

# Rapport général

Autor(en): **Louis, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH  
Kongressbericht**

Band (Jahr): **4 (1952)**

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-5042>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# **B**

## **Constructions métalliques**

### **Metal structures**

#### **Stahlbau**

# **I**

## **Questions fondamentales**

### **Fundamental principles**

#### **Grundlagen**

**Rapport général — General report — Generalbericht**

**H. LOUIS**

Inspecteur Général des Ponts et Chaussées, Bruxelles

#### **INTRODUCTION**

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

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

Il était justifié dès lors que le Congrès de 1952 considère à nouveau la question des matériaux et le développement de la soudure.

#### **1 (a) ACIERS DE QUALITÉ**

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

Il semble que le problème de l'acier ne se pose pas en construction rivée pour laquelle l'utilisation de l'acier doux ordinaire ou des aciers mi-durs à haute limite

élastique ne soulève pas de problèmes particuliers. Il convient peut-être d'attirer l'attention sur l'intérêt d'une meilleure connaissance des caractéristiques mécaniques des aciers courants utilisés aussi bien en construction rivée qu'en construction soudée, afin d'en tirer parti en vue d'un relèvement des tensions admissibles.

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

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

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

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

Les éprouvettes proposées ont comme trait commun l'existence d'une entaille (de forme et d'acuité variables), mais les essais se différencient par la nature de la sollicitation: traction ou flexion, statique ou par choc. La température de l'essai est considérée comme l'un des éléments d'appréciation les plus importants et l'on fait appel à la notion de courbe de transition qui donne en fonction de la température, la valeur de la caractéristique de l'essai lui-même (allongement ou striction, flèche, travail absorbé rapporté à la section avant rupture). L'acier est caractérisé par la température pour laquelle la rupture cesse d'être une rupture par glissement pour devenir une rupture fragile.

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

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

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

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

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

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

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

Il est vraisemblable de supposer que l'emploi d'aciers à haute résistance (limite élastique variant de 36 à 45 kg./mm.<sup>2</sup>) se généralisera; l'utilisation de ces aciers est cependant entravée parce que leur soudure nécessite certaines précautions de caractère métallurgique. A ce point de vue, une collaboration entre les sidérurgistes et les constructeurs serait fructueuse, les premiers étudiant eux-mêmes le problème, dont les répercussions sur l'élaboration de l'acier sont probables, et faisant connaître aux utilisateurs les conditions opératoires de soudure qui permettent d'éviter les fissurations attribuées le plus souvent, à la vitesse de refroidissement: choix du diamètre de l'électrode, vitesse de soudage, traitement de préchauffage et de post-chauffage, etc.; ces conditions sont certainement différentes suivant les épaisseurs à mettre en œuvre.

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

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

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

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

## 1 (b) MÉTAUX LÉGERS

Aucune communication n'a été présentée sur cette question. Cependant, les ingénieurs ne peuvent sous-estimer l'intérêt des constructions en métaux légers, surtout lorsqu'un gain sur le poids propre peut entraîner des conséquences favorables importantes, tels les ouvrages mobiles. Leur attention devrait être d'autant plus en éveil que les propriétés métallurgiques et mécaniques de l'aluminium et de ses alliages sont maintenant bien connues et que leur soudage dans une atmosphère de gaz inerte a fait des progrès considérables permettant des solutions économiques et de grande sécurité.

## 2 LA SOUDURE ET LES ASSEMBLAGES SOUDÉS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dans son ouvrage: "Le calcul des constructions soudées," le Professeur belge Van de Perre admet que pour les cordons soumis à une sollicitation transversale quelconque, le choix des tensions admissibles est limité par un hexagone. Cette hypothèse a été discutée il y a quelques mois par la Commission de Soudure de l'Institut Belge de Normalisation qui a fait procéder à quelques essais complémentaires. Ces essais semblent avoir confirmé l'hypothèse de M. Van de Perre pour les cordons de faibles dimensions, tandis que pour les cordons épais le champ des tensions admissibles paraît devoir être limité par un carré. Ce dernier cas s'explique le mieux par le critère de la plus grande tension positive (Rankine).

