

Conception et exécution d'ouvrages soudées

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

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **3 (1948)**

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-4077>

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.

Ia6

Conception et exécution d'ouvrages soudés

Entwurf und Ausführung der geschweissten Stahlbauten

Design and execution of welded structures

H. LOUIS

Ingénieur en chef-Directeur des Ponts et Chaussées, Liège

L'évolution de la conception et de l'exécution des ponts et charpentes soudés en Belgique a pour origine les enseignements tirés des accidents survenus aux ponts soudés et les résultats des études et des essais entrepris à propos de ces accidents. La conception des ouvrages a surtout évolué vers la recherche d'une diminution de l'importance et des conséquences possibles des tensions résiduelles; ce but est recherché dans l'amélioration des dispositions constructives. Nous mentionnerons seulement quelques dispositions qui sont déterminantes sur le comportement des constructions.

Le désir louable d'éviter des soudures superflues aboutit souvent à l'utilisation de profils de grandes dimensions ou de plats de forte épaisseur. Dans la situation actuelle de l'équipement industriel, ces éléments sont, la plupart du temps, fournis à l'état non recuit, et les tensions résiduelles de laminage dont ils sont le siège se composent non seulement avec les tensions de service, mais aussi avec les tensions résiduelles directes et indirectes de soudage et avec les tensions de montage. Les tensions de laminage peuvent d'ailleurs produire à elles seules des ruptures, sans autre intervention qu'un découpage local au chalumeau ou qu'un choc un peu violent. Il n'est pas désirable ni du point de vue technique, ni du point de vue économique, de proscrire l'utilisation de ces profilés dont l'acier qui les constitue s'est presque toujours révélé d'excellente qualité. Leur mise en œuvre doit éviter de les faire intervenir dans des éléments d'ouvrages soudés, dont la sollicitation principale est une traction, et qui contiennent des soudures à retrait empêché ou génératrices, de par la forme du joint, d'importantes tensions résiduelles. De nombreuses ruptures se sont ainsi produites dans les membrures tendues des poutres Vierendeel, membrures contenant de nombreuses soudures bout à bout de montage et à travers lesquelles la transmission de l'effort principal était perturbée par une fixation irrationnelle des entretoises transversales (fig. 1 et 2). Ces profilés seraient d'ailleurs eux-mêmes susceptibles d'une amélioration,

quant à leur état de tension, si les conditions de leur refroidissement après laminage pouvaient être modifiées favorablement.

Toute question économique mise à part, les profilés composés par soudure s'avèrent intrinsèquement moins susceptibles aux ruptures sans déformation que les profilés laminés de grandes dimensions, surtout si les semelles composant ces profilés sont constituées d'éléments spéciaux : plats moulurés au profil T, qui permettent de rejeter suffisamment les lignes de soudure en dehors de la jonction de l'âme et des semelles.

Il importe aussi de signaler que la mise en œuvre d'éléments de forte épaisseur requiert une certaine prudence. Il apparaît en effet, qu'indépendamment de l'hétérogénéité physique et mécanique de ces éléments, l'épaisseur joue, en tant que facteur dimension, un rôle important dans le processus de rupture des constructions soudées. Une raideur excessive des constructions est toujours favorable, sinon à des ruptures, du moins à des amorces de rupture, résultant de l'empêchement de toute déformation locale ou d'ensemble. Cette raideur est certes partiellement inhérente au procédé de soudure, mais une conception rationnelle doit permettre de la diminuer par un dimensionnement suffisant, mais non exagéré, par la suppression de tout élément superflu, par un choix des profilés judicieux et approprié à la nature de la sollicitation. Citons, en exemple, quant à ce dernier point, le pont de Joncherolles à Paris, dans lequel la membrure tendue des maîtresses-poutres en treillis est constituée par un seul large plat, disposé horizontalement.

Les rencontres de plusieurs barres aboutissant à un nœud doivent être étudiées, en vue d'une diminution de l'importance locale des tensions secondaires aux nœuds, diminution souvent empêchée par la présence d'éléments de raidissage inutiles. Une disposition fréquemment rencontrée consiste dans le raccordement à un élément longitudinal, sollicité par traction, d'un élément transversal constitué par un profilé en double T soudé sur tout son périmètre; elle constitue un centre de raideur dont le danger s'est souvent manifesté. Une solution rarement employée, pensons-nous, permet de réduire ce danger; elle réside dans la fixation par soudure de l'âme de l'élément transversal, dont les semelles restent libérées de toute attache à l'élément longitudinal, à la condition, pour la soudure d'âme,

