

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

**Band:** 3 (1948)

**Rubrik:** IIc: New types of reinforcement

#### **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:** 22.02.2026

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

## IIc

### Résultats d'essais sur des barres à béton soudées en bout par divers procédés

### Ergebnisse von Versuchen an verschiedenartig geschweißten Stössen von Betonrundeisen

### Test results of concrete bars butt welded by various processes

A. HORMIDAS & H. LOUIS

Ingénieurs en chef-Directeurs des Ponts et Chaussées

La soudure bout à bout des armatures intervenant dans la construction des ponts en béton armé a pris beaucoup d'extension ces dernières années.

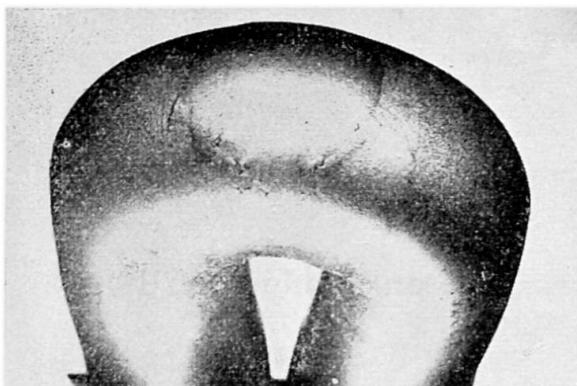
Son emploi se justifie dans la réalisation d'ouvrages pour lesquels la densité d'armatures est tellement importante que la présence des recouvrements et des crochets nécessite l'augmentation des sections de béton. L'économie d'acier est minime et hors de proportion avec le coût de l'exécution des joints soudés qui s'avère être très élevé, quel que soit leur procédé de réalisation. Toutefois, la soudure des armatures permet de réaliser une économie dans l'ensemble, par la réduction de la section totale du béton qui entraîne à son tour une diminution du poids mort de l'ouvrage.

D'une manière générale, quand une armature comporte plusieurs barres parallèles comptant chacune un ou plusieurs joints soudés, ces joints sont décalés l'un par rapport à l'autre d'au moins 60 diamètres.

L'Administration des Ponts et Chaussées a élaboré des prescriptions relatives à l'exécution des barres soudées par le procédé à l'arc électrique. Aucune prescription spéciale n'a été prévue pour l'acier; l'acier normalement utilisé pour les armatures est de l'acier doux Thomas : charge de rupture comprise entre 37 et 45 kg/mm<sup>2</sup>; limite d'élasticité apparente 24 kg/mm<sup>2</sup>; allongement de 25 % sur une distance entre repère égale à 7,25 diamètres; pliage à froid sur un mandrin de diamètre égal à deux fois le diamètre de la barre. Aucune condition relative à la soudabilité n'est imposée à l'aciérie, mais l'Administration procède à des analyses chimiques de contrôle, lorsqu'il s'agit de barres à souder dont le diamètre atteint ou dépasse 30 millimètres. Ces analyses effectuées sur un grand nombre de coulées ont donné les teneurs maxima ci-après :

$$C = 0,10 \%, \text{ Mn} : 0,50 \%,$$

$$P = 0,055 \%, \text{ S} : 0,04 \%.$$



**Fig. 1.** Pliage à bloc d'un joint soudé par soudure à l'arc d'une barre de 50 mm de diamètre.



**Fig. 2.** Aspect d'un joint soudé par soudure à l'arc d'une barre de 50 mm de diamètre.

Une attention spéciale est encore accordée à l'aspect macrographique des barres, bien qu'aucune clause relative à cet aspect ne soit imposée lors de la commande.

Les prescriptions relatives aux électrodes sont communes à celles prévues pour toutes les constructions soudées de l'Administration; il est surtout spécifié que les caractéristiques mécaniques du métal déposé doivent se rapprocher, autant que possible, des caractéristiques du métal de base.

