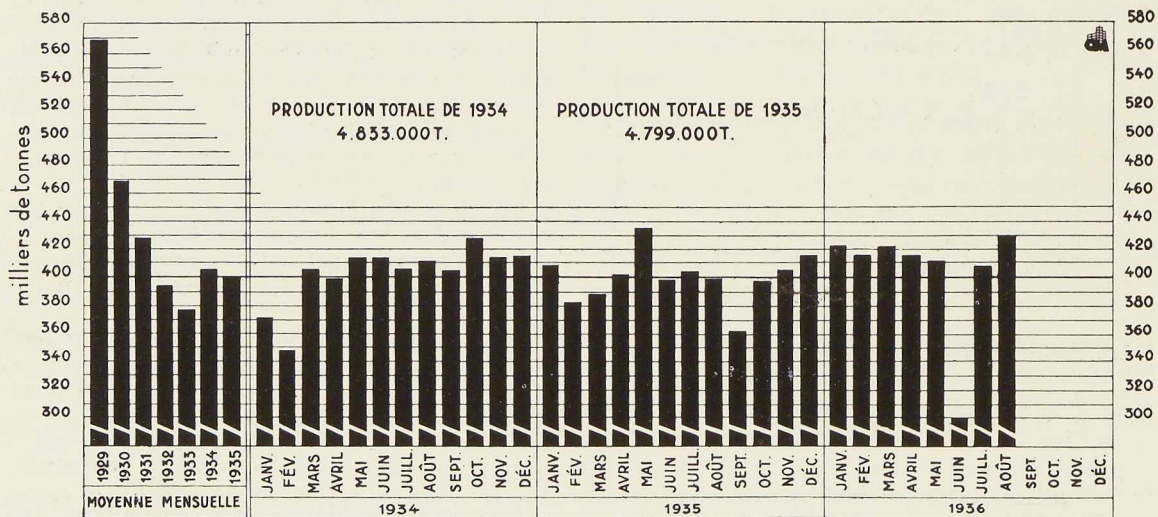


Fig. 616. Production mensuelle des aciéries belges et luxembourgeoises.



Sauvegardez l'avenir

provisionnement. Une nouvelle hausse des prix a été appliquée à la fin du mois d'août.

Les réalisations de *Cosibel* ont atteint le chiffre record de 196.000 tonnes, dont 73.000 tonnes, soit 37,3 %, pour l'intérieur.

Les ateliers de construction ont de nombreuses commandes pour le pays et pour l'exportation. Les constructeurs de matériel roulant sont bien occupés, notamment par les commandes de la S.N.C.F.B.

Demi-produits

Le compartiment des demi-produits a gardé une allure satisfaisante, mais n'a pas vu son activité progresser en proportion de la situation générale. Les achats effectués en août proviennent principalement des transformateurs. Les ventes vers l'Angleterre sont restées importantes.

Produits finis

L'activité de ce compartiment a été très grande, principalement en aciers marchands pour lesquels la demande a été constamment très soutenue. Dans le courant du mois, la demande en profilés a augmenté. Signalons que sur les 196.000 tonnes inscrites par *Cosibel*, il y a 95.000 tonnes d'aciers marchands et 14.000 tonnes de profilés.

Les expéditions de l'Entente Internationale des Feuillards et Bandes à Tubes se sont élevées, en août 1936, à 15.205 tonnes.

Tôles

Le compartiment des tôles a été très actif, surtout au début du mois. Notamment, la demande a été vive en tôles fortes S.M. et également en tôles moyennes Thomas. En tôles fines, les nouvelles conditions du marché, consécutives à la création du Cartel, entraînent une période de flottements.

Dans le courant du mois, les délais de livraison ont dû être portés à huit et dix semaines pour les tôles pour navires. La demande en tôles fines était en progression sensible.

A la fin du mois, la situation est bonne en tôles fortes et satisfaisante en tôles moyennes et en tôles fines.

Fils et grillages

La demande de l'intérieur a été bonne pendant tout le mois. A l'extérieur, la demande, faible au

Construisez en acier!

début du mois, s'est améliorée ultérieurement et les demandes en provenance de l'Amérique du Sud et du Nord ont donné, en fin de mois, une bonne allure au marché.

Production sidérurgique belgo-luxembourgeoise au mois d'août 1936

La production du mois d'août 1936 s'est élevée à 430.450 tonnes, dont 266.100 tonnes pour la Belgique et 164.350 tonnes pour le Luxembourg. En 1935, la production s'était élevée en août à 399.404 tonnes.

La production belgo-luxembourgeoise a atteint, pendant les huit premiers mois de 1936, 3.225.945 tonnes, contre 3.218.184 tonnes en 1935.

Le Congrès de Berlin de l'Association Internationale des Ponts et Charpentes

L'Association Internationale des Ponts et Charpentes tiendra, comme il a déjà été annoncé précédemment, son deuxième Congrès international du 1^{er} au 11 octobre 1936, à Berlin et à Munich. Du 1^{er} au 8 octobre auront lieu séances de travail dans les locaux de l'Ecole Polytechnique de Berlin-Charlottenburg, pendant lesquelles seront discutés les thèmes suivants :

- I. La ductilité de l'acier. Sa définition. Manière d'en tenir compte dans la conception et le calcul des ouvrages, notamment des ouvrages hyperstatiques.
- II. Sollicitations et coefficients de sécurité dans les constructions en béton armé, au point de vue du constructeur.
- III. Pratique des constructions soudées.
- IV. Tendances actuelles dans le calcul et la construction des ponts et charpentes en béton armé.
- V. Etude théorique et expérimentale des points singuliers des constructions métalliques rivées ou soudées (nœuds, goussets, points d'application des charges concentrées, etc.).
- VI. Application du béton et du béton armé aux travaux hydrauliques (barrages, conduites, galeries sous pression, etc.).
- VII. Application de l'acier dans la construction des ponts et charpentes et dans la construction hydraulique.
- VIII. Etude des terrains.

Le Congrès continuera par une excursion tech-

N° 10 - 1936



Maximum de sécurité

nique à Dresde, Bayreuth, avec visite des nouvelles auto-routes allemandes jusqu'à Berchtesgaden et sera terminé par une séance de clôture solennelle qui aura lieu dans le « Deutsches Museum » de Munich. Diverses réceptions officielles, manifestations et excursions sont d'autre part prévues au programme du Congrès. Le Congrès offre, autant par la qualité des travaux présentés et l'autorité de leurs auteurs que par les nombreuses excursions et visites prévues au programme, un intérêt exceptionnel pour les congressistes. Le Gouvernement allemand a accepté le patronage officiel du Congrès, dont le Comité d'organisation est présidé par M. le D^r Todt, Inspecteur général des routes et Président des organisations techniques allemandes.

Le Gouvernement belge a désigné, pour le représenter à ce Congrès, une délégation présidée par M. P. De Heem, Directeur général des Ponts et Chaussées, Président du Groupement belge de l'Association Internationale des Ponts et Charpentes.

Font notamment partie de cette délégation : MM. Eug. François, Professeur à l'Université de Bruxelles, Vice-Président du Centre belgo-luxembourgeois d'Information de l'Acier, et L. Rucquoi, Directeur du Centre belgo-luxembourgeois d'Information de l'Acier, Secrétaire du Groupement belge de l'Association Internationale des Ponts et Charpentes.

La 5^e Conférence Internationale des Centres d'Information de l'Acier, à Berlin du 2 au 7 octobre 1936

Les Centres d'Information de l'Acier tiendront leur réunion annuelle à Berlin du 2 au 7 octobre 1936. Des représentants des organismes d'Allemagne, de Belgique-Luxembourg, des Etats-Unis, de France, de Grande-Bretagne, d'Italie, de Hollande, de Pologne, de Roumanie, de Suisse et de Tchécoslovaquie participeront à cette réunion. Le Centre belgo-luxembourgeois d'Information de l'Acier y sera représenté par son Vice-Président, M. le Professeur Eug. François, et par son Directeur, M. L. Rucquoi.

Cette réunion fait suite à celles de Paris en 1932, de Düsseldorf en 1933, de Londres en 1934 et de Bruxelles en 1935 ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Voir L'OSSATURE MÉTALLIQUE, n° 2-1932, p. 45 et n° 3-1932, p. 77 (Conférence de Paris), n° 4-1933, p. 193 (Con-

Minimum d'encombrement

La Conférence de Berlin consacra une partie de son temps à l'exposé et à la discussion des rapports d'activité des différents organismes représentés. Ces rapports feront l'objet d'un compte rendu détaillé dans le prochain numéro de *L'Ossature Métallique*.

Des exposés seront présentés, suivis de discussion, sur les sujets suivants :

Les règlements relatifs à la construction métallique, par L. RUCQOI ;

L'influence des nouvelles méthodes de construction, de la technique de la soudure et de l'acier à haute résistance, sur l'emploi de l'acier pour ponts et charpentes, par M. ERLINGHAGEN ;

L'emploi de l'acier pour la défense passive anti-aérienne, par M. SCHOSZBERGER ;

La collaboration de l'architecte, de l'ingénieur et de l'entrepreneur dans la construction à ossature métallique, par M. MENSCH ;

Acier ou béton, par E. A. VAN GENDEREN STORT.

Nous publierons ultérieurement les comptes rendus de ces différents exposés.

La reprise industrielle aux Etats-Unis

La production sidérurgique américaine, qui était tombée, en 1932, à 12 % de la capacité de production des usines, se maintient actuellement régulièrement entre 70 et 80 %. La moyenne pour l'année 1936 s'établissait fin août à 63,7 %, contre 45,9 % pour la même période en 1935, et 41,6 % en 1934.

Le volume de commandes enregistré par les ateliers de construction, en juillet 1936, s'élève, d'après les statistiques de l'*American Institute of Steel Construction*, à 188.053 tonnes, soit une augmentation de 185 % par rapport à juillet 1935. Ce tonnage ne représente toutefois encore que les 80,4 % de la moyenne annuelle des commandes pour la période 1928-1931. Le volume total des commandes inscrites de janvier à juillet 1936 s'élève à 938.000 tonnes, soit 57,3 % de la moyenne 1928-1931.

Notre Concours d'architecture pour l'étude d'un immeuble à appartements en ossature métallique

C'est sur l'un des terrains surmontant les tunnels de la jonction Nord-Midi que le Centre belgo-

férence de Düsseldorf), n°s 7/8-1934, p. 392 et n° 10-1934, p. 491 (Conférence de Londres), n° 6-1936, p. 297 et n°s 7/8-1935, p. 413 (Conférence de Bruxelles).