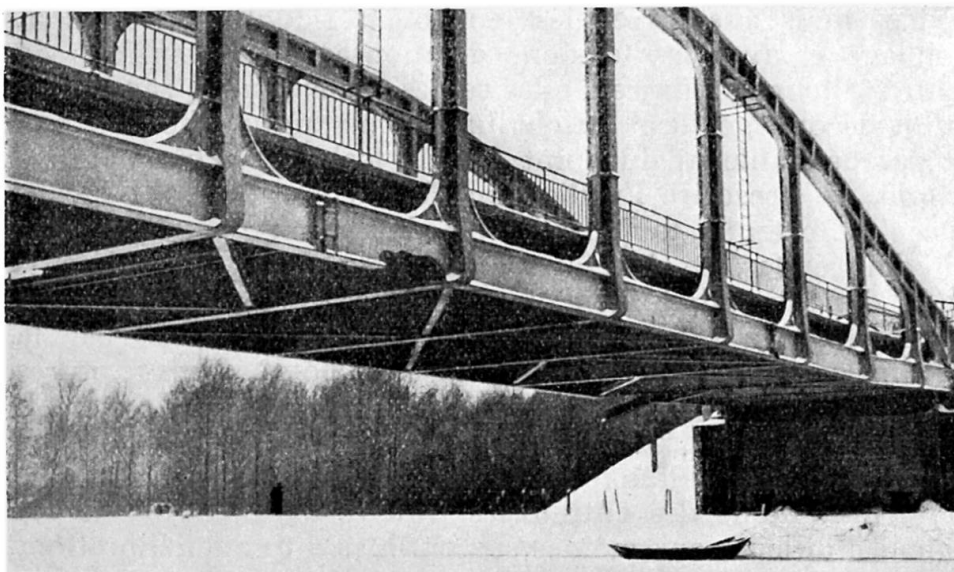


Fig. 1. Rupture dans un profilé constituant membrure inférieure, à la jonction avec une entretoise et avec un montant.

Fig. 2. Rupture dans une poutre, composée par soudure, constituant membrure inférieure, à la jonction avec une entretoise et avec un montant.



de pouvoir transmettre un moment fléchissant suffisant; un assemblage exécuté de cette façon réalise en fait une articulation; il permet de réduire le rôle perturbateur de l'élément transversal dans la transmission de l'effort longitudinal. La manière suivant laquelle les raidisseurs des poutres en double T doivent être fixés est encore controversée; certaines fixations de raidisseurs ont même été citées comme étant à l'origine de ruptures. Une liaison continue du raidisseur à l'âme et aux semelles de la poutre est certes défavorable : elle ajoute inutilement des tensions de retrait; elle donne lieu à des intersections de cordons en cas de poutre composée et elle permet au raidisseur de dériver sur lui une part importante de l'effort transmis par la poutre (fig. 3a). On a parfois réduit l'importance des soudures de l'âme, en prévoyant une liaison discontinue, ce qui implique la nécessité d'aménager de larges échancrures dans le raidisseur afin de raccorder les cordons latéraux à travers l'épaisseur du raidisseur (fig. 3b). Une telle disposition requiert une grande habileté d'exécution et un découpage onéreux; la préférence semble devoir être accordée à des cordons continus d'épaisseur minimum (fig. 3c). Pour les raisons signalées à propos des centres de raideur, la fixation du raidisseur sur la semelle tendue est à proscrire complètement. Une solution intermédiaire a parfois consisté dans l'interposition d'un sabot formant coin entre le raidisseur et la semelle et sur lequel le raidisseur est soudé. Il semble indiqué, soit de souder le raidisseur sur l'âme et sur la semelle comprimée,

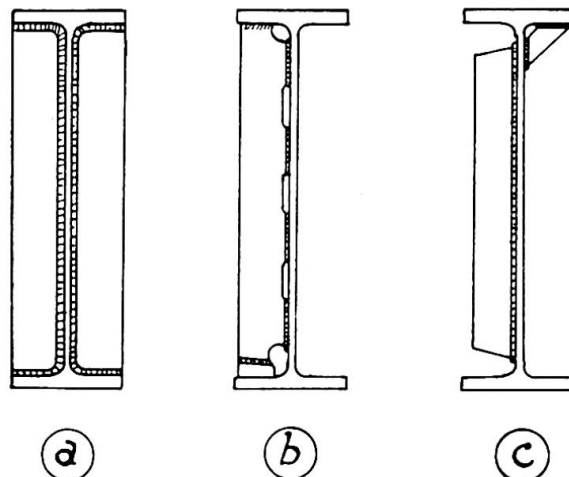


Fig. 3. Modes de fixation des raidisseurs d'une poutre en I.

