

# Observations sur les ouvrages exécutés en Suisse

Autor(en): **Sturzenegger, P.**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **2 (1936)**

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-2950>

## **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.

## III d 12

Observations sur les ouvrages exécutés en Suisse.

### Erfahrungen bei ausgeführten Bauwerken in der Schweiz.

Experience obtained with Structures Executed in Switzerland

P. Sturzenegger,

Direktor der Eisenbau-Gesellschaft, Zürich.

L'industrie suisse de la construction métallique a appliqué tôt déjà le procédé de soudure en remplacement du procédé de rivetage en usage jusqu'alors. La pratique a de beaucoup devancé le progrès scientifique et expérimental. La disposition constructive fut dirigée par l'expérience acquise en ce domaine dans les autres pays. Les premières applications se rapportèrent à la construction des charpentes avec assemblages soudés de montants et de solives pour former des cadres. A côté des constructions de charpentes, on utilisa la soudure dans une proportion croissante pour l'exécution de constructions à âme pleine, car la disposition constructive apparaît simple et les avantages économiques des constructions soudées se transcrivent par une économie de poids. Des essais de construction de poutres réticulées soudées furent faits isolément; les différents constructeurs cherchèrent dès le début un passage de la disposition des constructions rivées à une nouvelle disposition adaptée à la soudure. Le manque de connaissances et de résultats d'essais scientifiques conduisit les constructeurs à des essais pratiques.

La fig. 1 montre un des deux ponts de service construits sur le Rhin pour le barrage de l'usine hydro-électrique d'Albbruck-Doggern. Ce pont d'environ 150 m de longueur a cinq travées d'environ 30 m et il fut monté sans échafaudage, par déplacement longitudinal. Les contraintes internes de retrait, résultant des influences de la chaleur au cours du soudage furent déterminées par des mesures au-dessous de la limite d'élasticité. En poursuivant les essais au-dessus de la limite d'écoulement, ainsi que le montre la fig. 2, on a pu étudier le comportement de la construction choisie, jusqu'à la rupture. Sur la base des observations faites par les constructeurs et par l'étude de la littérature étrangère, l'exécution de constructions soudées a fortement augmentée, mais il s'agissait presque exclusivement d'ouvrages à âme pleine supportant des charges statiques ou de faibles sollicitations dynamiques, tels que ponts-route. L'application de la soudure était moins basée sur des considérations économiques que sur la satisfaction professionnelle de l'Ingénieur dans le nouvel art de construire. Ce fait réjouissant de l'ambition de l'idée créatrice de l'Ingénieur a été entravé toutefois par la crise économique et par le renchérissement notable des construc-

tions soudées par suite de la résistance à la fatigue plus faible des assemblages soudés. Les réalisations les plus importantes de cette époque sont, à côté d'une série de bâtiments dans différentes villes et dans différents centres industriels, les halls de la Foire de Bâle<sup>1</sup> et le Laboratoire des machines de l'Ecole Poly-

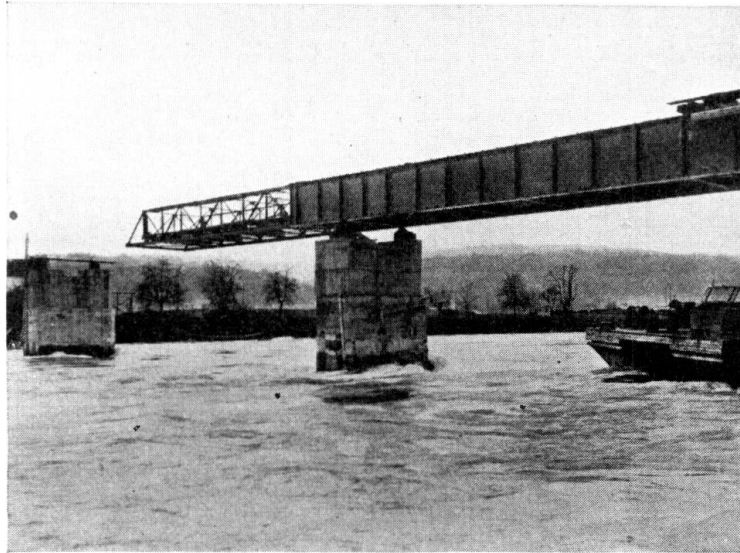


Fig. 1.

Usine hydroélectrique Albruck-Dogern, pont de service pour la construction du barrage.

technique Fédérale.<sup>2</sup> On exécuta aussi en construction soudée beaucoup de toits de quais pour les Chemins de fers fédéraux; entre autres le toit en porte à faux de 7 m de portée pour la gare de Genève-Cornavin, représenté à la fig. 3 est une des réalisations les plus intéressantes.

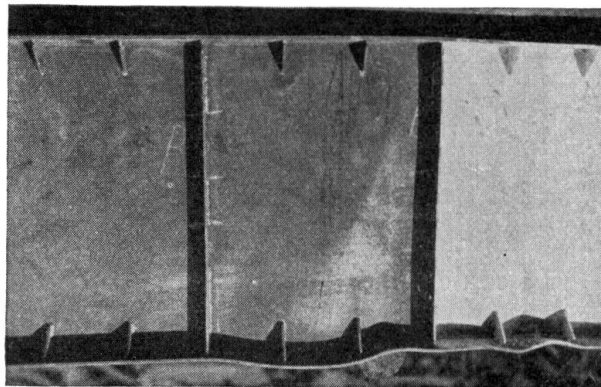


Fig. 2.