Sauvegardez l'avenir Construisez en acier!

luxembourgeois d'Information de l'Acier invitera prochainement les architectes belges et luxembourgeois à étudier le projet d'un immeuble à appartements de 8 étages ou plus, en ossature métallique. Le Conseil d'administration de l'Office national pour l'Achèvement de la Jonction Nord-Midi a marqué, en sa séance du 15 septembre, son accord sur notre proposition, dont il apprécie le grand intérêt.

Le jury chargé de juger le concours organisé par le Centre belgo-luxembourgeois d'Information

de l'Acier a été appelé à arrêter les termes du règlement et du programme du concours (1). Sauf imprévu, ces documents paraîtront dans le prochain numéro de *L'Ossature Métallique*.

Rappelons que le Centre belgo-luxembourgeois d'Information de l'Acier met à la disposition du jury une somme de 100.000 francs pour être répartie entre les auteurs des meilleurs projets.

(1) La composition du jury a été donnée dans *L'Ossature Métallique*, n° 3, 1936, p. 150.

Ouvrages récemment parus dans le domaine des applications de l'acier

A Manual of Photo-Elasticity for Engineers (Manuel de photo-élasticité pour ingénieurs)

par L. N. G. FILON

Un ouvrage de 140 pages, format 12 × 18,5 cm, illustré de 27 figures. Edité par The University Press à Cambridge, 1936. — Prix : 5 shillings.

Le but de cet ouvrage est de donner à l'expérimentateur, qui fait usage des méthodes photo-élastiques pour étudier les distributions de tensions d'un problème déterminé de résistance de matériaux, un petit manuel suffisamment complet, qui lui permettra d'utiliser au mieux ses différents appareils.

Comme son titre l'indique, l'ouvrage est destiné aux ingénieurs. La partie physique de la photo-élasticité n'y est pas développée, mais des données et directives générales empêcheront le lecteur de commettre des erreurs grossières dans ce sens.

Les six chapitres qui composent l'ouvrage s'intitulent : I. — Lumière polarisée. II. — Tension uniforme. III. — Exploration optique de la tension non-uniforme. IV. — Le modèle. V. — Le polariscope et le système optique. VI. — La mesure indépendante de $P + Q$ (somme des tensions principales).

V.D.I. Jahrbuch 1936. Die Chronik der Technik (Annuaire de la V.D.I. 1936. Chronique de la Technique)

Un volume de 192 pages, format A5 (148 × 210 mm). Edité par V.D.I.-Verlag, Berlin, 1936. — Prix : 3,50 Rmk.

Les progrès de la technique moderne sont à

l'heure actuelle tellement rapides, que nombreux sont les techniciens qui n'ont pas la possibilité de suivre ce qui s'accomplit dans les différents domaines de l'art de l'ingénieur.

L'ouvrage édité par V.D.I., en 1936, pour la troisième fois, présente un grand intérêt pour ceux qui désirent avoir une vue d'ensemble sur les progrès réalisés au cours d'une année, dans toutes les branches de la technique.

Il est en effet formé par une suite de résumés donnant les principaux faits et découvertes acquis en une année.

Le travail est fait par 85 ingénieurs spécialistes. Remarquons tout particulièrement que les notes bibliographiques extrêmement nombreuses, permettent au lecteur d'approfondir l'étude de la question qui l'intéresse.

Schweisstechnik II (Technique de la Soudure)

Brochure de 67 pages format A4 (210 × 297 mm), illustré de 275 figures et contenant 27 tableaux. Edité par V.D.I.-Verlag, Berlin, 1936. — Prix : 4,50 Rmk.

Recueil d'articles intéressants parus au cours de ces dernières années dans *Zeitschrift des V.D.I.* et concernant la soudure. Ce recueil est divisé en quatre parties intitulées : Etude. — Matériaux. — Méthodes de travail. — Essais.

Notons les articles concernant la soudure des aciers à haute résistance et la résistance à la corrosion des soudures.

Un recueil semblable, portant le numéro I, a été publié en 1926.

N° 10 - 1936



Maximum de sécurité

An Introduction to the Theory of Elasticity for Engineers and Physicists (Introduction à la théorie de l'élasticité pour ingénieurs et physiciens)

par R. V. SOUTHWELL

Un volume de 509 pages, format 15,5 × 23,5 cm, illustré de 119 figures. Edité par « The Clarendon Press », Oxford. — Prix : 30 shillings.

Le développement moderne de l'art de l'ingénieur demande une connaissance de plus en plus approfondie de la théorie de l'élasticité. En effet, les grandes vitesses ont introduit le problème complexe des vibrations, l'aéronautique et les alliages légers ont poussé le problème de la construction. Les concentrations des tensions accidentelles ou prévues amènent des conséquences qui ne peuvent plus être ignorées. Les essais de matériaux sont devenus plus approfondis et ils doivent être interprétés en s'aidant de la théorie de l'élasticité.

Le remarquable ouvrage de M. Southwell permettra à l'ingénieur de résoudre facilement un grand nombre de problèmes pratiques. En effet, en plus de la partie théorique, on y trouve de nombreux exemples empruntés à la technique moderne. Pour le lecteur qui veut approfondir l'étude de l'élasticité au point de vue théorique, ce travail semble particulièrement bien indiqué comme point de départ.

Statische Tabellen (tableaux numériques)

Un recueil de 305 tableaux, format A4 (210 × 297 mm) édité par « Verband Schweizerischer Brückenbau- und Eisenhochbau-Fabriken », Zurich, 1936.

Le « Verband Schweizerischer Brückenbau- und Eisenhochbau-Fabriken », Centre suisse d'Information de l'Acier, a publié un recueil de tableaux, très utile pour l'emploi journalier dans les ateliers de constructions métalliques.

Ces tableaux concernent notamment tous les profils usuels sollicités par flambement. On trouve également dans ce recueil pratique des tableaux et renseignements relatifs à la résistance des joints de soudure et de différentes vis, surface à peindre des profilés, poids de rivets et de vis, etc.

Recherches et inventions

N° 261 de la revue mensuelle publiée par l'Office National des Recherches et Inventions, à Bellevue (France), 166 pages, format 21,5 × 27 cm, mai-juin 1936. — Prix : 8 francs français.

Ce numéro est entièrement consacré à la lutte contre le bruit. Il contient le règlement du concours organisé en 1935 par le Touring-Club de France avec la collaboration de l'Office National

Minimum d'encombrement

des Recherches et Inventions et du Laboratoire d'Essais du Conservatoire National des Arts et Métiers de Paris, la description détaillée et les résultats des essais phoniques auxquels furent soumis les différents matériaux présentés.

Arcos, revue des applications de la soudure à l'arc, n° 74, juillet 1936, revue éditée par La Soudure Electrique Autogène, S. A., à Bruxelles.

Sommaire :

Représentation conventionnelle des soudures sur les dessins ;
Le calcul de la consommation d'électrodes ;
Soudure d'un four électrique ;
Applications de la soudure à l'arc à l'entretien des voies de tramways ;
L'exécution des éprouvettes pour le contrôle des soudures ;
Une nouvelle électrode Arcos, Stabilend B ;
Note sur quelques appareils en acier inoxydable construits par soudure ;
Etude élémentaire des tensions et déformations de retrait déterminées par soudure à l'arc, par D. ROSENTHAL, Dr. Sp. Ing. A.I.Br., Bruxelles ;
Chronique des travaux.

Technique de la Soudure et du Découpage, n° 29, mai-juin 1936, revue éditée par L'Oxyhydrique Internationale, S. A., à Bruxelles.

Sommaire :

Le XII^e Congrès International de l'Acétylène ;
Le II^e Congrès de l'Association Internationale des Ponts et Charpentes ;
La soudure oxy-acétylénique d'un acier au chrome-molybdène, par Willy BONHOMME ;
La trempe superficielle oxy-acétylénique appliquée aux surfaces cylindriques ;
A propos de la soudo-brasure ;
Notre nouvelle machine à souder ;
Bibliographie.

Catalogues :

Eternit, prix courant général n° 2.

Brochure de 42 pages, format 14 × 22,5 cm, éditée par la S. A. Eternit, à Cappelle-au-Bois, 1936.

Le nouveau catalogue de la Société Eternit est divisé en plusieurs parties :

- 1° Ardoises, plaques planes, plaques ondulées ;
- 2° Pièces moulées diverses ;
- 3° Tuyaux type « Bâtiment » ;
- 4° Gouttières ;
- 5° Hourdis.

On trouve dans ce catalogue tous les renseignements nécessaires pour la commande de ces pièces : dimensions, prix, conditions de vente, etc.



Documentation Bibliographique

Résumé des articles relatifs aux applications de l'acier parus dans la presse technique ⁽¹⁾

L'OSSATURE MÉTALLIQUE a publié dans son n° 1-1936, pp. 39-41,
le tableau d'indexation des matières qui a été adopté pour la présente rubrique

Généralités

12.1/43. — La situation sidérurgique en 1935 en France. — *Gén. Civ.*, n° 25, 20 juin 1936, pp. 587-588.

Résumé du rapport présenté au Comité des Forges le 14 mai. Situation des principales industries sidérurgiques.

13.1/31. — Derniers perfectionnements dans la fabrication de l'acier au chrome 18-8. — *Rev. Industr.*, n° 175, juin 1936, p. 231, 3 fig.

Voir fiche 54.15/4.

13.1/32. — Aciers modernes pour construction métallique. — *Rev. Dess. Techn.*, n° 7, juill. 1936, pp. 136-137.

L'auteur passe rapidement en revue les principaux aciers modernes fabriqués en Europe et en Amérique.

13.2/19. — Les tôles en acier recouvertes de nickel. — B. TRAUTMANN, *V.D.I.*, n° 25, 20 juin 1936, pp. 785-787, 5 fig.

Voir fiche 36.0/20.

13.3/3. — La trempe superficielle oxy-acétylénique appliquée aux surfaces cylindriques. — *Techn. de la Soud. et du Découpage*, n° 29, mai-juin 1936, pp. 522-531, 19 fig.

Procédé par rotation lente. Procédé par déplacement longitudinal du dispositif de trempe, procédé par rotation rapide. Champs d'application des différents procédés.

14.11/27. — La sollicitation du vent sur les bâtiments. — *Editorial Engineering*, 31 juillet 1936, pp. 123-124.

Commentaires sur le 5^e rapport périodique du Comité d'étude du contreventement des bâtiments en acier de la Société Américaine des Ingénieurs Civils. Rappel des travaux effectués et actuellement en cours sur ce sujet en Angleterre.