Les soudeurs qui seront utilisés pour l'exécution des soudures sont soumis à des épreuves qui consistent à faire trois joints réalisés dans les conditions du chantier, mais reliant des tronçons de barre de 300 millimètres de longueur. Les trois éprouvettes sont soumises aux essais suivants, après avoir été radiographiées :

1. Un essai de traction statique : la soudure restant brute, la rupture doit avoir lieu en dehors du joint;

2. Un essai de pliage : la surépaisseur de la soudure est enlevée par usinage, la barre doit pouvoir être pliée sans crique ni fissure sur un mandrin de diamètre égal à deux fois le diamètre de la barre (fig. 1);

3. Un essai de fatigue par traction pulsatoire sur un joint resté brut de soudure. La traction varie entre deux tensions extrêmes égales respectivement aux contraintes minima et maxima, majorées de 50 %, de l'acier dans l'ouvrage en service.

L'éprouvette ainsi sollicitée doit résister à  $2 \times 10^6$  pulsations.

Pour que le soudeur soit agréé, il faut que les résultats des trois essais ci-dessus soient satisfaisants et que le diagnostic de la radiographie des trois joints soit favorable. La durée de l'exécution de chaque soudure d'essai est soigneusement notée, car il est apparu que cet élément constituait un facteur important de l'efficacité du contrôle sur chantier.

Les prescriptions de l'Administration imposent une préparation très soignée de l'exécution des chanfreins, ceux-ci sont toujours prévus en X, la soudure des barres étant seulement autorisée par le procédé manuel à l'arc, pour des épaisseurs supérieures à 20 millimètres. Le chanfrein doit avoir des faces parfaitement planes et comporter une arête vive; il en résulte que sa préparation se fait par sciage ou par découpage au chalumeau à

**Fig. 3.** Radiographie de barres de 35 mm :

40 : léger défaut,  
42 : défaut d'angle important.

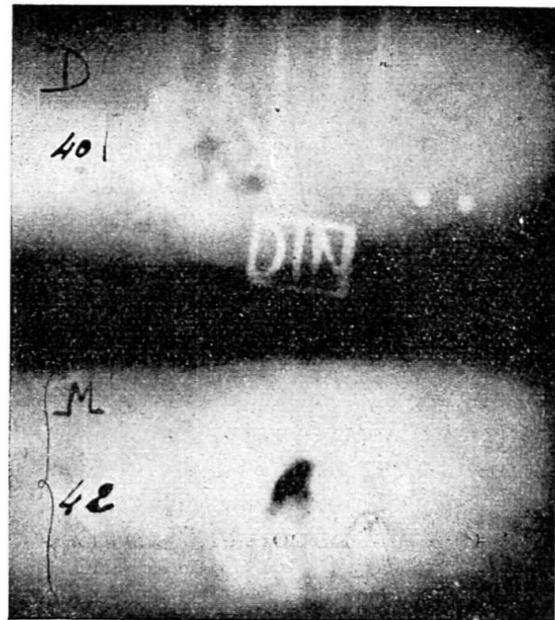
main, suivi d'un meulage particulièrement soigné. Des indications sont données quant à la disposition des cordons pour différents diamètres de barres; les cordons superficiels ne peuvent être transversaux par rapport à l'axe longitudinal de la barre; ils doivent au contraire constituer une sorte de manchon longitudinal se raccordant progressivement et sans entaille au diamètre de la barre (fig. 2). Il est encore imposé pour faciliter le retrait du joint soudé de poser les barres à assembler sur des tronçons de barres, assez rapprochés, constituant galets de roulement.

La soudure est en principe effectuée en position dite à plat et avant la mise en place dans les coffrages; il a cependant été dérogé à cette règle lors de la remise en état d'ouvrages en béton partiellement sinistrés.

Il est aussi recommandé d'exécuter la soudure avant tout pliage des barres; lorsque cette recommandation n'est pas suivie, il est imposé que les arêtes des chanfreins se trouvent dans le plan des pliages et des crochets éventuels, et, dans ce cas, il faut exécuter quatre cordons dans la première moitié du chanfrein, avant de procéder au premier retournement. L'angle d'ouverture des chanfreins est généralement de 70°; l'écartement des arêtes est de 2 à 3 millimètres.