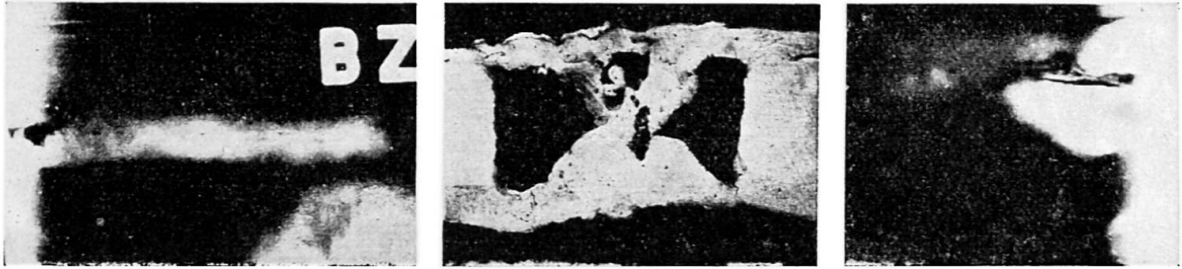


Fig. 4. Inclusions de laitier rencontrées au point d'intersection des soudures d'âme et des semelles d'une poutre en I. – **Fig. 5.** Coupe horizontale dans l'âme d'une poutre en I à l'intersection du joint d'âme et d'un joint de semelle. – **Fig. 6.** Fissuration issue du point d'intersection du joint d'âme et d'un joint de semelle d'une poutre en I.

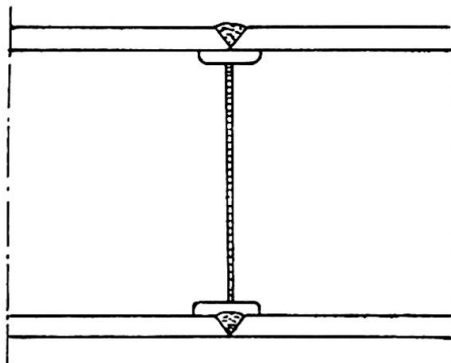
soit de dissocier les rôles du raidisseur d'âme et du raidisseur de semelle comprimée, le premier étant fixé à l'âme d'une manière continue, tandis que le second, fixé à l'âme, sur une faible hauteur de celle-ci, et à la semelle, serait largement échancré dans l'angle en cas de profil composé (fig. 3c).

Lors de la conception des assemblages, il faut éviter toute disposition constructive, suivant laquelle un élément mince et d'étendue relativement limitée est soudé sur tout son pourtour à des éléments rigides formant cadre. Une telle disposition conduit à des tensions résiduelles indirectes très élevées dont le danger est encore accru si, à l'intérieur de l'élément ainsi sollicité, on introduit une jonction supplémentaire par soudure et plus encore si cette pièce mince est traversée par un autre élément qui lui est soudé.

L'intersection de lignes de soudures rend difficile, sinon impossible dans certains cas, une exécution correcte des soudures; elle conduit à des défauts graves et à un état de tension complexe dont la conjugaison est l'origine inévitable de ruptures (fig. 4, 5, 6).

Dans le cas fréquent du raccordement bout à bout de deux tronçons de poutre en T, l'intersection des cordons d'âme, de semelle et de collet est évitée en ménageant dans l'âme, au droit des soudures de semelle et aux extrémités du joint d'âme, des ouvertures de forme arrondie (fig. 7). Ces ouvertures permettent une exécution correcte des soudures de l'âme et des semelles.

Les endroits les plus sensibles des constructions soudées semblent être les raccords d'éléments formant entre eux un angle vif et dont l'un d'eux au moins est soumis à une importante sollicitation par traction (fig. 1, 2, 8, 9). Le raccordement de tels éléments doit être réalisé par des goussets arrondis, de faibles dimensions, dont le contour concave est épousé par des lignes de force.



L'emplacement, le dimensionnement et la forme des joints soudés sont autant d'éléments à déterminer en fonction de la sollicitation de service de l'ouvrage, mais surtout en fonction de la possibilité d'une bonne exécution des joints et de la rédu-

Fig. 7. Disposition permettant d'éviter l'intersection des soudures d'un joint d'une poutre en I.

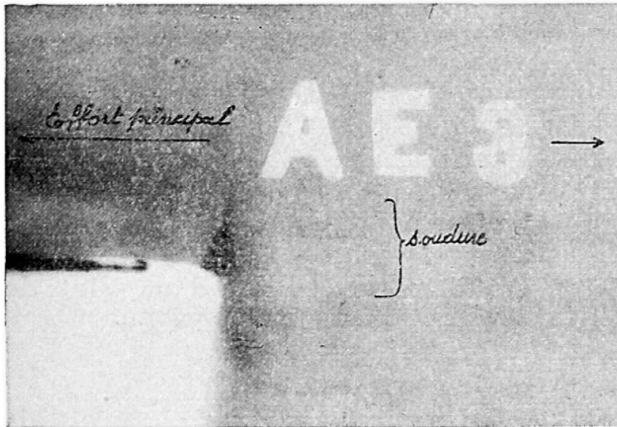


Fig. 8. Défaut et amorce de rupture à l'intersection de deux éléments se raccordant à angle vif.