14.21/34. — Méthode pour l'étude de déforma-

tions au moyen de couches de vernis. — I. P. PROKOFHEV, *Vestn. Inj. i Tehn.*, n° 7, juill. 1936, pp. 411-417, 12 fig.

Voir fiche 14.40/13.

14.21/35. — Calcul de portiques simples. — C. DEMARS, *Rev. Univ. Mines*, n° 7, juill. 1936, pp. 282-292, 10 fig.

Voir fiche 14.30/69.

14.21/36. — Analogie théorique, entre la méthode de « sollicitants » et celle de déformations, appliquée à l'étude des systèmes hyperstatiques. — A. BIRGUER, *Travaux*, n° 42, juin 1936, pp. 269-272, 20 fig.

Etude des systèmes hyperstatiques aux points de vue externe et interne. Choix du système isostatique de référence. Calcul des inconnues hyperstatiques.

14.30/69. — Calcul de portiques simples. — C. DEMARS, *Rev. Univ. Mines*, n° 7, juill. 1936, pp. 282-292, 10 fig.

Calcul des cadres dissymétriques (au double point de vue géométrique et élastique). L'auteur se base sur l'équation générale d'élasticité de B. de Fontviolant.

14.40/13. — Méthode pour l'étude de déformations au moyen de couches de vernis. — I. P. PROKOFHEV, *Vestn. Inj. i Tehn.*, n° 7, juill. 1936, pp. 411-417, 12 fig.

Etude au moyen de vernis de certaines pièces sollicitées (notamment pièces percées de trous). Photographies montrant les lignes isostatiques. Composition du vernis utilisé.

14.41/30. — Essais de huit colonnes en I en acier au manganèse. — A. H. STANG, H. L. WHITTEMORE et L. R. SWEETMAN, *Journ. Research*, n° 6, juin 1936, pp. 595-626, 22 fig.

Voir fiche 31.0/41.

15.31/9. — Amélioration des propriétés des baguettes d'apport par addition d'éléments. — A. B. KINZEL, *Steel*, n° 26, 29 juin 1936, pp. 49 et 61.

Extrait du rapport présenté au XII^e Congrès International de l'Acétylène à Londres, en juin 1936. L'auteur étudie la composition des baguettes d'apport et l'influence des éléments additionnels tels que silicium et manganèse.

(1) La liste des quelque 275 périodiques reçus par notre Association, a été publiée dans le n° 1-1936, pp. 42-45, n° 4-1936, p. 207 et n° 9-1936, p. 421 de L'OSSATURE MÉTALLIQUE. Ces périodiques peuvent être consultés en la salle de lecture du Centre belgo-luxembourgeois d'Information de l'Acier, 54, rue des Colonies, à Bruxelles, ouverte de 8 à 17 heures tous les jours ouvrables (les samedis : de 8 à 12 heures).





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



BEAUTÉ
SOLIDITÉ
TRANSPARENCE

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

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

Association des Manufactures de Glaces de l'Europe Continentale

11, rue du Gentilhomme, BRUXELLES

Téléphone : 11.24.37

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



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

Glacetex et Securit



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

Sauvegardez l'avenir

15.31/10. — La soudure oxy-acétylénique d'un acier au chrome-molybdène. — W. BONHOMME, *Techn. Soud. et Découp.*, n° 29, mai-juin 1936, pp. 515-522, 7 fig.

L'auteur étudie en détail l'influence des composants de cet acier à haute résistance et donne les résultats favorables d'essais exécutés sur tôles d'un millimètre.

15.32/11. — La soudure au galet. Son perfectionnement, ses possibilités. — A. KLOPFERT, *Oss. Mét.*, nos 7-8, juill.-août, pp. 341-344, 7 fig.

Description générale de la marche des machines à souder au galet. Procédés de rupture mécanique et électrique. Photographies d'oscillogrammes. L'auteur montre les possibilités de ce genre de procédé.

15.32/12. — Nouvelle machine à souder. — *Technique de la Soudure et du Découpage*, n° 29, mai-juin 1936, pp. 534-537, 6 fig.

Machine automatique pour la soudure longitudinale des viroles cylindriques caractéristiques.

15.33/34. — La résistance et le calcul des assemblages soudés en chaudronnerie et dans la construction de tuyaux. — M. Roš et A. EICHINGER, *Annales Suisses*, n° 5, mai 1936, pp. 105-112, 16 fig.

Voir fiche 36.0/22.

15.34 b/14. — Pont soudé à poutre cantilever. — *Eng. News-Rec.*, n° 23, 11 juin 1936, p. 849, 1 fig.

Voir fiche 20.12 a/57.

15.34 d/5. — Soudure d'embranchements et de fonds de chaudières. — *Journ. de la Soudure*, n° 6, juin 1936, pp. 182-184, 3 fig.

Voir fiche 36.5/2.

15.34 d/6. — Réservoirs cylindriques soudés sur barge pour le transport de l'essence. — E. H. SYKES, *Weld. Engineer*, n° 5, mai 1936, p. 48, 1 fig.

Voir fiche 36.1/10.

15.36 a/45. — La construction soudée des machines agricoles. — *Soudure*, n° 3, mai-juin 1936, pp. 83-90, 17 fig.

Voir fiche 50.0/11.

15.36 c/22. — Emploi de la soudure pour la construction des bibliothèques. — S. BRYLA, *Spaw. i Cijeci Metali*, n° 6, juin 1936, pp. 98-101, 8 fig.

Voir fiche 31.31/21.

15.36 d/3. — Les assemblages soudés en chaudronnerie et en construction de réservoirs. — E. HÖLEN, *Annales Suisses*, n° 5, mai 1936, pp. 113-127, 31 fig.

Voir fiche 36.0/23.

Ponts

20.0/61. — Concours pour étudiants. — *Amer. Archit.*, n° 2, juin 1936, p. 8.

Voir fiche 61/20.

Construisez en acier!

20.0/62. — Concours des plus beaux ponts de 1935. — *Steel Constr.*, n° 5, juill. 1936, p. 3, 6 fig.

Voir fiche 61/21.

20.0/63. — Acier ou ciment. — E. GALASSINI, *Casabella*, nos 102-103, 1936, pp. 52-55, 10 fig.

Voir fiche 57.1/4.

20.11 a/62. — Reconstruction de la gare du Jardin Zoologique à Berlin. — *Zft. V.D.I.*, n° 28, 11 juill. 1936, pp. 845-850.

Voir fiche 31.33/10.

20.12 a/57. — Pont soudé à poutre cantilever. — *Eng. News-Rec.*, n° 23, 11 juin 1936, p. 849, 1 fig.

Brève description d'un pont-route entièrement soudé, construit récemment à Tabata Station par le Gouvernement japonais. Trois travées. Portée 40 + 53 + 40 mètres. Une économie de 17 % en poids d'acier a été réalisée grâce à l'emploi de la soudure.

20.13 a/24. — Les travaux du nouveau pont de Chelsea (Angleterre). — *Nation. Build.*, n° 12, juill. 1936, pp. 410-412.

Voir fiche 20.13 c/18.

20.13 b/7. — Calcul des haubans ou câbles de tête des ponts suspendus et des efforts qui en résultent dans les différentes travées. — M. BACHER, *Travaux*, n° 42, juin 1936, pp. 273-275, 5 fig.

Brève étude des câbles de ponts suspendus à travées multiples.

20.13 c/18. — Les travaux du nouveau pont de Chelsea (Angleterre). — *Nation. Build.*, n° 12, juill. 1936, pp. 410-412.

On construit un nouveau pont suspendu à Chelsea. Il s'agit d'un pont suspendu à ancrage intérieur. Détail du montage d'une partie du tablier amené en place par tronçon entièrement achevé.

20.14 a/22. — Le pont Henry Hudson à arc encastré, à New-York. — *Eng. News-Rec.*, n° 22, 9 juill. 1936, p. 65.

La travée principale du pont Henry Hudson à New-York comporte un arc encastré en acier de 240 mètres de portée. La hauteur à la clef est de 37 mètres.

20.14 a/23. — Viaduc à arches métalliques. — J. R. BURKEY, *Eng. News-Rec.*, n° 22, 9 juill. 1936, pp. 37-41, 7 fig.

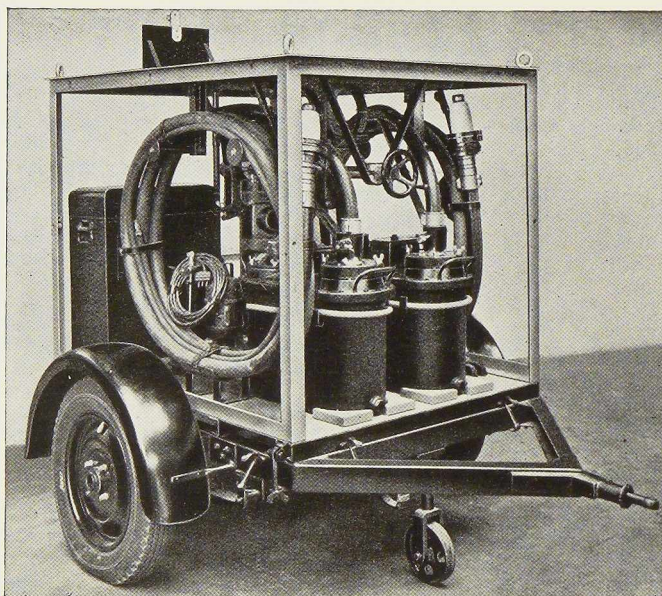
Description de la construction d'un viaduc en acier. Il comporte quatre travées en arc de 72 + 78 + 78 + 72 mètres de portée environ et de deux travées d'approche de 17,5 et 12 mètres de portée. Les arcs sont à deux rotules. Ce viaduc est situé à Cleveland (Ohio).

20.14 a/24. — Inauguration du pont de Tasquillo sur le chemin Mexico-Nuevo Laredo (Mexique). — *Rev. Arch. de Ingeniería y Arquitectura*, n° 6, juin 1936, pp. 319-325, 5 fig.

Quelques détails sur un pont en arc de

N° 10 - 1936







**EXAMEN DES MATÉRIAUX
PAR LES RAYONS X**

Au moyen de cette installation on peut radiographier sur place.

L'examen de grandes chaudières de navires, d'installations de chemins de fer, ponts et tunnels, peut se faire sans difficulté du fait que l'installation à rayons X peut être transportée facilement.