Usine hydroélectrique Albruck-Dogern, essais à la rupture effectués sur des modèles de poutres du pont de service sur le Rhin.

En construction de ponts-route on exécuta aussi une série d'ouvrages dont un des plus marquants est le pont construit en 1933, en arc non rigide renforcé, avec ouverture centrale de 70,70 m sur le Tessin, pour la route Giubiasco-Sementina.<sup>3</sup> Parmi les autres ponts-route qu'il faut citer, il y a les ponts sur le Brenno près d'Acquarossa et sur le Rhône près de Loèche qui ont chacun

<sup>1</sup> Schweizerische Bauzeitung 1934, N<sup>o</sup>. 8, Ossature Métallique 1934, N<sup>o</sup>. 7/8.

<sup>2</sup> Schweizerische Bauzeitung 1933, N<sup>o</sup>. 21.

<sup>3</sup> Bulletin de l'A.I.P.C., N<sup>o</sup>. 3.

40 m de portée, ainsi que le passage sous voies des C.F.F. en gare de Genève.

Alors qu'aux débuts de l'application de la soudure les assemblages sur le chantier étaient aussi soudés, les industriels suisses en vinrent, pour des raisons économiques, au soudage à l'atelier et au rivetage ou au boulonnage sur le chantier. Le contrôle plus étendu, lié au soudage sur le chantier et les installations électriques se montrèrent trop coûteux pour des ouvrages de dimensions restreintes; l'organisation et les installations du chantier ne sont rentables que dans les grandes réalisations qui sont très rares en Suisse.

On chercha à étudier la question de l'influence de la chaleur et des contraintes de retrait qui en résultent, par des mesures effectuées sur les ouvrages. D'autre part, pour la préparation de nouvelles Prescriptions fédérales concernant l'emploi

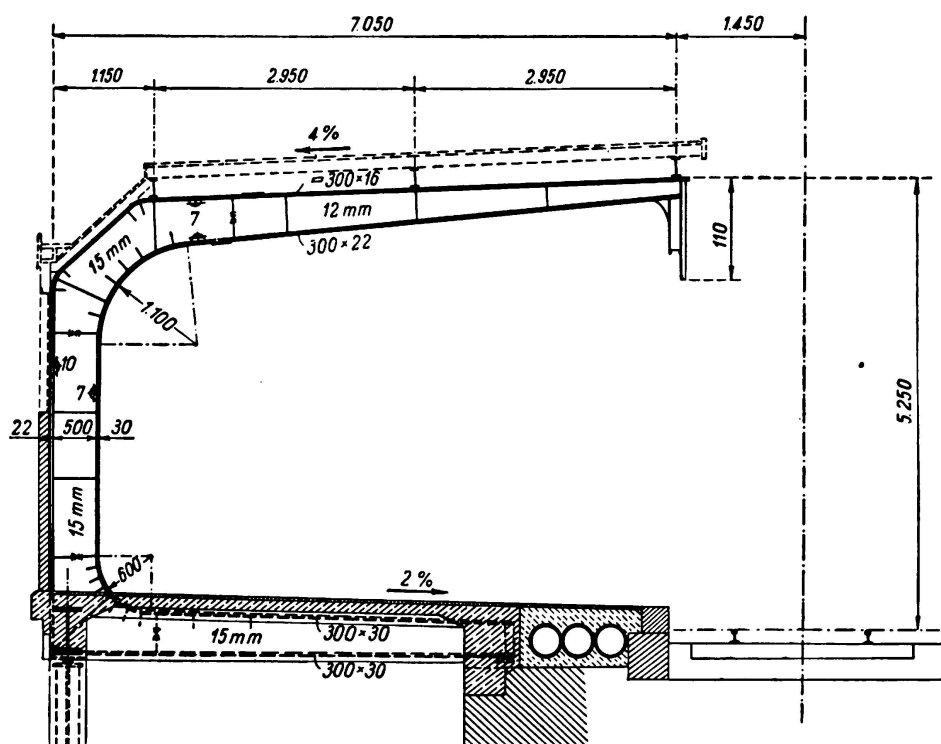


Fig. 3.

Couvertures de quais de la Gare Genève-Cornavin C.F.F.

de la soudure, des investigations sont en cours au Laboratoire fédéral d'essai des matériaux à Zurich sur la résistance et les contraintes admissibles des assemblages soudés (voir: Annales suisses des sciences appliquées et de la technique Prof. Dr. *Roš* et *A. Eichinger*) ainsi que les recherches sur la disposition constructive des assemblages soudés effectuées par la Commission de travail pour la soudure dans les constructions métalliques, Groupe professionnel de la Société suisse des Ingénieurs et Architectes et de la Commission technique du Syndicat des ateliers suisse de construction de ponts et de charpentes métalliques. Les constatations concernant les faibles contraintes admissibles, à la limite de fatigue du matériau, en même temps que les contraintes additionnelles de retrait que l'on constate par les mesures pratiques, conduisirent à un ralentissement de l'application de la soudure, en ce sens que les exigences de la dis-

position constructive renchérisaient dans une telle proportion le coût de la construction que le rivetage était revenu à l'honneur.