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

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

Contrairement à l'hypothèse de Mohr, MM. Chalos et Beteille considèrent que la tension principale intermédiaire exerce une influence sur les conditions de la rupture et ils déterminent l'équation de la courbe intrinsèque correspondant à une valeur donnée de la tension principale intermédiaire. Cette courbe, appelée courbe caractéristique, est tangente aux circonférences de rupture à la compression simple, à la traction simple et au cisaillement simple, lorsque la tension principale intermédiaire est nulle, ce qui est souvent le cas dans la plupart des questions étudiées par la Résistance des Matériaux.

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

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

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

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

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

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

L'auteur passe successivement en revue les opérations que nécessite l'exécution de ces poutres de 33,50 m. de longueur, de 3,80 m. de hauteur, composées de semelles de 915 × 64 mm., d'une âme constituée dans sa partie médiane par une tôle de 2700 × 25 soudée haut et bas à des plats verticaux de 480 × 64.

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

(a) *Dressage, planage et manipulation des éléments à souder*

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

(b) *Le marquage*

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

(c) *Forme de chanfrein*

Chanfrein en double U symétrique avec méplat de 3,2 mm. dans les semelles et les plats de 480 × 64 de l'âme.

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

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

(d) *Programme de soudure*

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

(e) *Conception et exécution des positionneurs*

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

(f) *Exécution des soudures*

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

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

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

(g) *Transport et montage*

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

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

- (1) La fourniture de produits laminés bien dressés, bien planés est indispensable pour la construction soudée;

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

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

- (5) Les joints en double U et en X contiennent un méplat à mi-épaisseur. Un méplat est souvent considéré comme une cause de fissuration des premiers cordons. Il est vrai que dans la présente réalisation, le danger n'est peut-être pas aussi grand par suite de l'exécution de la première passe au moyen d'électrodes à haute pénétration, qui assurent la fusion complète ou quasi complète du méplat;
- (6) Les raidisseurs sont fixés par soudure à la semelle comprimée et à la semelle tendue.

Nous croyons qu'il est défavorable de fixer les raidisseurs à la semelle tendue, particulièrement en cas de sollicitation par fatigue;

- (7) M. Ibbotson souligne l'intérêt, dans le cas d'ouvrages importants, de la réalisation préalable d'un modèle soumis à une auscultation tensométrique.

Cette idée est excellente. Nous l'avons appliquée il y a peu de temps lors de la réalisation par soudure d'un élément de conduite forcée tronconique de 2 m. de diamètre moyen sur lequel se greffe à 45° une conduite cylindrique de 1,50 m. de diamètre. L'auscultation d'un modèle à l'échelle 1/5<sup>e</sup>, soudé, a permis de réduire à six les raidisseurs transversaux, prévus initialement au nombre de seize et à supprimer le renfort longitudinal que l'on se proposait de souder dans l'angle aigu des deux tuyaux (fig. 1).

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

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

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

M. Gerritsen constate que dans tous les pays il ne manque ni de soudeurs, ni d'écoles pour les former, alors qu'il est plus indispensable encore d'éduquer les ingénieurs et les dessinateurs-soudeurs. Il signale toutes les lacunes rencontrées dans les connaissances des techniciens, qu'ils soient chargés de la conception, de l'exécution



ou de la surveillance et du contrôle des ouvrages. Il donne ainsi tout un programme d'études dont feraient bien de s'inspirer les écoles existantes ou futures chargées de la formation de ces techniciens.