REMOREQUE AVEC INSTALLATION A RAYONS X

S. A. SIEMENS · 116, CHAUSSÉE DE CHARLEROI, BRUXELLES · TÉLÉPHONE 37.31.05

S. A. BELGE DES

**FOURS STEIN ET
COMBUSTION RATIONNELLE**

68, Bd de la Sauvenière

L I E G E

Filiale de la S. A. des Fours et Appareils Stein, Paris

Installation de fours métallurgiques, Générateurs "Aérocalor", pour chauffage d'ateliers, églises, écoles, locaux divers ainsi que pour séchoirs industriels. Foyers automatiques "F.A.S.", et "Autocalor G.C.", utilisant les petits combustibles industriels bon marché pour le chauffage des fours, chaudières industrielles et de chauffage central. Catalogues et références sur demande. Nombreuses installations dans le monde entier.

Représentant en Belgique de la Sté Ame des Foyers Automatiques de Roubaix (F.A.F.A.)

Maximum de sécurité

- 90 mètres d'ouverture à construction en treillis à tablier supérieur.
- 20.14 d/3. — **Essais de membrures en acier du pont de Bayonne (New-York).** — A. H. STANG, H. L. WHITTEMORE, L. R. SWEETMAN, *Journ. Research.*, n° 6, juin 1936, pp. 627-637, 8 fig.
Voir fiche 20.31/4.
- 20.31/4. — **Essais de membrures en acier du pont de Bayonne (New-York).** — A. H. STANG, H. L. WHITTEMORE, L. R. SWEETMAN, *Journ. Research.*, n° 6, juin 1936, pp. 627-637, 8 fig.
Méthode d'exécution et résultats des essais. Des sections de membrures en acier au manganèse du type en double caisson ont été essayées à la compression axiale. Description du mode de rupture. Ces essais ont été faits avec des éléments exécutés à l'échelle 1/2. Conclusions.
- 20.33/18. — **Le tablier en tôle soudée du Triborough Bridge à New-York.** — *Steel*, 15 juin 1936, pp. 42-43, 1 fig.
Le tablier de cet important ouvrage est en tôle soudée. Détails d'exécution.
- 20.33/19. — **Remplacement d'un platelage en bois par un platelage en grillage d'acier sur un pont endommagé pendant les inondations.** — H. S. AYRES, *Eng. News-Rec.*, n° 23, 11 juin 1936, pp. 845-846, 3 fig.
Le platelage en bois d'un pont ayant été enlevé pendant les inondations à Pittsburg (E.-U.), on l'a remplacé par un platelage en grillage d'acier. Avantage de ce système : légèreté et rapidité d'exécution.

Charpentes

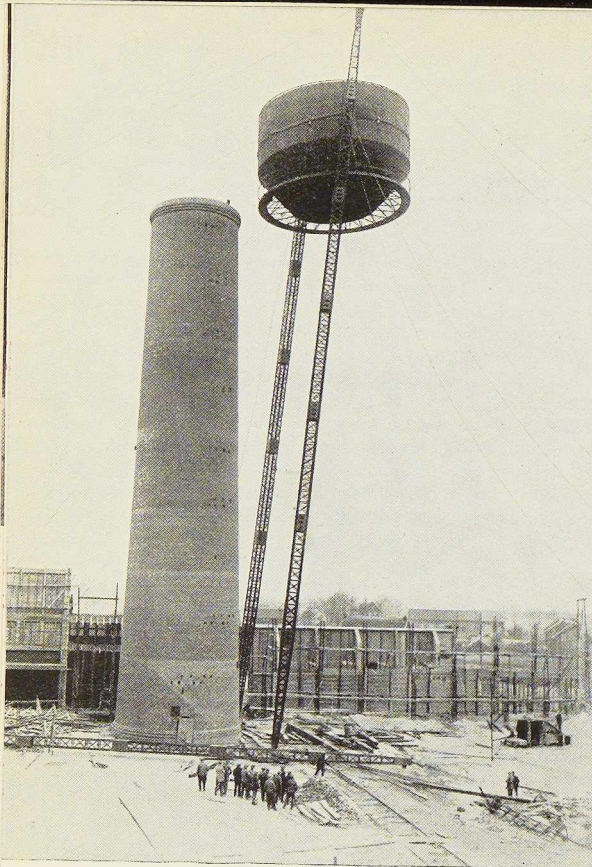
- 30.3/62. — **Le nouvel aéroport de Gatwick.** — *Engineer*, 12 juin 1936, pp. 628-630, 6 fig.
Voir fiche 43.0/9.
- 30.3/63. — **Le nouvel entrepôt à marchandises de Portsmouth, pour le Southern Railway (Angleterre).** — *Railw. Gaz.*, n° 3, 17 juill. 1936, pp. 108-110, 4 fig.
Nouvel entrepôt présentant toutes les facilités pour le transbordement des marchandises de la route sur le rail. Brève description de la charpente métallique.
- 30.3/64. — **Les nouveaux hangars métalliques du Ministère de l'Air français.** — M. AIMOND, *Oss. Mét.*, nos 7-8, juill.-août 1936, pp. 335-340, 10 fig.
Avantages de l'acier pour la construction des hangars d'aviation : possibilité des modifications et agrandissements faciles de ces hangars, construction rapide et économique. Exemples de hangars récemment réalisés en France.
- 30.3/65. — **Hangar type.** — *Steel Construction*, n° 3, mai 1936, p. 4, 2 fig.

Minimum d'encombrement

- Hangar type adopté par le Gouvernement des Etats-Unis : portée de 30 mètres franchie par des fermes à béquilles.
- 30.3/66. — **Le Pôle Nord à Bruxelles. Exemple d'adaptabilité des constructions en acier.** — *Oss. Mét.*, nos 7-8, juill.-août 1936, pp. 353-354, 3 fig.
Voir fiche 30.8/2.
- 30.4/22. — **Echafaudages et tribunes en tubes d'acier.** — *Techn. Blätter.*, n° 30, 26 juill. 1936, p. 483, 2 fig.
Pendant les Jeux Olympiques de Berlin en 1936, trois tribunes en tubes d'acier de 6.220, 2.800 et 2.800 places furent montées en deux jours et trois nuits.
- 30.4/23. — **La tribune provisoire en tubes d'acier du parvis Notre-Dame.** — Th. MOREAU, *Génie Civil*, n° 2, 11 juill. 1935, pp. 39-41, 7 fig.
Voir fiche 30.6/17.
- 30.6/17. — **La tribune provisoire en tubes d'acier du parvis Notre-Dame.** — Th. MOREAU, *Génie Civil*, n° 2, 11 juill. 1935, pp. 39-41, 7 fig.
L'auteur décrit la tribune de 10.000 personnes de 113^m61 de longueur construite sur le parvis Notre-Dame à Paris. Construction en tube d'acier à assemblages par boulons.
- 30.6/18. — **Echafaudages tubulaires.** — *Tubes et Tuyaux*, n° 2, janv. 1936, pp. 7-20, 13 fig.
Différents exemples très caractéristiques des vastes possibilités de l'échafaudage tubulaire. Echafaudages, tribunes, ponts, tours, etc.
- 30.6/19. — **L'échafaudage du parvis Notre-Dame à Paris.** — *Constr. Mod.*, n° 38, 21 janv. 1936, pp. m-v, 5 fig.
Courte description d'un échafaudage tubulaire de 200 tonnes utilisé pour des représentations théâtrales à Paris.
- 30.8/2. — **Le Pôle Nord à Bruxelles. Exemple d'adaptabilité des constructions en acier.** — *Oss. Mét.*, nos 7-8, juill.-août 1936, pp. 353-354, 3 fig.
Description d'un ancien bâtiment en construction métallique qui a subi de nombreuses transformations au cours de son existence. Détails sur un agrandissement réalisé dernièrement.
- 31.0/41. — **Essais de huit colonnes en I en acier au manganèse.** — A. H. STANG, H. L. WHITTEMORE et L. R. SWEETMAN, *Journ. Research*, n° 6, juin 1936, pp. 595-626, 22 fig.
Description des essais et de leur organisation. Détermination des caractéristiques de colonnes essayées. Conclusions. Le profil de ces colonnes de section importante était composé par rivure de tôles et cornières.
- 31.1/36. — **L'immeuble des journaux Paris-Soir et Paris-Midi.** — *Constr. Mod.*, n° 40, 5 juill. 1936, pp. 809-820, 17 fig.
Voir fiche 31.2/102.
- 31.1/37. — **La manufacture de tabac de Linz.** — *Modern. Bauform.*, n° 7, juill. 1936, pp. 365-388.

N° 10 - 1936



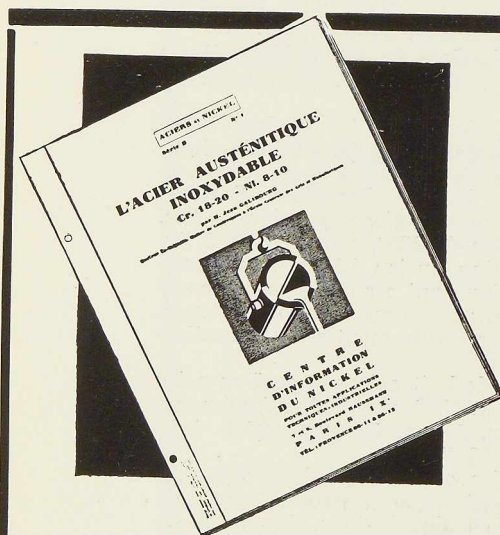


SOCIÉTÉ ANONYME DES
CHAUDRONNERIES
DÔME FRES & C^o

JEMEPPE-SUR-MEUSE
RUE ERNEST SOLVAY

Chaudières de différents systèmes, châteaux d'eau, gazomètres, tanks, réservoirs, autoclaves, bacs, fours à ciment, mélangeurs, malaxeurs, cuves, wagonnets, tuyauteries de fortes dimensions, etc.

**TOUS TRAVAUX EN TOLES
D'ACIER RIVÉES ET SOUDÉES**



Cette brochure traite des propriétés chimiques, physiques et mécaniques, de l'élaboration et mise en œuvre, et des applications industrielles des aciers inoxydables (Cr. 18-20; Ni. 8-10).

Demandez également le service gratuit de la "Revue du Nickel" paraissant tous les 3 mois.

DOCUMENTATION TECHNIQUE

ENVOI GRATUIT

sur demande de
notre brochure

**"L'ACIER AUSTÉNITIQUE
INOXYDABLE"**

**Centre d'Information du Nickel,
22, Place de Brouckère - Bruxelles**

Messieurs,

Veillez m'envoyer la brochure B-1 "L'Acier Austénitique Inoxydable", à titre entièrement gratuit et sans le moindre engagement de ma part.

