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

**Band:** 1 (1932)

**Artikel:** Discussion

**Autor:** Dustin, H.

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-545

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 03.07.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch**

sur les tranches extérieures à l'endroit en question. Les résultats de cet essai concordent avec ceux qui ont été effectués par les auteurs de cette communication sur des modèles de nœuds en tôle et sur des nœuds entièrement rivés mais de forme analogue [1].

Il a été procédé ensuite à un essai de rupture sur le modèle, après quelques mises en charge dynamiques sans effet. La pièce s'est rompue sous la charge de 5200 kgs par rupture de l'aile tendue dans la section affaiblie par la rangée de rivets la plus voisine du nœud. La soudure s'est rompue dans la même section; nulle part ailleurs elle n'a montré de défaillance.

A l'échelle du modèle, le coefficient de sécurité est d'environ 6.36. Il importe d'ajouter que si le modèle était en général correctement à l'échelle, on n'avait pu éviter un écart en ce qui concerne la rivure d'aile qui était trop faible et créait néanmoins un déforcement excessif de l'aile. En d'autres termes, le nœud réel présentait une sécurité encore plus grande.

Les fig. 4 et 5 montrent le modèle supportant sa charge de rupture et une vue de modèle rompu.

Le pont est actuellement en exécution à l'usine et nous sommes heureux de pouvoir présenter quelques photographies des pièces déjà soudées (fig. 6 et 7). La conception de l'ouvrage a été inspirée par les règles de la plus stricte prudence. Des types d'assemblages nouveaux ont été conçus, mais n'ont été adoptés qu'après des essais rigoureux et concluants. L'aspect du pont est heureux et donne l'impression d'une grande légèreté et d'une réelle élégance (fig. 8 et 9) [2].

Après l'achèvement, l'ouvrage sera soumis à des essais, qui seront comparés aux calculs.

Au point de vue économique, il faudra attendre la fin de l'entreprise pour en tirer des conclusions certaines.

H. DUSTIN,

Professeur à l'Université de Bruxelles,
Directeur du Laboratoire des Matériaux, Faculté technique, Bruxelles.

Au moment où l'A. B. S. vient de mettre sur le métier la rédaction de ses prescriptions relatives aux constructions soudées, il était indiqué de faire l'étude des règlements étrangers visant le même objet.

Le but de la présente note est de résumer les observations auxquelles ont donné lieu, de notre part, les dernières prescriptions allemandes. Avril/mai 1931.

Le texte réglementaire a été l'objet d'un commentaire circonstancié et illustré de nombreux exemples par le Dr O. Kommerell, l'un des auteurs principaux du règlement. Ce commentaire est nécessaire pour la compréhension et

1. Cfr. Études et expériences sur des nœuds de charpente, par F. Campus. (Communication faite à l'Association belge pour l'essai des matériaux le 11 mai 1925.)

2. Les figures 8 et 9, représentant le pont achevé, sont d'avril 1933.

l'interprétation correcte des articles principaux ; texte officiel et commentaire formant un tout indivisible.

Pour abréger, nous examinerons en groupe l'ensemble des prescriptions relatives à :

1° la qualification du métal et du procédé de soudure ;
2° la qualification du soudeur ;
3° les taux de travail admissibles dans les divers types de soudure ;
4° les prescriptions et recommandations diverses.

## I. — Qualification du métal et du procédé de soudure.

La résistance à exiger du métal déposé est déterminée par trois essais :

1. Un essai identique à l'essai de qualification du soudeur. Cet essai, que nous analyserons plus tard, conduit à exiger du métal déposé une résistance vraie en traction de 3100 kg. par cm².

2. Un essai de traction sur un assemblage bout à bout, brut d'usinage dans une tôle de 10 mm., la section de rupture conventionnelle étant celle de la tôle. Le croquis indiquant pour la soudure une surépaisseur possible de 2,5 mm., la section de rupture réelle admise est donc de 1,25 cm² par cm² de joint.

Dans cet essai, on exige seulement une résistance de 3000 kg. par cm² de section conventionnelle, ce qui fait $3000 \times \frac{1.00}{1.25} = 2400$ kg. par cm² de section de rupture réelle.

Des chiffres aussi bas ne peuvent être obtenus que par l'emploi d'un métal de qualité excessivement médiocre, ce qui constitue, à notre avis, un réel danger pour la sécurité des constructions.