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

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

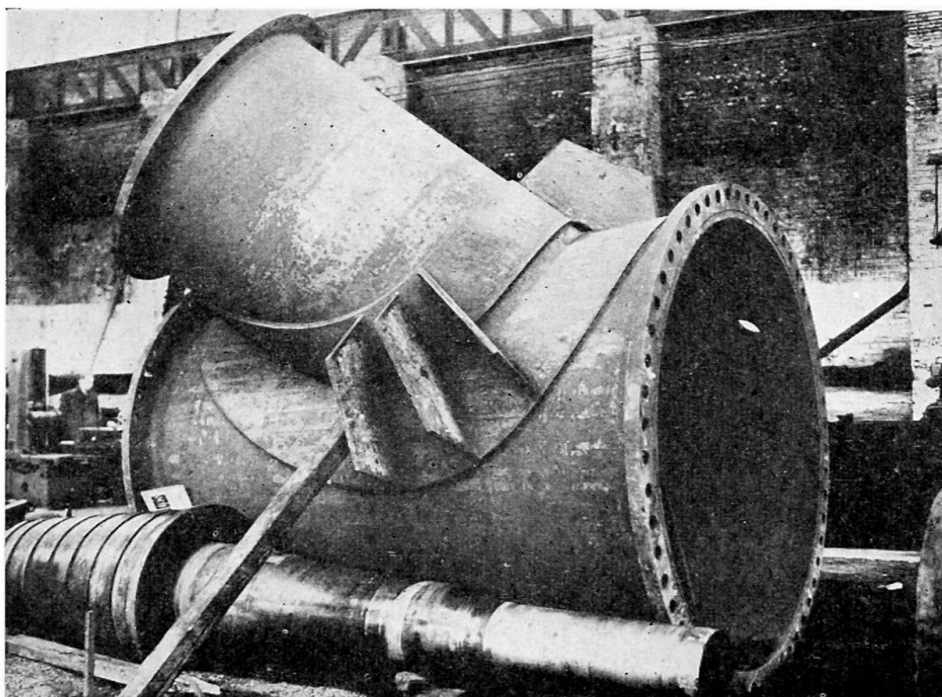


Fig. 1. Réalisation par soudure d'un embranchement de tuyauteries, conforme aux résultats d'une étude tensométrique d'un modèle, à l'échelle 1/5<sup>e</sup>, soudé.

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

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

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

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

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

réaliser des constructions suffisamment légères et rigides et d'écarter d'eux le sentiment et l'idée que la construction soudée lourde et massive présente le plus de sécurité.

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

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

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

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

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

Par un refroidissement des pièces aussi uniforme que possible les tensions de bridage sont réduites au minimum et il ne reste que les tensions directes telles qu'elles résultent de l'exécution d'une soudure de pièces libres.

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

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

(a) *Joints de semelle*

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

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

(b) *Soudure des semelles à l'âme*

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

(c) *Joints soudés entre tronçons de poutres*

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

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

Une difficulté se présente lorsqu'il s'agit du préchauffage de semelles superposées assemblées par cordons d'angle, par suite de la transmission défectueuse de la chaleur à travers les plats séparés par une couche d'air. L'auteur a appliqué, à fort peu de frais, sa méthode de préchauffage lors de la construction de deux importants ponts soudés en Yougoslavie.

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

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

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

#### CONCLUSIONS

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

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

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

(3) Quelles que soient les réalisations, les techniciens de la soudure s'accordent à attacher la plus grande importance aux effets du retrait et tentent, par des moyens souvent limités, d'en faire une prévision chiffrée afin que les constructions terminées soient conformes aux plans initiaux.

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

C'est vers ce but que tend la méthode de préchauffage préconisée dans une des communications analysées dans ce rapport. On peut d'ailleurs concevoir l'application de traitements thermiques à l'entièreté de certaines pièces de l'ouvrage en vue de

réaliser des réglages d'efforts, le chauffage par induction rendant possible un tel traitement.

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

(5) La construction soudée ne doit pas nécessairement être homogène quant au moyen d'assemblage; pour de nombreux ouvrages (ponts, charpentes, ouvrages hydrauliques) l'utilisation simultanée de la soudure et de la rivure suivant le sens exprimé dans ce rapport est riche de possibilités économiques et sûres.

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

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

Qu'il soit permis de regretter que ce rapport préliminaire du Congrès ne contienne aucune communication relative à l'utilisation généralisée d'électrodes à forte pénétration et à l'exécution automatique des soudures; à notre connaissance, d'importants ouvrages ont cependant été réalisés dans plusieurs pays en faisant appel à des procédés de soudure semi-automatique ou automatique.