Nom

Titre

Adresse

Prière d'écrire très lisiblement.

Sauvegarder l'avenir

Description abondamment illustrée d'un remarquable ensemble industriel construit en Autriche. L'un des bâtiments a 287 m de longueur. Vues intérieures, détails constructifs.

31.1/38. — **Usine construite en charpente soudée.** — *Eng. News-Rec.*, n° 3, 16 juill. 1936, pp. 90-93, 5 fig.

Une importante usine pour construction de locomotives Diesel a été construite à La Grange (Illinois). Environ 2.000 tonnes d'acier furent employées. Détails de quelques assemblages soudés.

31.1/39. — **Montage d'une usine comprenant neuf bâtiments en charpente soudée, pour la construction de locomotives.** — *Constr. Meth.*, n° 7, juill. 1936, pp. 28-30, 10 fig.

Une importante usine pour construction de locomotives Diesel a été bâtie à La Grange (Illinois, Etats-Unis). La charpente est en acier soudé et comporte environ 2.000 tonnes d'acier de construction et 7,5 tonnes d'électrodes. Description de la construction et du matériel de montage.

31.2/102. — **L'immeuble des journaux Paris-Soir et Paris-Midi.** — *Constr. Mod.*, n° 40, 5 juill. 1936, pp. 809-820, 17 fig.

Vaste immeuble de coin comprenant tous les services d'un grand journal et ayant en tout treize étages, dont quatre en sous-sol. L'ossature métallique a permis de réduire au minimum les poteaux intérieurs traversant les salles de l'imprimerie.

31.31/19. — **Groupe scolaire des Cabœufs à Asnières.** — *Arch. d'Auj.*, n° 5, 1936, pp. 23-25, 6 fig.

Quelques photographies d'un vaste groupe scolaire. Bâtiments, halls et galeries à ossature métallique et remplissage en briques.

31.31/20. — **Réalisations d'ossatures soudées.** — *Soudure*, n° 2, mars-avril 1936, pp. 57-59, 8 fig. Description générale de la construction des nouveaux bâtiments de l'Université de Liège.

31.31/21. — **Emploi de la soudure pour la construction des bibliothèques.** — S. BRYEA, *Spaw. i Ciscie Metali*, n° 6, juin 1936, pp. 98-101, 8 fig.

Exigences auxquelles doivent répondre les bâtiments pour bibliothèques. Description de la construction soudée de la bibliothèque des Jagellons à Cracovie.

31.31/22. — **Nouvelles écoles élémentaires de l'Amérique.** — R. J. NEUTRA, *Arch. d'Auj.*, n° 5, mai 1936, pp. 49-55, 11 fig.

Ce que doit être l'école moderne. Type de bâtiment à éléments cellulaires à ossature métallique.

31.31/23. — **Groupe scolaire à Asnières.** — *Arch. d'Auj.*, n° 5, mai 1936, pp. 23-25, 6 fig.

Groupe scolaire d'une trentaine de classes.

Construisez en acier!

Ossature métallique permettant de grandes surfaces vitrées.

31.32/6. — **La nouvelle Maternité de la Croix-Rouge à Luxembourg.** — *Oss. Mét.*, nos 7-8, juill-août 1936, pp. 325-334, 21 fig.

Raison d'être de l'ossature métallique. Description générale. Détails constructifs. Cet article montre bien les avantages de la construction métallique dans le domaine des bâtiments pour centres médicaux, notamment au point de vue isolation phonique.

31.33/10. — **Reconstruction de la gare du Jardin Zoologique à Berlin.** — *Z.V.D.I.*, n° 28, 11 juill. 1936, pp. 845-850.

La nouvelle gare surélevée repose sur des poutrelles laminées de grande hauteur, placées côte à côte. Les croisements avec les rues sont franchis au moyen de poutres à âme pleine, soudées.

31.33/11. — **La nouvelle gare à voyageurs de Pennsylvania Railroad à Newark.** — *Bull. du Congrès des Chem. de Fer*, n° 4, avril 1936, pp. 479-494.

Cette nouvelle gare comporte notamment un bâtiment à ossature métallique et des voies surélevées portées par des viaducs à poutre à âme pleine. Etude détaillée des installations ferroviaires.

31.33/12. — **La nouvelle gare de Market Street à Newark, dans l'Etat de New-Jersey (Etats-Unis).** — *Oss. Mét.*, n° 5, mai 1936, pp. 239-241, 5 fig.

Reconstruction d'une gare de chemin de fer dans l'Etat de New-Jersey. Le bâtiment principal est à ossature métallique; les voies surélevées sur viaducs à poutres en acier enrobées sont recouvertes par des auvents de construction particulière.

31.4/23. — **Construction soudée d'un rideau de fer pour le théâtre communal de Bologne.** — *Arcos*, n° 12, mars 1936, pp. 1406-1408, 5 fig.

Brève description d'un rideau soudé, exécuté par soudure électrique, ayant pour but d'isoler la salle de la scène en cas d'incendie. Largeur 16 m, hauteur 12 m.

31.4/24. — **Le Cinéma City-Theatre à Amsterdam.** — *Staal*, n° 3, mars 1936, pp. 32-33; n° 4, avril 1936, pp. 41-45, 15 fig.

Vaste cinéma de 1.830 places. L'ossature entièrement métallique a permis d'utiliser au maximum un terrain peu avantageux: la salle est placée diagonalement. Description de l'ossature métallique et de son remplissage.

31.4/25. — **Nouveaux bâtiments de l'Opéra de Berlin-Charlottenburg.** — J. SCHUSTER, *Stahlb.*, n° 6, 13 mars 1936, pp. 46-47, 4 fig.

Descriptions d'un bâtiment à ossature métallique appartenant à l'Opéra de Berlin-Charlottenburg. Il contient divers ateliers pour la peinture et la construction des décors. Ce bâ-

N° 10 - 1936



P É N É T R A N T E
A D H É R E N T E
I M P E R M É A B L E
É L A S T I Q U E
I N O X Y D A B L E

telles sont les principales
qualités de la PEINTURE

CELVINE

que vous offre la

C^{ie} DES LANOLINES

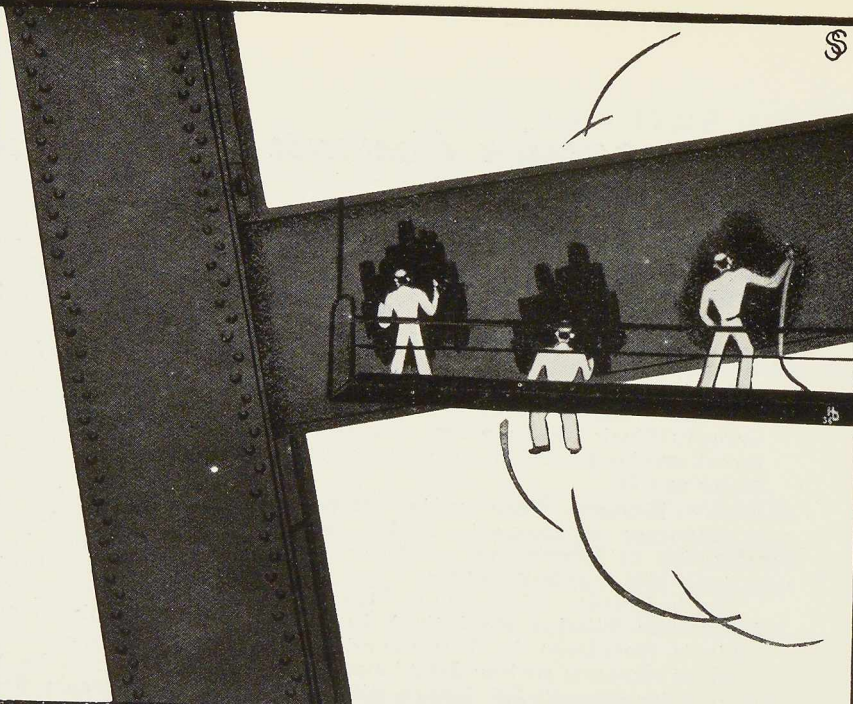
Société Anonyme

299, RUE DE BIRMINGHAM,
ANDERLECHT - BRUXELLES

TÉLÉPHONE 21.41.78

LA PEINTURE CELVINE
EXISTE EN TOUTES TEINTES.

Demandez, sans engagement pour
vous, la notice technique n° 10.



PEINTURE CELVINE

Studio Simar-Stevens, Bruxelles



ASCENSEURS & MONTE-CHARGES

A UNE OU PLUSIEURS VITESSES AVEC OU SANS
DISPOSITIF AUTOMATIQUE D'ARRÊT DE PRÉCISION

SPÉCIALITÉ : MARCHÉ SILENCIEUSE

60 ANS D'EXPÉRIENCE PLUS DE 30.000 APPAREILS FOURNIS

SCHINDLER

RUE DE LA SOURCE . BRUXELLES . Téléphone : 37.12.30 (2 lignes)

Maximum de sécurité

timent couvre une surface de $35^m10 \times 23^m30$, possède un étage en sous-sol, un rez-de-chaussée et un étage sous toit. Détails sur l'ossature.

31.4/26. — **La maison d'éducation allemande à Bayreuth.** — FRITZEN, *Stahlb.*, n° 8, 10 avr. 1936, pp. 58-60, 6 fig.

Une partie importante du bâtiment de la Maison d'Education allemande à Bayreuth est construite en ossature métallique. Surface couverte $43^m80 \times 23^m60$ et 20 m de hauteur environ. Cette construction est destinée à abriter une salle de fêtes. Tour pour observatoire également en ossature métallique.

31.6/14. — **Les tremblements de terre et la construction de ponts.** — X. I. CONEY, *B.I.A.D.*, n° 11, 1^{er} juin 1936, pp. 112-114, 8 fig.

Par de nombreux exemples intéressants, l'auteur montre que les ponts en béton armé ne doivent pas être construits dans les régions où peuvent se produire des tremblements de terre.

31.6/15. — **Déformations dans les constructions provoquées par un choc brusque de nature sismique.** — H. A. WILLIAMS, *Proceed. Am. Soc. Civ. Eng.*, n° 5, mai 1936, pp. 683-695, 7 fig.