3. Un essai sur cordons latéraux, essai dans lequel on exige une résistance de 2400 kg. par cm² de section de rupture réelle.

Les cordons essayés ayant 6 mm. de hauteur de la section de rupture, soit $8\frac{1}{2}$ à 9 mm., de hauteur $h$ (voir plus haut), ce Z″ correspond à un Z″ propre du métal d'apport d'au moins 2600 kg. Un tel Z″ ne peut être obtenu dans ces conditions que par un métal dont le Z en traction soit d'environ $\frac{2600}{70\%} =$ 3800 kg / cm².

Il y a donc contradiction entre les exigences des trois essais destinés à fixer la résistance du métal de soudure.

Nous considérons, quant à nous, que le chiffre de soudure de l'essai sur cordons latéraux représente un minimum qu'on peut exiger franchement d'une soudure d'exécution moyenne, faite en partant d'un fil de qualité également moyenne.

L'aptitude du métal à la déformation se détermine par un essai de pliage sur soudure bout à bout : l'éprouvette en acier extra doux (St. 34), épaisse de 10 mm. seulement, est pliée à 60° seulement sur des rouleaux de 100 mm. de diamètre, écartés de 50 mm. et la soudure reste brute d'usinage.

La réunion de ces conditions fait que le faible angle de pliage exigé peut être obtenu sans déformation appréciable de la soudure elle-même.

Les soudures les moins ductiles sont acceptées par un tel essai.

Les commentaires de l'article 9 montrent pour le surplus que les auteurs considèrent le métal déposé comme normalement dépourvu de toute ductilité.

En ce qui concerne le procédé à employer, le § 3 du règlement ne fait pas de distinction entre le courant continu et le courant alternatif, mais le commentaire qui en est inséparable déclare : la soudure par courant continu sera provisoirement la règle.

Le travail en courant alternatif est pratiquement exclu, malgré ses avantages pratiques et économiques évidents, malgré son développement rapide et son avenir certain, malgré les résultats obtenus dans les pays où son emploi est devenu normal.

Dès l'instant où on impose au métal déposé un ensemble de qualités déterminées, il est arbitraire de vouloir intervenir dans la façon de réaliser ces qualités.

Tandis que, d'une façon générale, le règlement admet pour les soudures un métal de basse qualité et non ductile, le commentaire, en différentes pages, nous recommande un métal « pas trop fragile », « d'une certaine ductilité » et quand il s'agira de travaux tels que le renforcement de ponts, le règlement prescrira l'emploi d'électrodes de qualité : « hochwertige Schweissdrähte ».

## II. — Qualifications du soudeur.

Comme pièce d'épreuve il doit exécuter, art. 7 du règlement, une éprouvette en croix, comportant quatre soudures frontales sans recouvrement. L'éprouvette étant rompue par traction, la soudure doit résister à au moins 2500 kg/cm² de la section de rupture réelle.

En métal peu ductile, tel que celui défini par les essais qui précèdent, cela fait, suivant notre expérience pour le métal déposé, une résistance propre en traction de 3100 kg/cm² environ.

Avec quel métal d'apport cette résistance doit-elle être obtenue ?

Avec le métal défini par l'essai de traction (donnant 2400 kg/cm²) ? L'épreuve est simplement impossible.

Avec le métal défini par l'essai sur éprouvette en croix donnant 3100 kg/cm² ? Dans ce cas, tous les soudeurs du chantier devraient pouvoir, à un moment quelconque, réussir l'épreuve qui a servi à l'agréation du métal et du système de soudure, épreuve pour laquelle on a évidemment choisi le meilleur des spécialistes. Cela paraît excessif.

Avec le métal obtenu par l'essai sur cordons latéraux donnant en traction 3800 kg/cm² environ, le soudeur à l'épreuve, qui est naturellement supposé travailler aussi bien que possible, dispose, pour réussir, d'une marge de résistance d'environ 20 %. L'épreuve n'est plus suffisante pour éliminer l'ouvrier médiocre.

Ces incertitudes ont, pour origine, le manque d'unité des essais imposés pour l'agréation du métal et du procédé.

Ajoutons que, pour la qualification et la surveillance de la main-d'œuvre, une épreuve qui exige l'emploi d'une machine d'essai — donc d'un laboratoire

— est peu commode et de nature à raréfier un contrôle qu'il faudrait, au contraire, encourager en le facilitant.

Il en est tout autrement des épreuves de qualification du métal et du procédé, épreuves qui, normalement, sont faites, une fois pour toutes, à l'origine d'un travail important.