Les préventions de certains milieux suisses chargés de la surveillance des constructions, contre les contraintes additionnelles de retrait et leur influence sur la sécurité des ouvrages sont exagérées. Les profilés de laminage subissent aussi des contraintes dues à la chaleur, sensiblement plus grandes que les poutres soudées, sans que ces contraintes agissent d'une façon nuisible. De fortes contraintes internes, ainsi que l'a montré l'expérience, s'égalisent avec le temps. On devrait négliger les contraintes dues à la chaleur dans les constructions soudées exactement calculées et bien disposées au point de vue constructif. La possibilité de découvrir les fautes par un contrôle radiographique et de tirer des déductions sur l'exécution du travail, conduit souvent à des conclusions trop poussées. Les résultats d'un tel contrôle, qui peut toujours contenir des erreurs, ne permettent pas de conclure directement sur les propriétés de résistance d'un assemblage soudé.

Les nouvelles Normes suisses concernant le calcul, l'exécution et l'entretien des constructions métalliques et des constructions en béton et en béton armé, qui ont paru entretemps au début de 1935, sur la base de longs travaux préliminaires, autorisent l'emploi de la soudure pour l'exécution de toutes les constructions. Par suite du développement toujours croissant de l'art de la soudure, les nouvelles Prescriptions se limitent à fixer des principes fondamentaux tels que: la qualité des matériaux employés et des assemblages soudés, les contraintes admissibles des soudures bout à bout et des soudures d'angle, les principes pour l'exécution des constructions soudées, le contrôle des assemblages soudés, du personnel et des installations. Les méthodes de calcul et la disposition constructive restent réservées aux connaissances professionnelles de l'Ingénieur. Les Normes ne sont pas ainsi un organe de contrôle embarrassant et permettent le développement des Ingénieurs en collaboration étroite avec l'expérience des directions d'ateliers, des professionnels de la soudure et des institutions de recherche.

Du fait que la résistance à la fatigue d'un assemblage soudé dépend du degré d'irrégularité du diagramme des contraintes et du fait que les accumulations de contrainte résultant des tensions additionnelles dues à la chaleur lors de l'exécution des constructions soudées peuvent être évitées, les exigences fondamentales qui suivent se sont développées pour l'exécution de constructions soudées: le métal d'apport doit par sa qualité se rapprocher autant que possible du métal de base. Les électrodes minces sont préférables aux électrodes épaisses à cause de leur meilleure pénétration. La racine des soudures d'angle doit toujours être exécutée avec des électrodes minces. Les soudures bout à bout sont à resouder du côté de la racine après burinage et nettoyage de la racine. Dans les soudages en passes il ne doit y avoir ni scories, ni pores, ni vides. Ces défauts agissent comme des entailles internes sur la résistance à la fatigue des assemblages soudés. Afin d'assurer l'ouverture du joint, il faut agraffer les éléments à assembler, le soudage se fait alors en passes minces en alternant la succession de l'exécution des soudures afin de réduire les déformations. L'exécution des soudures en passes minces se fait surtout en employant des électrodes épaisses afin d'éviter un chauffage trop grand des zones de soudage. Comme le refroidissement

rapide dans les zones de fusion extérieures engendre une structure cassante, on emploie des électrodes enrobées ou enduites dans lesquelles le revêtement empêche un refroidissement rapide. La valeur du martelage des soudures au cours de leur exécution trouve une justification partagée. Afin d'éviter absolument une oxydation, l'arc électrique doit être court durant le soudage. Il faut éviter une vitesse trop grande de soudage avec surchauffage, car cela engendre de plus grandes contraintes résiduelles dues à la chaleur. Il faut éliminer des soudures, les scories superficielles et nettoyer les soudures.

Dans les cas spécialement importants on peut recommander un recuit des soudures jusqu'à la température inférieure de transformation. La fig. 4 montre une pièce d'un wagon surbaissé de 60 t de charge utile. Dans ce cas il a été nécessaire de faire subir à cette pièce un recuit. Des essais statiques et dyna-

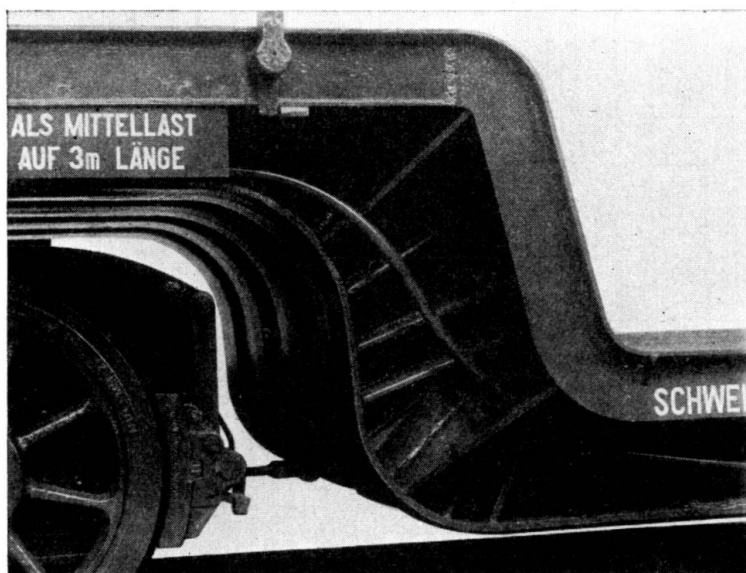


Fig. 4.