L'analyse des enregistrements faits lors de tremblements de terre a montré qu'un choc brusque peut être suivi par des oscillations harmoniques du sol, d'une certaine durée. L'auteur fait, entre autres, une analyse théorique du problème d'un château d'eau soumis à ces vibrations harmoniques.

31.7/4. — **Les grands magasins Macy's à New-York.** — *Oss. Mét.*, n° 5, mai 1936, pp. 230-233, 3 fig.

Voir fiche 31.2/97.

32.0/12. — **Nouvelles maisons américaines tout acier.** — *Iron Age*, 7 mai 1936, p. 39, 3 fig.

Photographies et brèves descriptions de trois maisons récemment construites aux Etats-Unis, l'une à Saint-Louis par *Structo Inc.*, l'autre par *Harnischfeger Corp.* à Milwaukee, la troisième par *American Houses Inc.* à New-York.

32.0/13. — **Maisons en acier.** — *Steel*, n° 25, 22 juin 1936, p. 16.

Brève notice sur l'avenir des maisons en acier aux Etats-Unis. La Bethlehem Steel Co va bientôt ériger cinquante maisons tout acier à Lackawanna N.Y.

32.1/14. — **Maisons tout acier.** — *Steel*, 15 juin 1936, p. 8, 1 fig.

La propagande pour les maisons tout acier est faite aux Etats-Unis au moyen de maisons de démonstration ; les résultats sont des plus favorables : description d'une maison sans ossature, constituée par des panneaux en tôle.

32.2/50. — **La maison préfabriquée construite à l'Université de Purdue (Etats-Unis).** — *Eng. News-Rec.*, n° 14, 2 avr. 1936, p. 499, 1 fig.

Minimum d'encombrement

Nouvelle maison fabriquée par le General House Inc., à ossature métallique et à panneaux extérieurs en asbeste-ciment.

32.2/51. — **Maison à ossature métallique soudée à l'atelier.** — *Constr. Meth.*, n° 7, juill. 1936, pp. 32-33, 9 fig.

Une maison d'habitation à un étage à ossature métallique a été construite dans le New-Jersey (E.-U.). La charpente du toit est également en acier. Remplissage en briques.

34.4/6. — **Système de toiture V.R. en acier.** — *Staal*, n° 2, févr. 1936, pp. 22-23, 6 fig.

Système de toiture constitué par une tôle raidie par des fers U, revêtue d'une couche isolante. Détails de fixation de la tôle.

34.4/7. — **Applications de la tôle.** — *Domin. Oxweld. Tips*, n° 5, mai 1936, pp. 65-70, 6 fig.

Description de quelques installations d'éclairage par le toit, réalisées en tôle soudée.

34.5/9. — **L'acier à l'intérieur.** — *Staal*, n° 3, mars 1936, pp. 30-31.

Utilisation de l'acier dans les ferronneries intérieures : quelques applications.

34.5/10. — **Tôles en acier recouvertes de bois.** — R. A. FISKE, *Iron Age*, n° 1, 2 juill. 1936, pp. 30-33, 8 fig.

Des tôles en acier recouvertes d'une mince couche de bois sont utilisées aux Etats-Unis pour la décoration et les travaux d'ébénisterie.

35.0/7. — **Tôles en acier recouvertes de bois.** — R. A. FISKE, *Iron Age*, n° 1, 2 juill. 1936, pp. 30-33, 8 fig.

Voir fiche 34.5/10.

35.2/5. — **Baignoires en tôles.** — *Steel*, 15 juin 1936, p. 19, 3 fig.

Avantage de la tôle sur la fonte. Construction standardisée des baignoires en tôles aux Etats-Unis ; importance de cette production.

36.0/20. — **Les tôles en acier recouvertes de nickel.** — B. TRAUTMANN, *V.D.I.*, n° 25, 20 juin 1936, pp. 785-787, 5 fig.

Avantage au point de vue des attaques chimiques : diverses utilisations dans l'industrie chimique.

36.0/21. — **Soudure de deux tours de raffinage de 82 tonnes.** — E. H. PETERS, *Weld. Engineer*, avril 1936, pp. 23-24, 3 fig.

Description de la fabrication par soudure de deux tours de raffinage de 1^m83 de diamètre, 23^m20 de longueur, dont les parois ont 54 mm d'épaisseur, pour la Shell Oil Co en Californie. Soudure automatique continue ; contrôle par rayons X.

36.0/22. — **La résistance et le calcul des assemblages soudés en chaudronnerie et dans la construction de tuyaux.** — M. ROŠ et A. EICHINGER, *Annales Suisses*, n° 5, mai 1936, pp. 105-112, 16 fig.

Les auteurs donnent une méthode de calcul

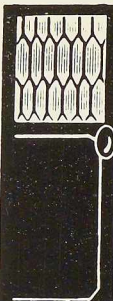


Travaux simples
et décorés

Mouchetés
et marbrés
toutes teintes

Dans vos devis
précisez bien la Marque
LE TERRAZZOLITH
gage de sécurité
et de satisfaction

Le meilleur sol - Le plus
économique - Éléphant
Solide - Durable - Au
point de vue de la qua-
lité le **TERRAZZOLITH**
est sans concurrent



Parquet Hygiénique
SANS JOINT
Terrazzolith

SUPÉRIORITÉ GARANTIE
Ne gondole ni ne se fend jamais.
Belles Couleurs Inaltérables.
Durée Illimitée.

DEMANDEZ PROSPECTUS
TÉLÉPHONE NORD 147-31
125-53



COMPLÈTEMENT
INCOMBUSTIBLE

Terrazzolith
"DÉPOSÉ"

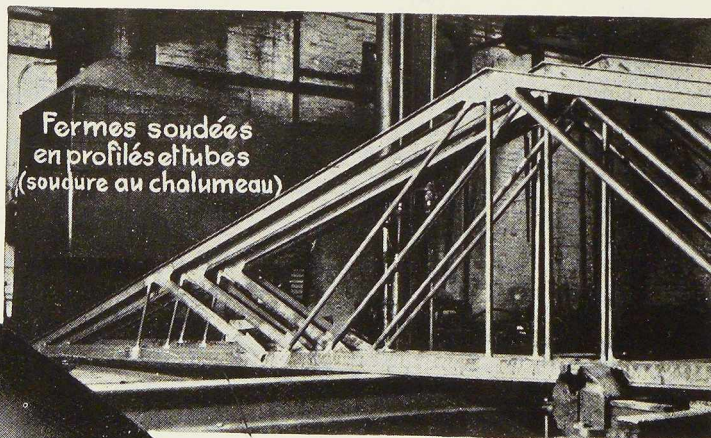
LE TERRAZZOLITH. St^e Ame ANC. ET S^e DOUCE & MOULIN
64, RUE PETIT. PARIS

LE TERRAZZOLITH
PARQUET HYGIÉNIQUE SANS JOINT
INCOMPARABLE

**GARANTIE
ABSOLUE**

Adopté par : les Compagnies de Chemins de Fer français ; la Compagnie du Métropolitain de Paris ; la Société Nationale des Chemins de Fer belges, pour le sol des voitures à voyageurs

CONSTRUISEZ PAR SOUDURE OXY-ACÉTYLÉNIQUE



Fermes soudées
en profilés et tubes
(soudure au chalumeau)

**L'OXHYDRIQUE
INTERNATIONALE**

31, Rue P. Van Humbeek Bruxelles
Tél : 21.01 20 (41.)

**CHARPENTES EN PROFILÉS
ET TUBULAIRES,
BÂTIS, CHÂSSIS,
RÉSERVOIRS,
TUYAUTERIES
ETC...**

Notre documentation est à votre disposition

Sauvegardez l'avenir

de cordons soudés, qui suppose la connaissance d'un coefficient a égal au rapport de la résistance des assemblages soudés à la résistance des assemblages rivés. Valeurs de ce coefficient dans différents cas.

36.0/23. — **Les assemblages soudés en chaudronnerie et en construction de réservoirs.** — E. HÖLEN, *Annales Suisses*, n° 5, mai 1936, pp. 113-127, 31 fig.

Important article sur la construction de réservoirs soudés, donnant entre autres de nombreux détails constructifs et caractéristiques mécaniques de la tôle.

36.0/24. — **Les cuves soudées (soudure à l'arc à charbon) d'une brasserie de Pittsburg.** — *Weld. Engineer*, n° 2, févr. 1936, p. 37, 1 fig.

Une brasserie de Pittsburg possède depuis peu 46 réservoirs cylindriques en acier, soudés d'un diamètre de 2^m30 environ.

36.1/10. — **Réservoirs cylindriques soudés sur barge pour le transport de l'essence.** — E. H. SYKES, *Weld. Engineer*, n° 5, mai 1936, p. 48, 1 fig.

Brève description d'une barge en construction rivée de 53 mètres de longueur et de 3 mètres de haut, sur laquelle se trouvent installés quatre réservoirs entièrement soudés, pour le transport de l'essence.

36.2/8. — **Réservoir sphérique soudé.** — *Weld. Engineer*, n° 5, mai 1936, p. 51, 1 fig.

Réservoir sphérique pour gaz d'une capacité de 56.600 m³ environ construit par soudure à Fairport Harbor (Ohio) aux Etats-Unis.

36.5/2. — **Soudure d'embranchement et de fond de chaudières.** — *Journ. de la Soudure*, n° 6, juin 1936, pp. 182-184, 3 fig.

Exécution des embranchements. Détails de ce travail au chalumeau. Durée et consommation.

37.0/6. — **Le transporteur aérien pour bois du Groupement de Papier de la Kama (U.R.S.S.).** — B. S. KOVALSKIÏ, S. I. CZERNYSZEV, G. G. KAÏBIDA, *Vnutrizavodskii transport i stalnye konstrukcii*, n° 3, 1936, pp. 16-31, 36 fig.

Description détaillée d'un transporteur aérien pour troncs d'arbres. Détails sur la disposition adoptée pour tendre les câbles porteurs.

37.1/14. — **Flèche de grue en construction tubulaire soudée.** — *Weld. Engineer*, n° 2, févr. 1936, p. 30, 1 fig.

Brève description d'une grue, possédant une flèche tubulaire de 15 mètres de longueur et pouvant soulever 950 kg, à un rayon de 6 mètres.

Construisez en acier!

Transports

40.22/36. — **Les nouvelles automotrices triples à grande vitesse de la Société Nationale des Chemins de Fer Belges.** — *Oss. Mét.*, n°s 7-8, juill.-août, pp. 345-352, 10 fig.

Description et caractéristiques des automotrices triples Diesel électriques construites en Belgique. Détails sur les châssis, caisse, équipement moteur, chauffage et ventilation.