Ayant des buts et des objets complètement différents, les deux épreuves doivent, à notre sens, être basées sur des essais différents.

## III. — Taux de travail admissibles.

Le règlement, art. 5, spécifie que ces prescriptions s'appliquent seulement aux constructions en acier St. 37. Ensuite, il fixe le taux de travail des soudures, dans leur section dangereuse, en fonction du taux de travail admis pour le métal des pièces à réunir.

Le commentaire et le rapport du Dr Kommerell au Congrès indiquent que ce principe a été adopté en vue de donner, à toutes les parties de la construction, le même coefficient de sécurité.

L'examen des exemples chiffrés montre qu'il s'agit de sécurité à la rupture.

Remarquons tout d'abord qu'en partant de ce principe, il était aussi simple d'édicter des prescriptions générales s'appliquant indifféremment à tous les métaux bien soudables ; il suffisait d'imposer au métal de soudure des résistances en rapport avec celles du métal de construction.

Le règlement allemand fixe la proportion des taux de travail admissibles dans un tableau.

TENSIONS ADMISSIBLES DANS LES SOUDURES :

| Nature du joint. | Nature de la sollicitation. | | Remarque. |
|---|---|---|---|
| Bout à bout. | Extension | 0.60 σ | σ est la tension admissible dans le métal des pièces soudées conformément aux règlements en vigueur. |
| | Compression | 0.75 σ | |
| | Flexion { partie tendue | 0.60 σ | |
| | Flexion { » comprimée | 0.75 σ | |
| En cordons (frontaux ou latéraux). | Cisaillement | 0.50 σ | |
| | Toutes sollicitations | 0.50 σ | |

Ce tableau appelle des questions et des objections.

1. Comment faut-il définir et interpréter la tension admissible de base σ ?

Pour cela, il faut nous reporter aux exemples chiffrés du règlement commenté ou au tableau explicatif donné par le Dr Kommerell dans son rapport au Congrès.

Nous voyons bien ainsi qu'il s'agit effectivement des charges de sécurité admises par les règlements administratifs pour les diverses pièces de la construction.

En d'autres termes, le taux de travail admis pour une soudure est fixé, sans tenir compte de l'état de sollicitation réel de ladite soudure. Conventionnellement et arbitrairement, cet état de sollicitation est supposé identique à celui qui existe dans le corps des pièces soudées.

Cette conception paraît issue du désir de réaliser des constructions dont toutes les parties aient le même coefficient de sécurité ; ce résultat n'est pas atteint dans la réalité, comme nous le verrons.

La méthode de calcul qui en résulte conduit forcément, dans la pratique, à certains résultats choquants.

2. Pourquoi, dans ces conditions, adopter des coefficients de réduction variant entre 0.75 et 0.50 ?

Il semblerait aussi logique et plus simple de choisir un coefficient unique ; par exemple, 0.70 comme le propose le projet de règlement des Chemins de fer suisses, lequel suit les principes du règlement allemand.

3. Les cordons d'angle (Kehlnähte) représentent à eux seuls la grosse majorité des soudures intervenant dans la charpente.

Aucune discrimination n'est faite quant à la position du cordon relativement à l'effort qui le sollicite. Ceci, par raison de simplification, dit le commentaire, pour tenir compte de la moindre aptitude de la déformation des cordons frontaux, dit le rapport au Congrès.

Nous savons cependant dans quelle large mesure varie la résistance spécifique d'un cordon suivant sa position. En effet, soit $Z_c$ la charge de rupture du métal d'apport dans un essai normal de traction, $a$ la hauteur de la section de rupture et $l$ la longueur du cordon.

Nous savons, avec certitude, par des essais extrêmement nombreux, que par exemple :

Pour une soudure frontale avec recouvrement (Stirnnähte), on a $Z_c = \pm 95\,\%$ de $a.l.$

Tandis que pour une soudure latérale un peu forte (Flankennähte) où $\alpha \geqslant 15$ mm., on a seulement $Z_c = \pm 50\,\%$ de $a.l.$

En d'autres termes, un même cordon de dimension $a.l.$ voit sa résistance varier, à peu près, du simple au double, suivant sa position.

Nous voyons dans le règlement que les soudures en cordon sont celles pour lesquelles le coefficient de charge est le plus faible : 0.50. Nous voyons dans les exemples et le rapport au Congrès, que cette charge peut varier de 500 à 800 kg/cm² de la section de rupture vraie du cordon.