Fig. 9. Défaut et rupture de deux éléments se raccordant à angle vif.

tion des tensions résiduelles indirectes. Il s'impose de faire un choix de la forme du joint en pleine connaissance des conséquences de sa réalisation; la soudure en bout est à prévoir en cas de retrait non empêché, tandis que les soudures d'angle s'imposent dans le cas contraire. En tous cas, il faut proscrire le renforcement par couvre-joint des soudures en bout; un tel assemblage n'est d'ailleurs plus, à l'heure actuelle, qu'un anachronisme.

Par la seule considération des effets du retrait, apparaît déjà le danger des soudures superflues; mais on peut aller plus loin et ne pas hésiter à remplacer tout ou partie d'un assemblage soudé par un assemblage boulonné ou rivé. Lors de l'élaboration récente de projets de portes d'écluses, entièrement soudées, construction généralement de grande raideur dans son ensemble et dans ses éléments, la réalisation de nombreux assemblages a été prévue par rivure afin d'en réduire la raideur locale.

Une bonne conception des constructions doit être orientée vers la diminution du nombre et de l'importance des soudures à exécuter au chantier. Il ne s'agit pas d'exprimer un doute vis-à-vis de la qualité macroscopique des joints, car, à ce point de vue, l'expérience est suffi-

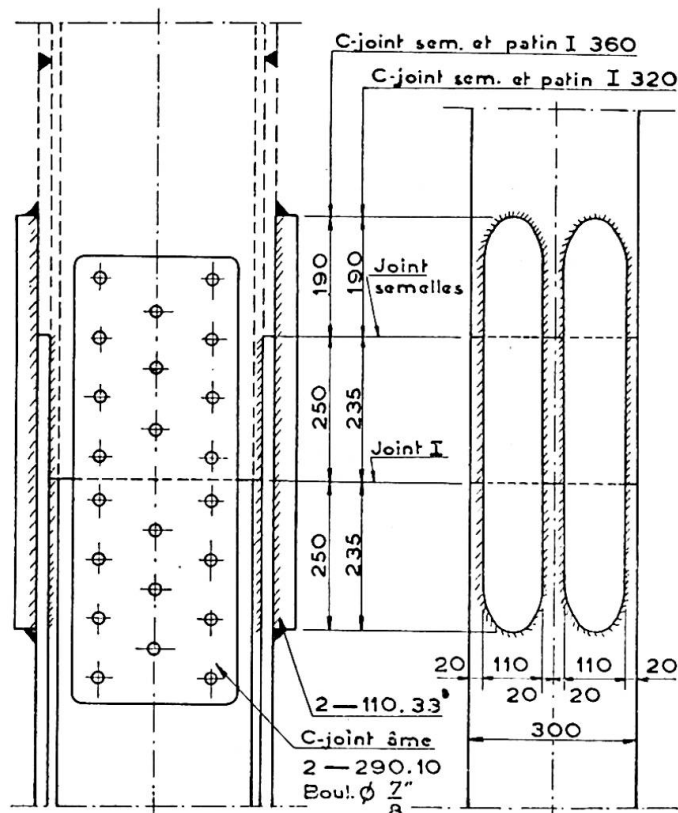


Fig. 10. Réparation d'une ossature : exécution d'un joint de colonne à retrait empêché.

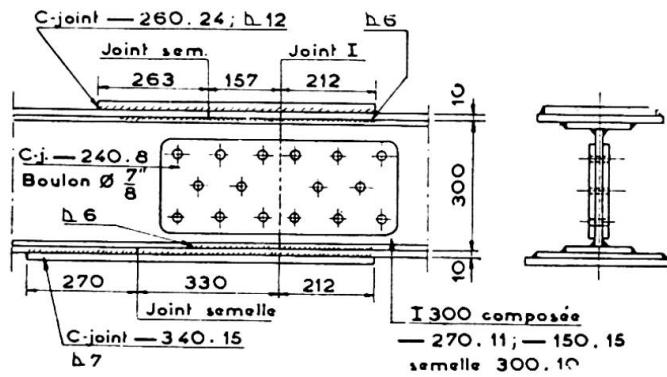


Fig. 11. Réparation d'une ossature : exécution d'un joint de poutre à retrait empêché.