Wagon surbaissé des C.F.F., charge utile 60 t, pièce soudée

miques complets montrèrent que les contraintes mesurées correspondent pour une surcharge statique à peu près aux sollicitations calculées.

La soudure légèrement surélevée est la plus courante. La soudure d'angle est limitée aux assemblages soudés importants soumis à des sollicitations dynamiques. Son exécution est plus coûteuse. Il est nécessaire d'étudier si effectivement, comme pour une forme continue du métal de base, les avantages d'un diagramme régulier des contraintes se présentent dans la soudure. Le début et la fin des passes doivent être doucement raccordés. Certains milieux préconisent l'application d'une nouvelle couche pour éviter les entailles. La valeur de tels soudages additionnels est diversement estimée et demande une mise au point. Le fait que dans les ouvrages sollicités dynamiquement il est nécessaire de limer les soudures pour obtenir des soudures et des transitions régulières et sans entailles, augmente le prix de la construction. Les constructeurs se demandent quelle est la valeur de ces mesures. Dans les ouvrages soumis aux intempéries ou à d'autres influences préjudiciables toutes les soudures doivent être continues.

Au point de vue du retrait, les soudures en X sont jugées plus favorables que les soudures en U et en V. Les soudures en K préconisées souvent et représentées à la fig. 5 sont difficiles à exécuter et coûteuses. Elles ne doivent être employées que là où leurs autres avantages les font préférer. Cet inconvénient est réduit en Allemagne par suite de l'emploi des profilés à bourrelet qui n'ont pas encore été introduits en Suisse parce qu'il est difficile de se les procurer et à cause de leur prix. Il faut éviter autant que possible les soudures d'angle car elles ne possèdent pas les avantages de la décharge connue dans les assemblages rivés. Les assemblages excentriques sont à éviter parce que dangereux.

Le fait que, lors de l'exécution des constructions soudées, les déformations des éléments n'engendrent pas seulement des difficultés d'exécution mais conduisent aussi à des concentrations de contraintes résiduelles dues à la chaleur, il faut

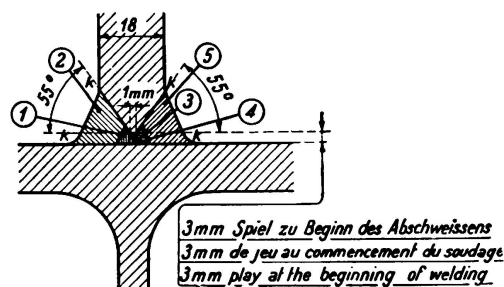


Fig. 5.

## Soudure en K

- 1 première passe: Electrode No 8 ou 10
- 2 soudure terminée
- 3 usinée du côté de la racine
- 4 reprise à la racine: Electrode No 8 ou 10
- 5 soudure terminée aucune entaille en »K«

étudier systématiquement la question de la succession du soudage et mesurer les contraintes de retrait. Les C.F.F. ont fait exécuter des mesures complètes dans ce sens sur deux poutres principales d'un pont-rails de la ligne du Seetal. On avait d'abord exécuté l'âme d'une poutre-maitresse avec tous ses raidisseurs puis on a appliqué en suivant les semelles de la membrure inférieure et de la membrure supérieure. Pour la seconde poutre on a soudé d'abord les membrures dans le même ordre sur l'âme nue puis, après seulement, on a appliqué les raidisseurs extérieurs et intérieurs de l'âme. Dans les deux cas on a exécuté la soudure d'une façon tout-à-fait symétrique en partant du milieu pour aller vers les extrémités de la poutre. Quant à la soudure de liaison des semelles à l'âme on a essayé de réduire le degré de déformation en soudant tout-à-fait parallèlement ou avec un léger décalage. Les mesures des contraintes de retrait ont montré que ces contraintes croissaient du milieu vers les extrémités de la poutre. Les semelles étaient soumises dans le sens longitudinal à une compression assez uniforme, maximale dans l'axe de l'âme. On ne put déterminer aucune régularité dans les contraintes de l'âme. Les différentes progressions dans le soudage des deux poutres n'engendrent aucune différence dans les contraintes de retrait. Par contre le procédé, où l'âme était renforcée avant l'application des membrures, donnait à la poutre une plus grande rigidité. Le procédé à pas de pèlerin ne présente aucun avantage sur le soudage continu. Quant à la déformation, elle était la même avec les deux procédés. Les passes de fixation courtes et épaisses se sont montrées supérieures aux passes longues et minces. Une mesure de température, effectuée lors du soudage de l'âme, a donné une valeur maximale de 170° C à la distance de 60 cm de la soudure. La chaleur qui se propageait dans l'âme n'était que de 30—40°. Lorsque le soudage des membrures sur