Une telle façon de calculer serait plus ou moins compréhensible s'il était entendu que les prescriptions doivent s'interpréter dans ce sens, que les tensions admissibles les plus fortes sont applicables à des cordons travaillant essentiellement en traction (cordons frontaux) et les sollicitations les plus faibles à ces cordons travaillant essentiellement au cisaillement (cordons latéraux).

Mais telle n'est nullement la pensée des auteurs : les exemples de calcul donnés par le Dr Kommerell montrent clairement que les charges admissibles dans les cordons sont choisies sans se préoccuper aucunement de la nature de la sollicitation des dits cordons. Nous verrons ainsi admettre des charges unitaires de 700 kg/cm² pour des cordons cisaillés et 500 kg/cm² pour des cordons tendus.

Ceci, évidemment, est peu logique.

Ce mode de calcul spécial entraîne comme conséquence immédiate ceci : un cordon placé dans des conditions de sollicitations très défavorables peut se

trouver assimilé, au point de vue des tensions admissibles, à une pièce de la charpente où les règlements admettent un taux de travail particulièrement élevé. Pour éviter la possibilité de tensions dangereuses, il est indispensable de fixer à un chiffre très bas le rapport des taux de travail dans les pièces et dans les soudures.

Les possibilités de résistance de la soudure sont donc nécessairement mal utilisées pour un grand nombre de cordons ; il en résulte fréquemment des assemblages inutilement coûteux et peu élégants.

Certains des exemples chiffrés donnés par le Dr Kommerell sont typiques à ce point de vue.

Prenons l'exemple le plus simple, n° 5, assemblage d'un plat sur un gousset, par deux cordons frontaux et deux cordons latéraux ; ces derniers sont strictement inutiles, les deux premiers ayant, suivant notre expérience, même avec un métal d'apport de qualité très modérée, une résistance de rupture supérieure à celle du plat en St. 37.

L'exemple immédiatement suivant, n° 6, assemblage bout à bout dans l'âme d'une poutre double T mérite d'être analysé. L'auteur nous propose deux variantes :

1° L'âme de 12 × 1750 mm. a ses deux moitiés réunies par deux couvre-joints de 11 mm. avec soudures continues et en plus 68 « Schlitznähte » (Soudures sur entailles) rondes de 33 mm. Celles-ci, d'exécution incommode et rendant l'assemblage excessivement onéreux, sont parfaitement superflues : les cordons travaillant comme des soudures frontales à recouvrement, ont à eux seuls une résistance à la rupture supérieure à celle de l'âme.

2° Les deux moitiés de l'âme de 12 × 1750 mm. sont réunies à une fourrure transversale de 24 mm. d'épaisseur, par quatre cordons continus de 18 mm. Suivant notre expérience, ces cordons frontaux sans recouvrement ont une résistance à rupture supérieure de plus de 50 % à celle de l'âme elle-même ; leur section dépasse celle qui est autorisée par l'article 6-8 du règlement limitant l'épaisseur des cordons, en fonction de l'épaisseur de la tôle.

Par contre, l'assemblage par double couvre-joints, sans soudure bout à bout d'une âme de poutre double T, autorisé dans le commentaire de l'article 6/12, est nettement trop faible : l'épaisseur trop réduite des couvre-joints ne permet pas d'y accrocher des cordons dont la résistance soit en rapport avec celle de l'âme. Il ne paraît pas utile d'insister.

## IV. — Prescriptions et recommandations diverses.

*a*) L'article 6/5 limite à quarante fois leur épaisseur, la longueur des cordons latéraux fixant une barre.

Il ne semble pas que cette prescription puisse jamais trouver d'application pratique, faute de la place nécessaire pour loger pareilles soudures ; mais l'auteur du commentaire en prend texte pour recommander la soudure par cordons ininterrompus, système dont les inconvénients pratiques et économiques sont connus.

*b*) La règle de l'art. 4/6, relatif au renforcement des ponts par l'usage d'as-

semblages mixtes (rivés et soudés) fixant le partage des charges entre rivets et soudures, est purement conventionnelle.

*c*) Page 40 du règlement commenté, le Dr Kommerell envisage que, pour utiliser pleinement la résistance de certains éléments de construction, l'assemblage pourra être calculé en partant de la section propre de ces éléments.