samment concluante : les soudures de chantier peuvent rivaliser avec les soudures d'atelier. Si une construction entièrement soudée à l'atelier est de qualité supérieure, c'est uniquement parce que les possibilités d'un montage précis sont plus grandes, en raison de l'abondance des moyens de manutention et de la rigidité absolue des appuis provisoires. Un joint exécuté au montage ne sera équivalent à un joint soudé à l'atelier qu'à la condition de pouvoir réaliser un raccordement correct des divers tronçons de l'ouvrage. Un raccordement incorrect nécessite en effet un forçage des éléments en place ou une augmentation souvent importante de la quantité de métal d'apport nécessaire à la réalisation des jonctions. Ces deux facteurs sont également défavorables, par suite des tensions résiduelles qu'ils engendrent; ils peuvent ruiner tout le bénéfice d'une bonne conception et d'une exécution parfaite à l'atelier. De plus, si le joint à exécuter sur chantier est générateur de par sa forme ou par suite des sections des pièces qu'il réunit, d'importantes tensions indirectes de soudage, il faut lui préférer un joint entièrement boulonné ou rivé.

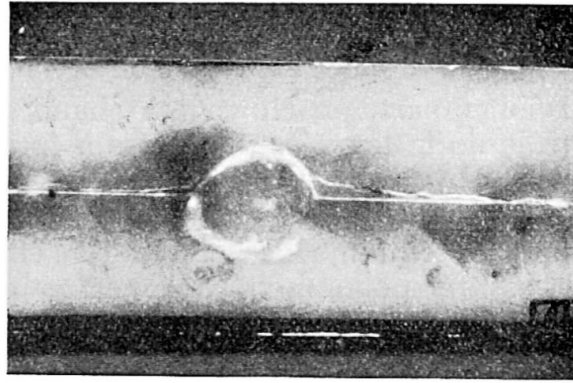
Des assemblages mixtes peuvent aussi être indiqués, lors du montage sur chantier, en vue de réduire les effets du retrait. Lors de la remise en état de l'ossature sinistrée de l'Institut du Génie civil de l'Université de Liège, nous avons été amenés à prévoir de tels assemblages. De nombreuses réparations consistaient à intercaler des tronçons nouveaux de colonnes et de poutres entre des éléments non atteints par les explosions et restés solidaires des hourdis. A une de leurs extrémités, ces tronçons ont été reliés à la partie restée en place par des soudures en bout, tandis que l'autre extrémité était fixée par des couvre-joints soudés par cordons latéraux pour les patins et par des couvre-joints boulonnés pour l'âme (fig. 10 et 11).

La conception de toute construction soudée est inséparable de l'établissement d'un programme détaillé de l'exécution. Ce programme, établi en liaison étroite avec le Bureau d'études et l'Atelier, doit notamment définir d'une manière précise :

1. L'ordre d'exécution des liaisons. Cet ordre vise non seulement à la réduction des tensions indirectes, mais encore à tirer profit des effets du retrait, de manière à leur faire jouer un rôle favorable, compte tenu de la sollicitation de service de l'ouvrage;

2. La méthode de soudure à prévoir pour chaque joint : nombre et disposition des passes, diamètre des électrodes, intensité du courant, nombre et position des soudeurs travaillant simultanément sur un même joint; emplacement, longueur des touches de fixation des pièces; caractéristiques et longueurs partielles des soudures dites à pas de pèlerin;

Fig. 12. Trou de montage bouché par soudure : inclusions et fissure.



3. Les dispositifs de rotation et le nombre de retournements des pièces assemblées par des joints à formes symétriques;

4. Les dispositifs permettant au soudeur l'exécution des soudures dans une position aisée;

5. Les mesures et les artifices à utiliser en vue de la réduction des effets du retrait : déformations compensatoires, diminution du bridage, préchauffage, recuit de détente ou de normalisation de certains assemblages.

La qualité du programme détaillé de l'exécution des soudures conditionne la réussite de la construction; nous ne prendrons comme exemple que la jonction de deux tronçons d'une poutre en double T, de grande hauteur. Le succès d'une telle jonction est assuré :

a) Par une prévision chiffrée du retrait de joint d'âme et des joints de semelle;

b) Par la possibilité de réaliser avec le maximum de simultanéité les joints d'âme et de semelles, ce qui implique l'utilisation de plusieurs soudeurs (quatre si possible), à des stades différents pour les joints d'âme et de semelles;

c) En évitant l'intersection des soudures d'âme et de semelles constituant le joint et des soudures reliant l'âme à chacune des semelles;

d) En assurant une certaine liberté dans l'exécution du joint, par une exécution différée et sur des longueurs à déterminer, de part et d'autre du joint, des soudures reliant l'âme aux semelles.

A la base d'une bonne exécution des constructions soudées, se trouve encore le souci d'atténuer les conséquences du retrait et d'empêcher que les différentes opérations subies par le métal ne mettent celui-ci en état d'infériorité dans sa résistance à l'ensemble des tensions qui le sollicitent.