40.22/37. — **Automotrices Diesel des Chemins de fer espagnols.** — *Railw. Gaz.*, 10 juill. 1935, pp. 84-86, 9 fig.

Détail sur la construction soudée des caisses et châssis de 20 mètres de longueur. Les bogies sont également soudés.

40.22/38. — **Les nouvelles michelines.** — *Railw. Gazette*, 10 juill. 1936, pp. 52-54.

Courte description de deux rames dont l'une se compose de trois voitures sur quatre bogies (32 roues) et l'autre d'une seule caisse de 30 mètres de longueur reposant sur trois bogies (24 roues). Caisse portante du type Warren entraînant l'obligation de réduire la dimension des fenêtres.

42.2/32. — **Navire à ligne aérodynamique.** — *Iron Age*, 18 juin 1936, p. 71, 1 fig.

Construction entièrement en acier d'un navire pour transport d'autos. Ses superstructures sont entièrement profilées.

43.0/10. — **Les nouveaux hangars métalliques du Ministère de l'Air français.** — M. AIMOND, *Oss. Mét.*, n°s 7-8, juill.-août 1936, pp. 335-340, 10 fig. Voir fiche 30.3/64. —

44.2/14. — **La Conférence Internationale des Containers.** — S. WASILEWSKI, *Inż. Kolej.*, n° 6/142, juin 1936, pp. 208-212, 9 fig.

Au cours de la 4^e Conférence Internationale des Containers, récemment tenue à Frankfurt, on a constaté que les transports par containers continuaient à faire des progrès rapides. L'organisation de ces transports est, pour les Chemins de Fer de l'Etat polonais, une question d'avenir très proche.

44.2/15. — **Les containers de la L.C.L. Corp. aux Etats-Unis.** — *Iron Age*, 7 mai 1936, pp. 42-45, 5 fig.

Description de divers types de containers fort en usage en Amérique : pour le transport de colis variés, pour le transport en vrac des briques, minerais, coke, charbon, etc., containers à vidange par l'air comprimé (ciment, farine, etc.), containers frigorifiques, etc.

N° 10 - 1936



Foreuses portatives
et d'établi

Tournevis

Taraudeuses

Meuleuses

Polisseuses

avec moteurs universels
ou triphasés



Mèches spéciales pour
pierres et matières
isolantes

Moteurs portatifs avec
arbres flexibles

Supports

Mandrins

PROSPECTUS ILLUSTRÉS DE NOS MACHINES-OUTILS, SUR DEMANDE

SOCIÉTÉ LUXEMBOURGEOISE A. E. G.

40, RUE SOUVERAINE - IXELLES-BRUXELLES - TÉLÉPHONE 11.81.40

*Cette revue est tirée
par l'Imprimerie*

**GEORGES
T H O N E
A L I E G E**

Divers

50.0/11. — **La construction soudée des machines agricoles.** — *Soudure*, n° 3, mai-juin 1936, pp. 83-90, 17 fig.

Description du matériel soudé utilisé en agriculture (charrues, lieuses, tondeuses, etc.).

51.3/24. — **L'équipement des murs de quais en palplanches métalliques.** — *Travaux*, n° 41, mai 1936, p. 232, 2 fig.

Détails sur la construction de murs de quais en palplanches métalliques. Calcul des dimensions de palplanches. Tirants. Membrures. Couronnements. Boulons de fixation.

52.1/14. — **Chauffage par radiation.** — *Casa Bella*, n° 100, avril 1936, pp. 22-25.

Chauffage au moyen de tubes chauffants placés dans le plancher ou le plafond. Quelques détails sur la pose des canalisations.

52.3/15. — **Les conduites de distribution d'eau et de gaz en tubes d'acier.** — L. RUCQUOR, *Oss. Mét.*, nos 7-8, juill.-août 1936, pp. 355-362, 13 fig.

Historique. Avantages des canalisations en tubes d'acier. Les joints dans les tubes d'acier. Les derniers progrès dans la protection des tuyauteries souterraines en acier contre la corrosion. Nombreuses photographies et dessins de différents joints.

54.13/5. — **Moyen rapide d'enlever la rouille à la surface du métal et d'obtenir une couche de protection contre la corrosion atmosphérique.** — V. A. SPANOVSKIÏ, *Vestn. Inj. i Tehn.*, n° 7, juill. 1936, p. 435.

L'auteur donne la composition d'une solution permettant de bien nettoyer les métaux rouillés. Les pièces ainsi nettoyées sont résistantes à la corrosion atmosphérique.

54.14/27. — **Appareil électrique pour déterminer la valeur d'une couche de peinture antirouille.** — *Steel*, n° 26, 29 juin 1936, pp. 44-46, 1 fig.

Voir fiche 54.2/6.

54.14/28. — **Protection des métaux contre la corrosion par l'emploi des peintures.** — *Bull. Soc. B. Ing. Ind.*, n° 5, 1936, pp. 384-386.

Compte rendu de la conférence faite le 28 avril 1936 par M. Van Rysselberge au Comité d'Etudes de la Société Belge des Ingénieurs et des Industriels. Au cours de cette conférence, le vœu de voir créer en Belgique un centre de recherche a été émis.

54.15/3. — **L'emploi de columbium pour la soudure des aciers chromés.** — *Journal de la Soudure*, n° 6, juin 1936, pp. 185-190.

Voir fiche 15.31/7.

54.15/4. — **Derniers perfectionnements dans la fabrication de l'acier au chrome 18-8.** — *Rev. Industr.*, n° 175, juin 1936, p. 231, 3 fig.

Nouvelle fabrication permettant d'augmenter la résistance de l'acier 18-8 à la corrosion, lorsqu'il est soudé. La soudure de cet acier risquait de le rendre attaquable à la corrosion intergranulaire.

54.15/5. — **La résistance à la corrosion de l'acier au cuivre.** — A. M. BORZDYKA, *Vestnik Inj. i Tehn.*, n° 6, juin 1936, pp. 366-367.

Résultats d'essais sur différents aciers ayant pour but de déterminer leur résistance à la corrosion. Influence favorable à ce point de vue de la présence du phosphore, dans les aciers au cuivre.

54.2/5. — **Essais des peintures.** — H. G. ARLT, *Steel*, n° 15, juin 1936, pp. 42-43, 1 fig.

Machine permettant l'application d'une épaisseur exactement contrôlée du film de peinture.

54.2/6. — **Appareil électrique pour déterminer la valeur d'une couche de peinture antirouille.** — *Steel*, n° 26, 29 juin 1936, pp. 44-46, 1 fig.

Qualités que doit posséder une bonne couche de peinture antirouille. Brève description d'un appareil électrique, construit aux Etats-Unis, permettant de se rendre compte de la valeur de cette couche de peinture, au point de vue protection du métal contre la corrosion.

54.33/7. — **Etude de la corrosion par le sol.** — K. H. LOGAN, *Journ. Research*, n° 5, mai 1936, pp. 431-466, 6 fig.

Rapport d'une étude expérimentale importante sur la corrosion provoquée par le sol. Ces essais ont été de longue durée et différents sols ont été étudiés. Nombreux résultats d'essai, sur la corrosion de conduites souterraines.

57.1/4. — **Acier ou ciment.** — E. GALASSINI, *Casabella*, nos 102-103, 1936, pp. 52-55, 10 fig.

Etude du « coefficient étranger », c'est-à-dire du pourcentage d'importation, dans les prix unitaires des ponts de moyenne portée en acier et en béton armé en Italie. Ce coefficient s'établit entre 44,50 et 67,50 lires par mètre carré pour les ponts en acier, et entre 59 et 99 lires par mètre carré pour les ponts en béton armé.

61/20. — **Concours pour étudiants.** — *Amer. Archil.*, n° 2, juin 1936, p. 8.

Photographie de cinq projets primés au concours de ponts en acier organisé pour la huitième fois par l'American Institute of Steel Construction.

61/21. — **Concours des plus beaux ponts de 1935.** — *Steel Constr.*, n° 5, juill. 1936, p. 3, 6 fig.

Photographies des ponts primés au concours organisé en 1935 aux Etats-Unis, par l'American Institute of Steel Construction.



CLICHES
POUR TOUTES IMPRESSIONS

ETABLISSEMENTS DE PHOTOGRAVURE

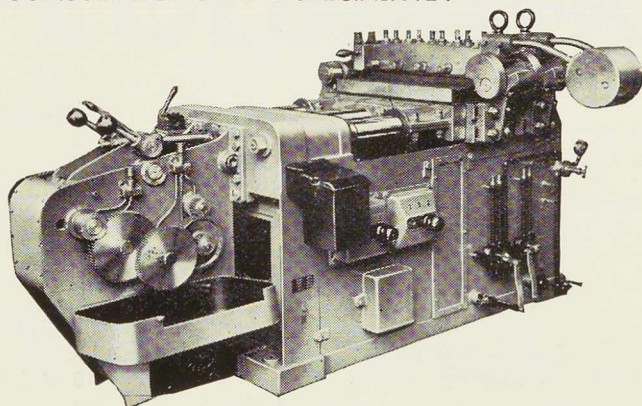
TALLON & C°S.A

22-26, RUE SAINT-PIERRE, BRUXELLES

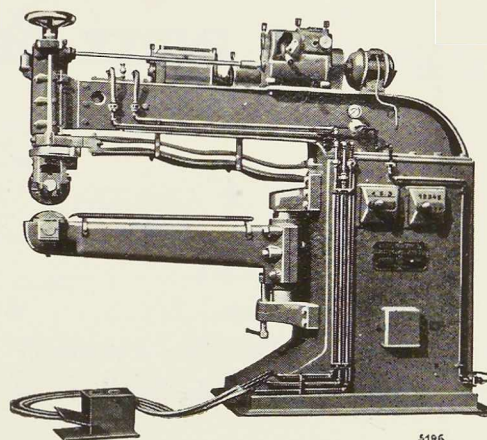
TÉL. : 17.08.82. CH. POST. : 251. R. C. BRUXELLES 560

L O N D R E S . L I L L E

QUEL QUE SOIT VOTRE PROGRAMME
DE SOUDURE ÉLECTRIQUE
PAR ARC OU RÉSISTANCE
CONSULTEZ LE GRAND SPÉCIALISTE :



SOUDEUSE BOUT A BOUT 150 K. V. A.



SOUDEUSE AU GALET 100 K. V. A.