l'âme se faisait d'une façon décalée on a obtenu une déformation plus grande, mais pour cela une réduction importante de l'échauffement. Ces divers essais ne permettent pas d'établir des lois sur le comportement des constructions au cours du soudage. Ce sont les ateliers de constructions qui devront trouver, en partant de l'expérience acquise pas à pas, la succession à adopter pour l'exécution des soudures et qui donne les déformations les plus faibles. Lorsqu'il est impossible d'éviter des soudures sur le chantier, il faut qu'elles soient aussi simples que possible à exécuter.

Toutes les conditions préliminaires montrées par l'expérience pour l'exécution des assemblages soudés et les connaissances acquises par le grand nombre d'essais effectués par des Associations scientifiques et des Laboratoires d'essai en Allemagne et dans d'autres pays, ont entraîné en Suisse un développement semblable

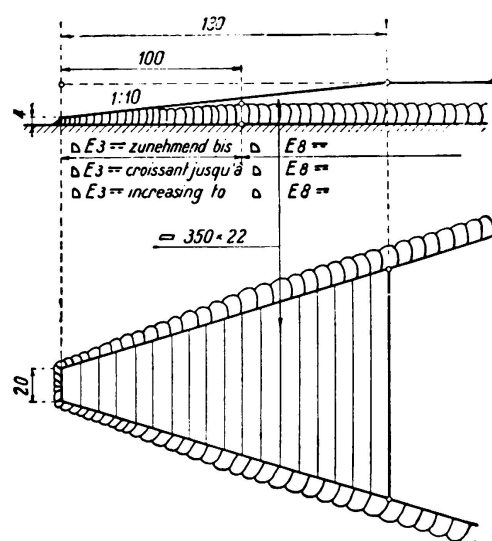


Fig. 6.

Soudure d'extrémités de semelles

des détails de la construction métallique. Comme on a reconnu la supériorité des joints bout à bout quant à la résistance à la fatigue, l'Ingénieur doit se libérer des principes de la construction rivée et chercher, pour les barres et les noeuds, de nouvelles formes qui permettent d'utiliser partout des assemblages soudés bout à bout.

Lorsque l'on renforce des profilés de laminage par des semelles, il faut usiner les extrémités de ces semelles en forme de coin et en réduire progressivement la hauteur dans le sens de la fig. 6, afin d'éviter des variations brusques avec perturbations de l'allure des contraintes et des réductions de la résistance à la fatigue. Lorsque le profil de base dépasse les dimensions des profilés de laminage, on constitue ce profil de base au moyen d'une âme et de semelles. En Suisse on n'utilise généralement pas les profils spéciaux à fourchette ou à bourrelet. On emploie souvent des demi-profilés en I à larges ailes avec âme intercalée, spécialement là où dans la soudure entre l'âme et les membrures il est possible de maintenir la valeur de la contrainte admissible. Ces soudures de gorge, dimensionnées pour l'effort tranchant seulement, sont soumises effectivement à des contraintes résultant des moments de flexion. Il est nécessaire d'étudier la sollicitation de ces soudures de gorge et leur influence sur la sécurité de l'ouvrage.



Pour l'assemblage des âmes on a abandonné les soudures bout à bout avec couvre-joints, à cause de la faible résistance à la fatigue des soudures d'angle, ainsi que les joints dont les soudures bout à bout sont rendues plus longues au moyen de tôles triangulaires intercalées. Des joints soudés bout à bout avec soudure oblique (fig. 7) se sont montrés excellents; ils ont été employés pour

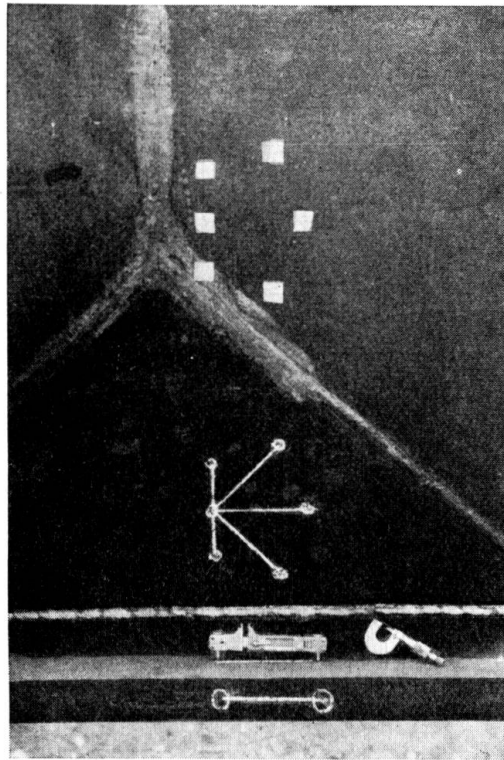


Fig. 7.