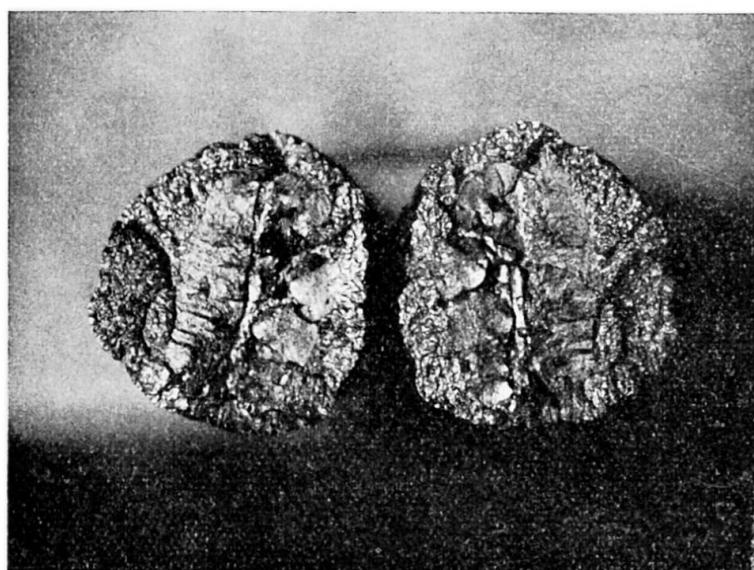
La soudure est exécutée avec des électrodes d'un diamètre minimum de 4 millimètres; l'utilisation d'un diamètre inférieur est proscrite, afin d'éviter l'exécution de premiers cordons trop minces et par conséquent susceptibles de fissuration sous l'effet du retrait. L'inconvénient parfois invoqué d'une pénétration insuffisante due à l'utilisation d'électrodes de 4 millimètres n'est pas à retenir, car la reprise à l'envers est toujours imposée.

Nous croyons intéressant de relater certaines circonstances d'exécution et de contrôle de barres de 35 millimètres soudées manuellement à l'arc électrique. Ces barres étaient pliées suivant les indications du plan d'armature et munies de leurs crochets d'extrémités, préalablement à l'exécution de la soudure. Afin de supprimer les manipulations importantes qu'auraient entraîné les retournements en cours de soudure, suite à l'existence de barres pliées, une dérogation fut apportée aux prescriptions et les arêtes des chanfreins furent réalisées perpendiculairement au plan des tronçons pliés et des crochets, ceux-ci reposant à plat sur le sol par l'intermédiaire de rondins. La soudure a donc été exécutée verticalement; l'agrération des soudeurs fut faite dans ces mêmes conditions de soudage. Au cours des épreuves, qui furent pleinement concluantes, la durée moyenne d'exécution des joints fut de 35 minutes. Au cours du travail sur chantier, les soudeurs diminuèrent rapidement cette durée, jusqu'à atteindre 15 minutes par joint. Il était évidemment à craindre que cette augmentation anormale du rende-