Le traçage des pièces requiert plus de soin encore que pour les constructions rivées; un traçage défectueux est presque toujours à l'origine des difficultés rencontrées à propos de raccords trop peu précis. Une connaissance suffisante du retrait permet de prévoir, au moment du traçage, les surlongueurs destinées à compenser les raccourcissements après soudure.

Le découpage des pièces et la préparation des bords à souder ne peut donner lieu à un écrouissage du métal, à la naissance de fissures microscopiques, à la réalisation de surfaces et de chanfreins irréguliers. On en vient à proscrire toute opération de cisailage, de poinçonnage, de découpage à l'arc électrique et au chalumeau à main et à éliminer le burinage à main ou pneumatique comme moyen systématique de chanfreinage. L'utilisation de la scie et de la raboteuse est recommandée, mais elle est souvent tributaire du facteur économique. Le chalumeau oxyacétylénique guidé mécaniquement et utilisé dans de bonnes conditions satisfait à toutes les exigences.

Lors d'une mise à forme éventuelle, il est nécessaire d'éviter toute

déformation importante à froid ou de se limiter à des déformations pour lesquelles le rapport du rayon de courbure à l'épaisseur reste élevé ($\frac{R}{e} > 40$).

D'autre part, un cintrage à chaud exige des conditions appropriées : contrôle de la température, mise à forme par pression continue, interdiction de tout travail en dessous de la température du rouge sombre.

Les moyens de montage provisoire des assemblages doivent permettre une présentation des pièces exactement conforme aux prévisions du plan et assurer notamment le respect, sur toute la longueur des joints, de l'écartement des arêtes des chanfreins. Le montage par boulons traversant les pièces à assembler ou le joint est à proscrire. Le remplissage ultérieur des trous, au moyen de métal d'apport, est une opération qui s'est révélée des plus néfastes; il a pour corollaires inévitables des inclusions et des fissurations (fig. 12). La fixation au moyen de cornières provisoires, soudées de part et d'autre du joint et réunies entre elles par des boulons est à déconseiller, à moins de procéder prudemment à leur enlèvement. Le pointage des pièces par des cordons de faible longueur et espacés est un procédé couramment employé; il requiert certaines précautions, en raison de la mauvaise qualité du métal de ces cordons, du bridage qu'ils entraînent et des fissurations dont ils sont souvent le siège. La préparation des assemblages et le maintien des pièces pendant l'exécution des soudures seront de préférence assurés au moyen de coins, clames, étriers, boulons de serrage indépendants, dont l'emplacement et le degré de serrage sont à déterminer en fonction de la nécessité d'entraver le retrait le moins possible.

Si l'emploi de plats spéciaux, tels les profils nervurés dans la constitution de poutres en double T, s'avère intéressant ainsi que nous l'avons signalé à propos de la conception des ouvrages, il présente certains inconvénients dus aux tolérances sur la hauteur de la nervure, à l'excentricité de celle-ci et à la difficulté d'obtenir un équerrage parfait de l'âme et du patin, après l'exécution de la soudure qui les relie.

L'observance des quelques principes énoncés à propos de la conception des ouvrages et des précautions à prendre lors de l'exécution réduit considérablement le rôle de l'ouvrier soudeur, à qui il incombe seulement de consommer des électrodes d'une manière parfaitement précisée par les plans et par le programme de soudure. Il est indispensable de réaliser les jonctions, sinon strictement conformes, quant à leurs dimensions finales, aux dimensions théoriques du plan, du moins en respectant les tolérances imposées. A ce sujet, un contrôle facile et toujours précieux consiste à comparer la quantité d'électrodes réellement consommée et la quantité prévue. Les cordons d'angle auront des formes planes ou légèrement concaves se raccordant aux pièces assemblées suivant un profil progressif et sans morsure. A moins que leur enlèvement ne soit prévu, ce qui est préférable, les surépaisseurs des joints en bout seront faibles; elles ne présenteront ni dénivellation brusque, ni morsure. L'exécution de soudures de qualité est encore liée à une valeur suffisante de la température ambiante; les pièces dont l'épaisseur dépasse 25 millimètres doivent pouvoir être préchauffées, dès que la température ambiante descend en dessous d'une certaine valeur (+5° C). Le préchauffage ou le chauffage en cours d'exécution sont parfois prévus indépendamment des conditions atmosphériques; appliqués localement à des pièces bridées, ces traitements ne s'indiquent pas, car ils augmentent l'hétérogénéité du régime thermique. Par suite de

leurs dimensions et du manque d'équipement suffisant, les ponts et les charpentes font rarement l'objet d'un recuit de normalisation ou d'un recuit de détente; tout au plus, certains assemblages de faible volume sont-ils soumis à l'un ou à l'autre de ces traitements.