Joint d'âme, Seetalbahn, C.F.F.

les poutres principales du pont-rails de la ligne du Seetal des C.F.F. Une autre disposition excellente est une soudure bout à bout droite avec petit couvre-joint raboté dans la zone tendue (fig. 8); ce couvre-joint compense la sollicitation à la traction réduite de la soudure. Cette exécution a été employée pour le pont-rails

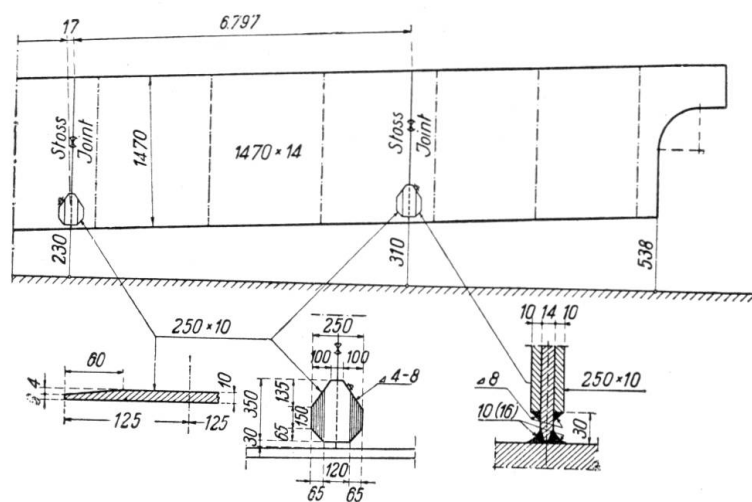


Fig. 8.

Joint d'âme, pont-rails de la ligne Zürich-Baden C.F.F.

de la ligne Zurich-Baden (fig. 9). Cette figure montre à l'époque du remplacement, ce pont de 26 m de portée environ, construit il y a peu de temps, le nouveau pont est accouplé à l'ancien ce qui permit de substituer le nouveau pont à l'ancien. Des mesures effectuées sur des joints, agencés suivant la fig. 7, ont montré que les plus grands retraits transversaux se produisaient dans la partie médiane de la soudure bout à bout directe, tandis que ces retraits étaient réduits

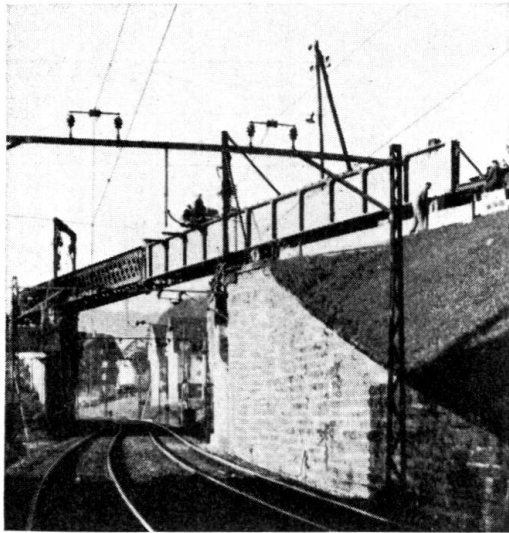


Fig. 9.

Passage sur-voies C.F.F.,  
ligne Zurich-Baden C.F.F.

dans les soudures en triangle. Il en résulte que l'on peut recommander l'emploi de joints suivant la fig. 10.

La simple soudure bout à bout droite avec soudure fraisée raccordée doucement et sans entailles, ainsi qu'elle a été employée au pont de Rügendamm,<sup>4</sup> n'a pas encore été appliquée en Suisse. Il faut éviter les soudures de raidisseurs placées l'une en face de l'autre, dans la même section. Les raidisseurs seront découpés près des soudures de gorge des membrures. Les avis sont très différents quant à la fixation des raidisseurs sur la membrure tendue et aussi quant à la valeur de petits renforcements en coin entre les raidisseurs principaux eux-mêmes.

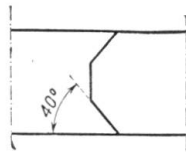


Fig. 10.

Il faut remplacer le grand nombre de semelles par l'emploi des tôles épaisses, ceci à cause du coût d'exécution des longues soudures.

La difficulté de joindre ces semelles épaisses peut être tournée, lorsque la longueur des poutres n'est pas grande, en prolongeant la section épaisse sur toute la longueur. Cette mesure est cependant limitée pour des raisons de transport et d'économie, car de telles pièces sont plus coûteuses par suite de leur longueur anormale. Lorsque l'on ne peut éviter de tels joints des semelles, il faut les placer aux points de la poutre les moins sollicités. Le joint de semelles a représenté à la fig. 11 ne permet pas d'éviter les effets d'irrégularité, mais lorsque les couvre-joints supplémentaires assemblés par des soudures latérales

<sup>4</sup> Bautechnik 1935.