ment ait comme contrepartie une diminution correspondante de la qualité des soudures. C'est ce qu'a fait apparaître le contrôle radiographique qui eut lieu sur chantier, après l'exécution de 370 soudures. Notons en passant que la radiographie d'une barre cylindrique, comme d'ailleurs de tout élément d'épaisseur variable, se fait aisément en noyant cette barre dans du sulfate de barium parfaitement pulvérisé. Le diagnostic des 370 soudures a été le suivant : 95 soudures qualifiées bonnes, 138 soudures qualifiées douteuses, pour lesquelles le film décelait un défaut d'angle assez peu important et quelques inclusions de laitier, 126 soudures qualifiées défectueuses parce que contenant un défaut d'angle très grave et des inclusions importantes, 11 soudures qualifiées extrêmement défectueuses, pour lesquelles les défauts précédents étaient plus prononcés encore. La figure 3 montre des radiographies types correspondant à la classification du diagnostic : les images D 40 et M 42 représentent respectivement une soudure douteuse et défectueuse. Comme il était prévu que chaque joint présentant des défauts importants serait entièrement recommandé après découpage et exécution d'un nouveau chanfrein, l'acceptation des soudures qualifiées douteuses fut subordonnée à la réussite d'un essai de traction pulsatoire, réalisée dans les conditions prévues pour l'agrération des soudeurs. L'essai fut entrepris sur quatre soudures, choisies parmi celles de la catégorie douteuse qui présentaient les défauts les plus importants. Le résultat fut satisfaisant pour les quatre joints, dont aucun n'était rompu après deux millions de pulsations entre une tension minimum de  $10,5 \text{ kg/mm}^2$  et une tension maximum de  $18 \text{ kg/mm}^2$ . L'investigation mécanique fut poursuivie sur la catégorie des soudures qualifiées défectueuses, parmi lesquelles on en choisit quatre qui présentaient les défauts les moins graves. Aucune, parmi ces quatre, n'a satisfait à l'essai de fatigue, les soudures se sont rompues respectivement après 1 476 300, 1 323 900, 774 000, 622 000 pulsations. Chaque fois la rupture s'est amorcée dans le défaut d'angle (fig. 4).

Le cas qui vient d'être décrit semble montrer qu'un diagnostic qualitatif de l'image radiographique du joint soudé peut correspondre à une classification des soudures au point de vue de leur résistance mécanique. Cette classification est cependant assez restreinte, elle semble seulement se confirmer pour les soudures sans défaut et pour les soudures défectueuses.



**Fig. 4.** Rupture par fatigue d'une soudure présentant un défaut d'angle.

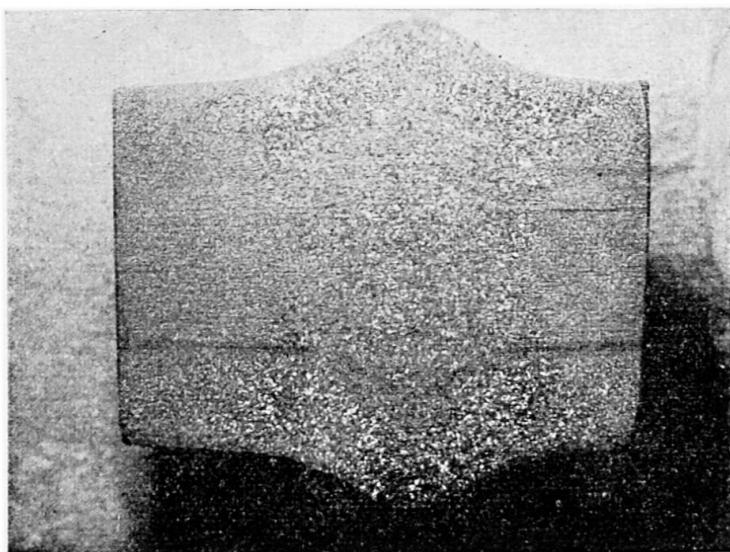


**Fig. 5.** Pont sur la Meuse à Wandre.

La soudure des barres d'armature par le procédé manuel à l'arc électrique est actuellement parfaitement au point, tant en ce qui concerne le processus d'exécution sur chantier que la qualité des liaisons et la sûreté du contrôle. Son coût particulièrement élevé en main-d'œuvre nécessaire à la préparation des chanfreins et à l'exécution des joints risque de faire perdre une grande part de l'économie qu'il est possible de réaliser par la suppression des recouvrements et des crochets.