S. A. ÉLECTROMÉCANIQUE S. A.
19-21, RUE LAMBERT CRICKX. TÉLÉPHONE 21.00.65 (4 LIGNES). **BRUXELLES**

ATELIERS

**GEORGES
DUBOIS**

SOCIÉTÉ ANONYME

JEMEPPE SUR MEUSE

**CONSTRUCTIONS
MÉTALLIQUES**

**RIVÉES
OU
SOUDÉES**

USINES REGNAC

FONDERIE DE CUIVRE & ATELIER DE PARACHEVEMENT

(Fondées en 1825)

CHARLEROI

MAGASINS & BUREAUX : 82/84, rue de Marcinelle

FONDERIE & ATELIER : 40, quai de Sambre

Grande spécialité pour coussinets de trains de laminoirs pour les cas les plus difficiles. Les résultats obtenus à ce jour sont merveilleux : ainsi pour un train de 900 à forte production (40/50 tonnes par heure en longueur de 80/100 mètres) de **poutrelles, largets, palplanches, rails, etc.** les coussinets en bronze phosphoreux sont à remplacer après une production de 8.000 tonnes, parfois 9.000 tonnes, tandis que les nôtres en « **BI MÉTAL CARO** » arrivent jusqu'à plus de 22.000 tonnes.

Le rendement est donc de 145 à 175 o/o plus élevé pour un prix de 10 à 15 o/o plus élevé.

Références
sur demande



INDEX DES ANNONCEURS

	Pages		Pages
A		L	
Société Luxembourgeoise A.E.G.	32	C ^{ie} des Lanolines	30
La glace polie A. M. G. E. C.	27	Lévy-Finger	22
A. R. B. E. D. - Columeta	18 et 19	O	
Arcos , « La Soudure Electrique Autogène »	24	Ougrée-Marihaye - Société Commerciale d'Ougrée	10 et 11
Ateliers Métallurgiques de Nivelles	26 et 37	Ossature Métallique	3
B		L'Oxydrique Internationale	31
Briqueteries et Tuileries du Brabant	21	R	
La Brugeoise et Nicaise et Delcuve	20	Usines Regnac	34
C		S	
Centre du Nickel	29	Schindler et C^{ie}	30
Chamebel , « Le Châssis Métallique Belge »	15	Siemens, S. A.	28
Cockerill	13	Fours Stein	28
Columeta - A. R. B. E. D.	18 et 19	T	
D		Etablissements Tallon	33
Davum (Poutrelles Grey)	14	Terrazzolith	31
Anciens Etablissements Paul Devis	36	Imprimerie Thone	32
Chaudronneries Dôme Frères et C^{ie}	29	Tubacier	23
Ateliers Georges Dubois	34	Usines à Tubes de la Meuse	12
E		Tubize (Briqueteries et Tuileries du Brabant)	21
Electricité et Electromécanique	34	U	
Société Métallurgique d'Enghien-Saint-Eloi	7	Ucométal (Union Commerciale de Métallurgie)	6
ESAB	9	W	
Eternit	17	Anciens Etablissements Paul Würth	8
J			
Ateliers Jaspar	16		

COMPTOIR MÉTALLURGIQUE LUXEMBOURGEOIS
"COLUMETA"
S. A. LUXEMBOURG

Monopole de vente des

Aciéries Réunies de Burbach - Eich - Dudelange (A. R. B. E. D.)
Société Métallurgique des Terres Rouges

Spécialités : Rails — Rails à gorge — Traverses — Nouvelle traverse métallique système ARBED, laminée avec surépaisseurs aux appuis des rails, entaillées en queue d'aronde pour fixation par crapauds-clavettes ou par crapauds à boulon.



POUTRELLES de 100 à 400 mm de hauteur
à larges ailes à faces parallèles

PALPLANCHES

Belval O - Terres Rouges - Belval Z

B. O.



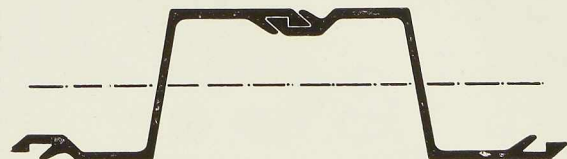
B. O.

T. R.



T. R.

B. Z.



B. Z.

D E M A N D E Z
le nouveau catalogue de palplanches

COLUMETA



1 9 3 6

Vente dans le monde entier par ses 60 filiales, succursales et agences.

BRUXELLES : **La Belgo-Luxembourgeoise**, 11, quai du Commerce.
LONDRES : **Columeta Export Co., Ltd.**, Moorfields House, Tenter Street.
ROTTERDAM : **Columeta**, Eendrachtsweg, 50.
BALE : **Columeta**, Steinenring, 51.

et sur toutes les principales places d'Europe et d'Outre-Mer.

un bon simili!

n'est pas chose courante; cela tient aux soins que nécessite un tel cliché. Que d'opérations délicates entre la photographie du document et le montage; que de "tours de main" que, seuls, possèdent à fond les as du métier!

Affirmer que nos similis sont des merveilles est facile, le prouver vaut mieux: examinez cette page: c'est un cliché difficile: fond tramé très uni, bord coupé net sans filet, texte dégradé en font une manière d'œuvre de maîtrise. Sans doute, l'imprimeur est-il à féliciter pour la perfection de son travail; il admettra tout de même volontiers avec nous qu'un bon cliché simplifie singulièrement sa tâche.

Nous sommes à votre disposition pour tous renseignements.

ÉTABLISSEMENTS
TALLON & C^{IE}

22, RUE SAINT-PIERRE • TÉLÉPH. : 17.08.82
BRUXELLES

si...

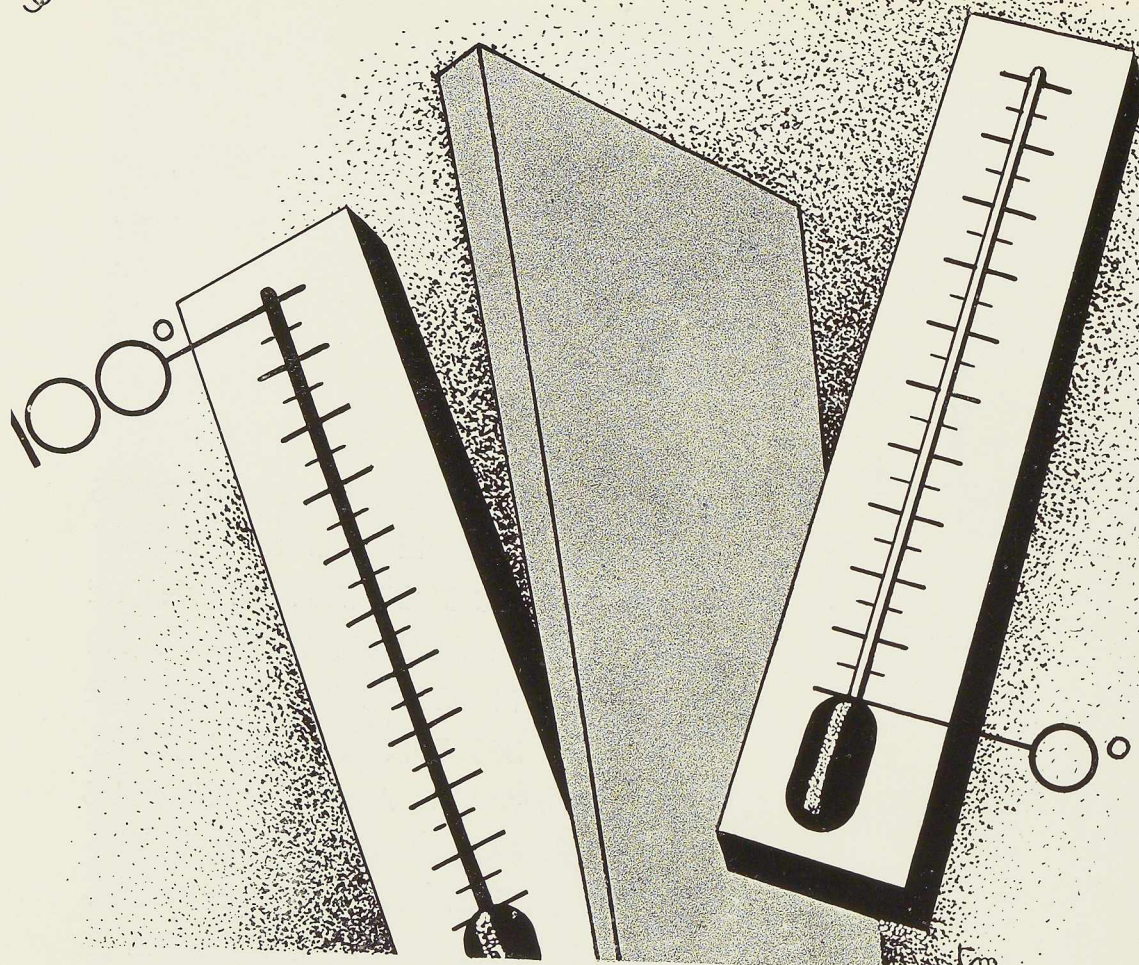
VOUS PARTICIPEZ AU CONCOURS ORGANISÉ PAR LE CENTRE BELGO-LUXEMBOURGEOIS D'INFORMATION DE L'ACIER POUR LA CONSTRUCTION D'UN IMMEUBLE EN OSSATURE MÉTALLIQUE AU-DESSUS DES TUNNELS DE LA JONCTION NORD-MIDI A BRUXELLES VOUS AVEZ INTÉRÊT A DEMANDER LA COLLABORATION DE SPÉCIALISTES DE L'ISOLATION DU SON ET DE L'ACOUSTIQUE

VALLAEYS
&
VIERIN
INGÉNIEURS

69, avenue Broustin . Ganshoren
BRUXELLES : Tél. 26.34.10

9, avenue Elsdonck . Wilrijk
ANVERS : Tél. 996.29

§



CONTRE LA CHALEUR CONTRE LE FROID

LA PLAQUE LÉGÈRE COVERIT,

en asbeste ciment cellulaire breveté constitue l'ISOLANT PARFAIT. Elle est légère, facile à travailler, incombustible et imputrescible. Dans vos constructions prévoyez toujours la plaque légère COVERIT ; elle vous donnera entière satisfaction.



Studio Simar Stevens

DEMANDEZ LA NOTICE ILLUSTRÉE GRATUITE N° 01 A LA

**S. A. DES CIMENTS PORTLAND
ARTIFICIELS BELGES D'HARMIGNIES**

Bureaux : RUE DU MIDI, 18, BRUXELLES. Téléphone 12.48.37