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

(9) La construction soudée exige plus de connaissances et plus de soins que la construction rivée.

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

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

#### Résumé

Le rapporteur constate qu'aucun problème fondamental ne se pose pour les matériaux destinés à la construction rivée. Pour la construction soudée il importe de connaître le rôle joué réellement par l'acier dans le comportement des ouvrages.

Il considère que la conception et l'exécution ont une importance plus grande que le matériau.

La soudure des aciers à haute limite élastique requiert certaines précautions d'ordre métallurgique.

Il est justifié de prévoir dans une même construction soudée des aciers de qualité différente, leur choix est conditionné par les difficultés constructives et la nature des sollicitations.

Les quatre communications présentées sur la soudure et les assemblages soudés sont commentées en mettant l'accent sur certaines questions souvent controversées.

Le rapporteur insiste sur la nécessité de mettre définitivement au point une méthode de calcul des cordons de soudure soumis à une sollicitation transversale quelconque; il attire à nouveau l'attention sur l'influence primordiale de la conception et de l'exécution telle qu'elle ressort des rapports présentés.

Des considérations générales inspirées des mémoires et de leur commentaire terminent le rapport; elles sont susceptibles de servir de base à l'élaboration de conclusions générales à tirer par le Congrès sur le thème matériau, soudure et assemblages soudés.

#### Summary

The reporter notes that no fundamental problem arises for the materials intended for riveted construction. For welded construction it is essential to know the part the steel plays in the behaviour of the work. He considers that conception and execution are of greater importance than the material itself.

The welding of steel with a high elastic limit requires certain precautions of a metallurgical nature.

It is justifiable to use different qualities of steel in the same construction, the choice of the steel being conditioned by the constructional difficulties and the nature of the stresses.

The four papers submitted on welding and welded connections are commented upon, laying stress on certain questions that often give rise to controversy.

The reporter insists on the necessity of perfecting a method of calculating welds submitted to any kind of transverse stress. He draws attention to the primary influence of conception and execution as shown by the papers submitted.

His report ends with general considerations inspired by the papers and the comments on them; these may be useful as a basis for formulating the general conclusions of the Congress on the theme relating to material, welding and welded connections.

#### Zusammenfassung

Der Berichterstatter stellt fest, dass sich beim für genietete Konstruktionen bestimmten Baustahl keine einzige grundsätzliche Frage stellt. Für die geschweisste Bauweise ist es wichtig, die Rolle zu kennen, die der Stahl im Verhalten der Bauwerke wirklich spielt.

Nach seiner Ansicht sind Entwurf und Ausführung von grösserer Wichtigkeit als der Baustoff.

Die Schweissung von Stählen mit hoher Elastizitätsgrenze fordert gewisse Vorsichtsmassnahmen metallurgischer Art.

Es gibt Gründe dafür, im gleichen geschweissten Bauwerk Stähle von verschiedenen Qualitäten zu gebrauchen; ihre Wahl ist durch die Konstruktionsschwierigkeiten und die Art der Belastungen bedingt.

In der Besprechung der über die Schweissung und die geschweissten Verbindungen vorgelegten vier Berichte werden gewisse oft bestrittene Fragen besonders betont.

Der Berichterstatter deutet nachdrücklich darauf hin, dass es notwendig ist, endlich eine Methode für die Berechnung von Schweissnähten, welche irgend welcher Querbelastrung unterliegen, auszuarbeiten; er lenkt aufs neue die Aufmerksamkeit auf den entscheidenden Einfluss des Entwurfs und der Ausführung, wie sie aus den vorgelegten Berichten hervorgehen.

Der Bericht schliesst mit durch die Aufsätze und deren Besprechungen eingegebenen allgemeinen Betrachtungen; diese Betrachtungen können als Grundlage zur Ausarbeitung der allgemeinen Schlussfolgerungen dienen, die durch den Kongress aus den Themen Material, Schweissung und geschweisste Verbindungen zu ziehen sind.

Leere Seite  
Blank page  
Page vide