sont rabotés il permet une transition douce. De même la solution b, avec semelle épaisse rabotée à l'épaisseur de la semelle mince et avec liaison du recouvrement par des soudures d'angle et des soudures en V transversales, liaison renforcée par un couvre-joint, n'est pas rentable à cause de la préparation coûteuse et du retrait unilatéral important de la soudure en V auquel il faut s'attendre. C'est avec succès que l'on a employé le joint en forme de coin c. Les inconvénients de ce joint sont le changement brusque de la direction du soudage à la clé du coin

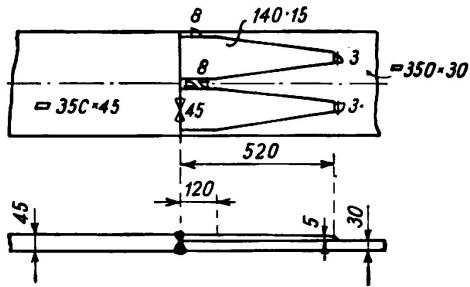


Fig. 11 a.

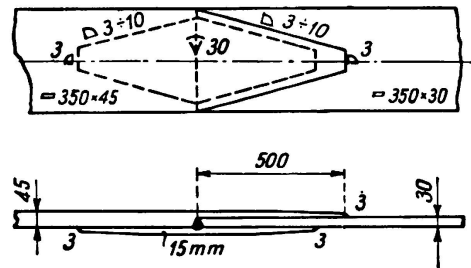


Fig. 11 b.

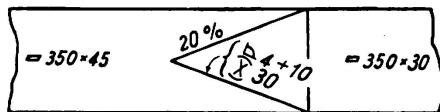


Fig. 11 c.

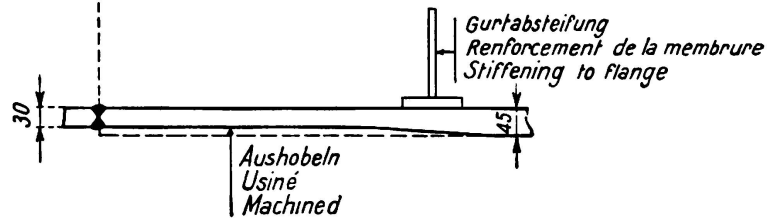
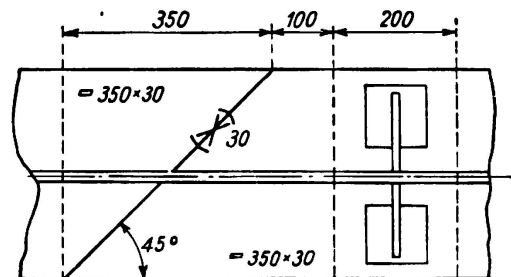


Fig. 11 d.

Fig. 11.

## Joints de membrures.

et la préparation coûteuse. Dans la pratique on préfère le joint droit ou oblique d représenté à la fig. 11, avec rabotage de la semelle épaisse pour obtenir une transition douce. Par contre cette solution, sans rabotage de la semelle épaisse peut être considérée comme suffisante pour les charpentes sollicitées dynamiquement. Des mesures effectuées sur de tels joints ont montré que le mode d'exécution de la soudure en X n'a pas une grosse influence sur les contraintes de retrait. Pour ne pas rendre dangereux les effets de pénétration par fusion aux extrémités latérales des semelles, on a appliqué avec succès, d'après la fig. 12, en dehors de la section, de petites cornières qui furent ensuite sciées.

Par suite de ses avantages incontestés aux points de vue constructif et économique la soudure peut s'appliquer très bien aux constructions de cadres

rigides où, avec un minimum de matériau et d'éléments, la construction soudée s'adapte à l'allure des contraintes. Un ouvrage tout-à-fait moderne où les avantages de la soudure ont été mis en évidence pour les constructions de cadres est le pont pour le service d'enclenchement de 75,65 m de longueur de la gare principale C.F.F. de Zurich (fig. 13). La partie centrale de 5,3 m de largeur sert au service d'enclenchement tandis les deux parties latérales de 2 m de largeur sont utilisées comme passerelles. Cette photographie montre l'élégance aussi bien du tout que des détails de cette construction soudée.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, on n'a exécuté que quelques essais de poutres réticulées soudées, il s'agit avant tout d'ouvrages sollicités statiquement. A côté de quelques toits on a exécuté dans quelques constructions de halls des essais de

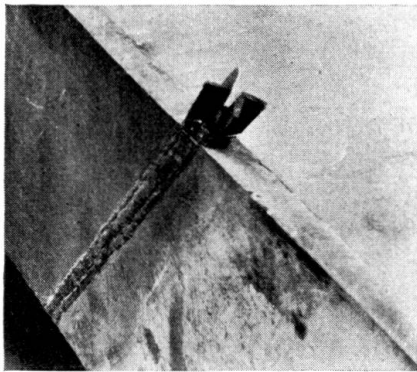


Fig. 12.

Joint de membrures oblique.



Fig. 13.