Le contrôle des constructions se fait à priori et au cours de l'exécution. Indépendamment du facteur matériau (métal de base, électrodes) que nous n'envisageons pas ici, le contrôle se fait à priori par l'examen des dispositions constructives et du programme de réalisation. Au cours de l'exécution, le contrôle continu de l'outillage et de la qualification des soudeurs s'accompagne de la vérification des dimensions des pièces, des formes et de la régularité des chanfreins. Le relevé permanent des retraits et des déformations s'avère être une des meilleures formes que peut revêtir le contrôle de l'ouvrage; il est toujours riche d'enseignements et il contribue à approfondir et à consolider les connaissances encore éparses que nous avons du retrait. Les joints soudés sont autant que possible contrôlés radiographiquement. La radiographie des soudures est couramment appliquée; si elle a permis de mettre au point, en de nombreux cas, la technique même de la soudure, elle continue à exercer un effet moral considérable sur le soudeur et, à ce titre, elle est sans conteste le plus sûr garant de la qualité macroscopique des soudures. Enfin, le montage provisoire de la construction achevée est une opération fructueuse et susceptible d'éliminer bien des difficultés, lors du montage au chantier. Le montage a lieu chaque fois que la nature ou l'importance de l'ouvrage le rendent possible. Il permet de corriger dans de bonnes conditions des discordances éventuelles dans le raccordement des éléments de l'ouvrage, en profitant de l'outillage et des moyens techniques de l'atelier.

Ces quelques idées, émises à propos de la conception et de l'exécution des ouvrages soudés, constituent, semble-t-il, des règles de la bonne pratique actuelle. Elles montrent qu'une importance égale est à accorder à toutes les opérations et à tous les stades qui, dès le début de l'étude du projet, acheminent de tels ouvrages vers leur aboutissement. En matière de soudure, chaque détail doit faire l'objet d'une égale mise au point; une négligence vis-à-vis de l'un d'eux peut compromettre irrémédiablement le comportement de la construction.

Ces quelques règles de bonne pratique ne sont certes pas immuables; les constructions soudées sont susceptibles de progrès, au fur et à mesure de l'amélioration du niveau de nos connaissances. Il s'impose notamment, de procéder à une analyse approfondie du phénomène complexe que constitue le mode de rupture et, en particulier, de poursuivre, sans désespérer, les recherches déjà fort importantes, entreprises à propos des constructions soudées, sur les conditions de rupture. Dans ce sens, il apparaît nécessaire de déterminer, d'une manière approfondie, l'intervention de facteurs, tels la fatigue, les états de tension, la sensibilité aux traitements thermiques et mécaniques.

Parallèlement aux études théoriques et en rapport étroit avec elles, il s'impose d'appliquer immédiatement les résultats de l'expérience à la recherche d'une amélioration des constructions, aussi bien dans leur conception que dans leur exécution. Des liaisons et des renforcements surabondants justifiés par des arguments dépourvus de toute assise scientifique sont fréquemment prévus, en vue d'accroître une illusoire sécurité. Des progrès immédiats dans ce sens sont possibles pour la construction soudée qui, il faut le reconnaître, n'a trop souvent été que le décalque de

la construction rivée, malgré la différence fondamentale des modes d'assemblage. La conception des ouvrages doit se faire sur la base des connaissances déjà étendues que l'on possède sur les effets des liaisons par soudure. Contrairement à une idée qui a eu cours et dont les manifestations se font encore trop sentir, une construction soudée ne doit pas être essentiellement raide, ni dans son ensemble, ni dans ses éléments. Une certaine souplesse est indispensable à la transmission correcte des efforts et à la limitation des effets défavorables du retrait des joints soudés. Les formes qui conviennent à la construction soudée lui sont propres et c'est à la condition de trouver ces formes que l'avenir de la soudure pourra être assuré dans le domaine des ponts et charpentes. Le dimensionnement sera évidemment basé sur la résistance des matériaux, mais aussi sur les résultats des recherches dont nous venons de souhaiter l'aboutissement. Il y a lieu, soit d'utiliser de nouvelles formes de profilés, soit de mettre rationnellement en œuvre les profilés actuels par un choix judicieux basé sur la nature des efforts à transmettre. Le calcul des assemblages doit se faire sur des bases moins empiriques au sujet desquelles des recherches sont en cours dans de nombreux pays. Il s'indique de proscrire tout procédé conduisant à des dimensions inutilement surabondantes pour les soudures, car on sait que les risques de défauts et les effets du retrait sont en raison directe de la section du métal déposé. La forme des cordons sera choisie en pleine connaissance des avantages et des inconvénients que chaque type présente, eu égard à la gravité de l'état de tension qu'entraîne leur exécution.