Ce mode de calcul s'écarte absolument de celui qui est imposé par le règlement; mais il est logique, c'est une des bases du calcul que nous n'avons nous-mêmes cessé de préconiser depuis 1927.

## Résumé.

Le règlement allemand de 1931 est présenté dans une forme parfaite, il n'en est que plus nécessaire d'en marquer les insuffisances.

Les essais destinés à qualifier, une fois pour toutes, le métal d'apport et le procédé de soudure sont contradictoires entre eux. Ils manquent de la précision indispensable dans une opération aussi importante. Ils admettent, comme suffisant, un matériau médiocre, donc peu sûr.

L'épreuve imposée pour la qualification du soudeur manque de simplicité et de commodité. Mise en rapport avec les divers essais précédents, elle se montre tantôt excessive, tantôt insuffisante.

La méthode de calcul imposée est purement conventionnelle; elle conduit dans l'application, à des résultats choquants et à des assemblages où la résistance des soudures est mal utilisée.

Les taux de travail admis sont énoncés de telle façon qu'ils ne se comprennent exactement que grâce à un commentaire et à des exemples chiffrés.

Enfin, ce règlement renferme diverses prescriptions qui paraissent difficiles à justifier.

Un tel règlement n'est pas fait pour améliorer la technique; les pays où la science et l'art de souder ont atteint un stade élevé de leur développement, n'ont pas intérêt à s'en inspirer.

L'auteur tient à souligner que les considérations ci-dessus ont été rédigées au printemps 1932 et se rapportent aux prescriptions de 1931. Depuis lors, ces prescriptions ont été améliorées.

## Zusammenfassung.

Die deutschen Bestimmungen von 1931 sind in mustergültige Form gekleidet; es ist deshalb umso notwendiger, ihre Unzulänglichkeiten hervorzuheben.

Die Versuche, die ein für allemal zur Qualifikation des Schweissgutes und der Schweissmethoden bestimmt sind, widersprechen sich gegenseitig. Es fehlt die für eine so wichtige Arbeit erforderliche Genauigkeit. Sie lassen ein mittelmässiges, mithin wenig sicheres Material zu.

Der zur Qualifikation des Schweissers vorgeschriebenen Prüfung fehlt es an Einfachheit und Bequemlichkeit. Im Verhältnis zu den verschiedenen früheren Versuchen erweist sie sich bald als übertrieben, bald als ungenügend.

Die vorgeschriebene Berechnungsmethode ist rein konventionell; in der

Anwendung führt sie zu missfälligen Resultaten uud zu Verbindungen mit schlecht ausgenutzten Schweissfestigkeiten.

Die zulässigen Spannungen sind so ausgedrückt, dass sie nur auf Grund eines Kommentars und numerischen Beispielen verstanden werden können.

Endlich enthalten diese Bestimmungen Vorschriften, die schwierig zu rechtfertigen scheinen.

Solche Bestimmungen sind nicht berufen, die Technik zu verbessern ; die Länder, in denen die Wissenschaft und die Kunst des Schweissens einen hohen Stand ihrer Entwicklung erreicht, haben kein Interesse daran, sich von diesen beeinflussen zu lassen.

Der Verfasser legt Wert darauf festzustellen, dass obige Betrachtungen im Frühjahr 1932 abgefasst wurden und dass sie sich auf die Vorschriften von 1931 beziehen. Seither sind diese Vorschriften verbessert worden.

## Summary.

The German rules of 1931 are expressed in a perfect manner ; it is consequently all the more necessary to point out their insufficiencies.

The tests which are intended to specify, once for all, the metal and the methods used in welding, are contradictory. They lack the precision indispensable in a matter of such importance, and permit the use of second-rate material providing an inadequate degree of safety.

The examination stipulated for determining the qualifications of a welder is lacking in simplicity and practicability ; in comparison with the various tests formerly employed, its demands are in some respects excessive, in others insufficient.

The stipulated method of calculating is purely conventional ; in practice it is liable to lead to extremely unsatisfactory results and to constructions in which the strength of the weld is badly utilised.

The stresses admissible are defined in such a way as to be unintelligible without the use of a commentary and numerical examples.

Finally, these rules include several stipulations which it would appear difficult to justify.

Such rules do not tend to technical improvement ; countries in which the science of welding has attained a high degree of development, have no interest in allowing themselves to be influenced by them.

The author especially emphasises the fact that the above considerations were written in Spring 1932 and that they refer to the prescriptions of 1931. Since that time these prescriptions have been improved.