Poste de commande, gare principale, Zurich.

construction soudée, comme par exemple dans un hangar de l'aérodrome civil de Zurich-Dubendorf où, à côté d'exécutions soudées, on a appliqué la soudure bout à bout. Pour le développement constructif des poutres en treillis soudées, les considérations économiques d'une part et les études sur le diagramme de tension sans perturbation d'autre part sont déterminantes. Il faut éviter, pour les barres de treillis, les longues soudures coûteuses des profils combinés et choisir plutôt des profilés de laminage qui sont aussi avantageux quant à la déformation et aux contraintes de retrait. Dans les assemblages aux goussets il faut se libérer des principes de la construction rivée; le rivetage est remplacé par le soudage latéral. Les nouvelles formes de construction, avec application de soudures bout à bout, assureront une transmission régulière des forces d'un élément de construction à l'autre lorsque le noeud est exécuté de façon constructive adéquate.

Dans la construction des systèmes portants pour le transport de l'électricité, la soudure n'a trouvé jusqu'à présent aucune application. Les conduites à haute tension sont reléguées en Suisse dans les préalpes et les alpes pour des raisons de protection des sites pittoresques; il est par conséquent nécessaire de les diviser pour le transport. Ce n'est que dans une faible proportion que l'on a

employé la soudure pour les systèmes portants des lignes caténaires des Chemins de fer suisses électrifiés.

On a exécuté quelques ponts de chargement en construction soudée mais la satisfaction créatrice de l'Ingénieur a joué là un rôle plus important que les considérations économiques.

Dans la construction des réservoirs, la soudure s'est fortement développée pour l'exécution des soutes et des silos. Actuellement on construit à Zurich une installation de silos à drèche et à charbon d'un volume d'environ 4500 m<sup>3</sup>. Ce sont exclusivement des silos ronds soudés.

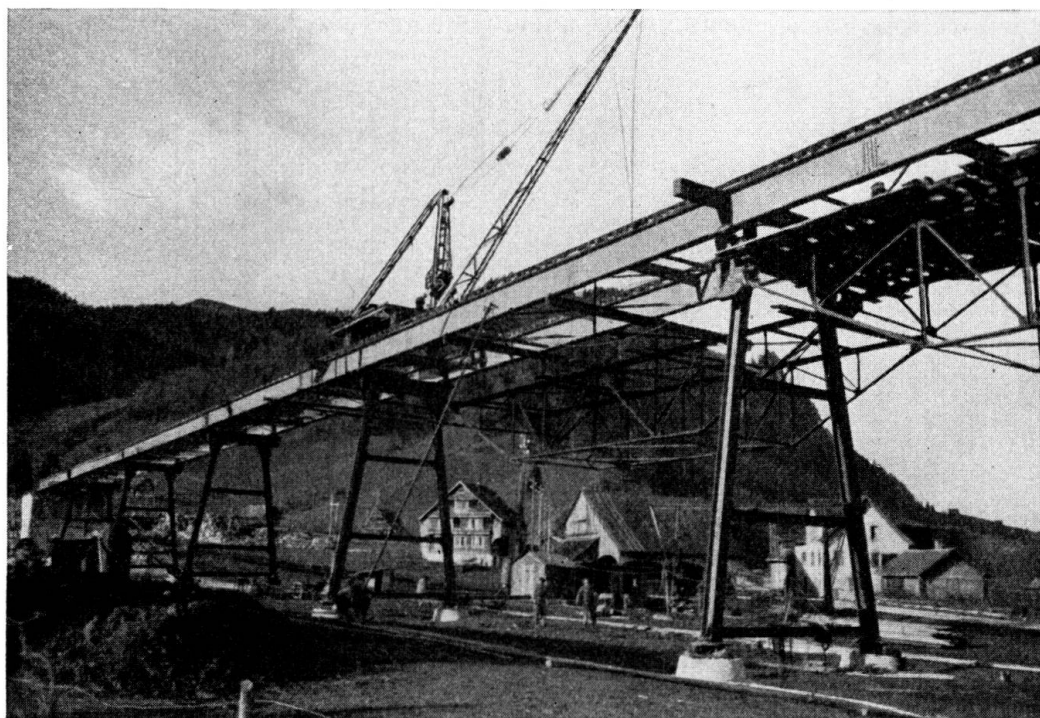


Fig. 14.

Viaduc de Steinbach, Etzelwerk A.G.

L'application de la soudure au renforcement des ponts existants est restée limitée, par suite de la question douteuse de la collaboration de la rivure existante et de la soudure nouvelle, au renforcement de quelques ponts des C.F.F.

En Suisse, la construction entièrement soudée ne s'est pas développée comme dans d'autres pays, principalement au cours des derniers temps, après que l'on eut des données sur la résistance à la fatigue des assemblages soudés. Par contre le soudage de détails constructifs, pour des raisons de simplification, a été adopté par toutes les industries de la construction métallique. Des exemples de constructions soudées dans leurs détails sont les viaducs construits sur le lac artificiel de l'usine hydro-électrique de l'Etzel. Un de ces viaducs, le viaduc de Steinbacher, représenté à la fig. 14, a une longueur de 412 m et une largeur de chaussée de 6 m et l'autre, le viaduc de Willerzeller, a une longueur de 1115 m et une largeur de chaussée de 4,50 m. La superstructure est constituée de profilés à larges ailes avec application de semelles et de piles en cadre avec angles et traverses soudés. Les assemblages effectués sur le chantier sont rivés.