L'application de la soudure aux constructions a entraîné la notion de soudabilité de l'acier. La recherche d'une soudabilité toujours meilleure a conduit et conduit encore à la recherche illusoire d'un matériau qui serait insensible aux effets thermiques et mécaniques de la soudure. Elle a fait perdre de vue que la qualité intrinsèque de l'acier, considérée au sens métallurgique du terme, est moins prépondérante dans le comportement des ouvrages que la manière dont le matériau est mis en œuvre. Il sera toujours fallacieux de préconiser un acier coûteux, dont les propriétés exceptionnellement ductiles permettraient son utilisation quelles que soient les erreurs de conception et les malfaçons dans l'exécution. Sans sous-estimer le rôle de la qualité métallurgique de l'acier, l'essor de la construction soudée n'est assuré que par l'emploi d'un acier courant de bonne qualité, dont l'élaboration est soignée, quel que soit le procédé de fabrication. Son utilisation doit se faire en pleine connaissance des phénomènes inhérents au procédé d'assemblage par soudure; elle implique l'idée que les ouvrages soudés requièrent des formes qui leur sont propres et une exécution soignée. Le développement de la soudure doit normalement conduire au choix d'aciers à haute résistance, dont la limite élastique élevée permet de relever la valeur des tensions admissibles et conduit à des constructions plus légères. L'expérience belge n'étant peut-être pas assez longue à leur sujet, ce choix ne pourra être décidé que par la connaissance des qualités réelles de soudabilité des aciers à haute résistance.

Les ouvrages soudés peuvent tirer grand profit de la mise en œuvre de nouveaux procédés de réalisation des soudures basés sur une exécution semi-mécanique ou mécanique des joints.

L'auscultation systématique des constructions terminées est un autre élément susceptible de faire progresser l'art de la construction; elle permet d'apprécier le comportement et la justesse de la conception des ouvrages; elle peut conduire conjointement avec les études théoriques à la mise au

point de méthodes de calcul rationnelles, tenant compte du fonctionnement réel de la construction.

Résumé

L'évolution de la conception et de l'exécution des ponts et charpentes soudés en Belgique a pour origine les enseignements tirés des accidents survenus aux ponts soudés et les résultats des études et des essais entrepris à propos de ces accidents.

La conception des ouvrages a surtout évolué vers la réduction des effets du retrait.

Ce but est recherché dans l'amélioration des dispositions constructives, dont le choix doit contribuer à éliminer les centres locaux de raideur et à diminuer la raideur d'ensemble des constructions.

Une grande importance est attachée à l'établissement, lors de la conception des ouvrages, d'un programme complet de réalisation des joints.

L'exécution a suivi une évolution parallèle à celle de la conception.

Les règles de la bonne pratique actuelle sont encore susceptibles d'amélioration.

Le but à atteindre consiste à trouver les formes qui sont particulières aux constructions soudées.

Zusammenfassung

Die Entwicklung im Entwurf und in der Ausführung der geschweissten Brücken und Hochbauten in Belgien stützt sich auf die Lehren, die aus den Unfällen an geschweissten Brücken gezogen und auf die Resultate der Forschungen und Versuche, die wegen dieser Unfälle angestellt wurden. Der Entwurf der Bauwerke zielt vor allem dahin, die Schrumpfeffekte zu vermindern.

Dieses Ziel sucht man zu erreichen durch Verbesserung der konstruktiven Durchbildung. Sie soll dazu beitragen, die lokalen Härtungen zu eliminieren und die Steifigkeit der Gesamtkonstruktion zu vermindern.

Grosse Wichtigkeit wird neben dem Entwurf auch der Aufstellung eines vollständigen Ausführungsprogrammes für die Verbindungen beigemessen.

Die Ausführung hat eine ähnliche Entwicklung durchgemacht wie der Entwurf. Die gegenwärtigen Ausführungsregeln können aber noch verbessert werden.

Das zu erreichende Ziel besteht darin, die für die Schweissung besonders zweckmässigen Formen zu finden.

Summary

The origin of the evolution of the design and construction of welded bridges and structural engineering in Belgium lay in the knowledge gained from accidents that occurred to welded bridges and in the results of research and tests made in connection with such accidents.

The design of the structures tended above all to reducing shrinkage effects.

This aim is sought in the improvement of constructive dispositions, the choice of which should contribute to eliminate local stiffness centres and to lessen the general stiffness of structures.

Great importance is attached to the drawing up, when design structures, of a complete programme for creating joints.

The execution followed an evolution parallel to that of design.

The rules of present-day good practice are still capable of improvement.

The object to be attained consists in finding forms that are particular to welded structures.