Aussi, lorsque les entrepreneurs disposaient d'un matériel suffisant, l'Administration des Ponts et Chaussées a-t-elle autorisé l'exécution des soudures par les procédés dits par résistance et par étincelage. Des prescriptions réglementaires n'existent pas encore, elles sont en voie d'élaboration, mais elles recevront seulement une consécration officielle lorsque les données statistiques des résultats d'essais seront suffisantes.

Le procédé appelé généralement soudure bout à bout simple ou par résistance a été employé au pont sur la Meuse à Wandre. Cet ouvrage du type Cantilever a une longueur totale de 189 mètres, répartie en trois travées égales de 63 mètres (fig. 5). Les armatures principales sont constituées par des barres de 35 millimètres de diamètre, livrées en tronçons de 18 mètres de longueur, cisaillés au laminoir; ces tronçons ont été soudés entre eux de manière à réaliser des barres de 105 mètres. Le mode de soudure par résistance exige une préparation minutieuse des extrémités à souder. Les faces doivent être autant que possible en contact; les coupes brutes de cisailage sont meulées aussi parfaitement que possible. Sur chantier, on a constaté, malgré les précautions prises, que les deux surfaces à souder n'étaient pas absolument parallèles, mais qu'elles portaient en un point ou suivant une arête, l'écart maximum entre les deux surfaces étant de l'ordre de trois millimètres. Les barres étant pincées dans les mâchoires de la machine à souder et amenées en contact, on pratiquait quelques rares étincelages immédiatement au début de l'opération, de manière à diminuer et même à supprimer l'écart des barres et en vue d'assurer un échauffement uniforme des deux faces. Malgré une légère prédominance de chauffe au joint, due à la résistance de contact, le chauff-



**Fig. 6.** Coupe longitudinale et macrographie d'un joint soudé par résistance.

fage est relativement uniforme sur la portion des barres comprises entre les mâchoires. Dès qu'une température de 1 150 à 1 250° est atteinte au droit du joint, on rapproche les mâchoires de la machine. Les extrémités des barres s'évasent par refoulement, la soudure est ainsi réalisée; elle est caractérisée par la présence d'un bourrelet important au droit du joint. Pour des barres de 35 millimètres, le raccourcissement plastique en fin d'opération est de l'ordre de 15 millimètres, le bourrelet a un diamètre variant entre 45 et 48 millimètres (fig. 6). Un maintien trop prolongé du chauffage ou une durée trop importante de la mise à température des barres provoquent soit la brûlure de l'acier qui se manifeste par l'apparition d'étincelles caractéristiques, soit un grossissement anormal du grain de l'acier. De toute façon, ce grossissement tend à se produire; nous en eûmes la confirmation lors de la mise au point du procédé et nous lui attribuâmes la plupart des résultats défavorables des essais mécaniques exécutés sur les premières éprouvettes. Le grossissement anormal du grain a été évité en refroidissant rapidement la zone chauffée à l'aide d'un jet d'air comprimé, à la température ambiante; l'effet de trempe n'était pas à craindre, en raison de la basse teneur en carbone des aciers utilisés. La durée d'exécution du joint constitue un facteur très important. De la même manière que pour la soudure manuelle à l'arc, le respect de la durée optimum d'exécution pour un diamètre donné est un gage de réussite. La détermination de ce facteur pour chaque joint est un moyen de contrôle qui s'est généralement avéré très efficace. Un temps insuffisant mis à la confection des joints est la cause de la présence de collages et d'une structure imparfaite; un temps trop long permet d'expliquer les brûlures généralement superficielles qui amorcent la rupture. De plus, un chauffage trop prolongé conduit à une différence de plasticité entre la zone centrale ségrégée de la barre et la couche externe non ségrégée. La conséquence en est que le degré de refoulement est différent pour ces deux zones: la partie centrale se refoule en premier lieu et de la manière la plus importante, empêchant ainsi une soudure suffisante de la zone annulaire extérieure; celle-ci peut même être le siège d'un collage continu sur toute son épaisseur. Dans les conditions du chantier de Wandre, le temps optimum de réalisation des soudures de barres de 35 millimètres fut de 50 secondes.

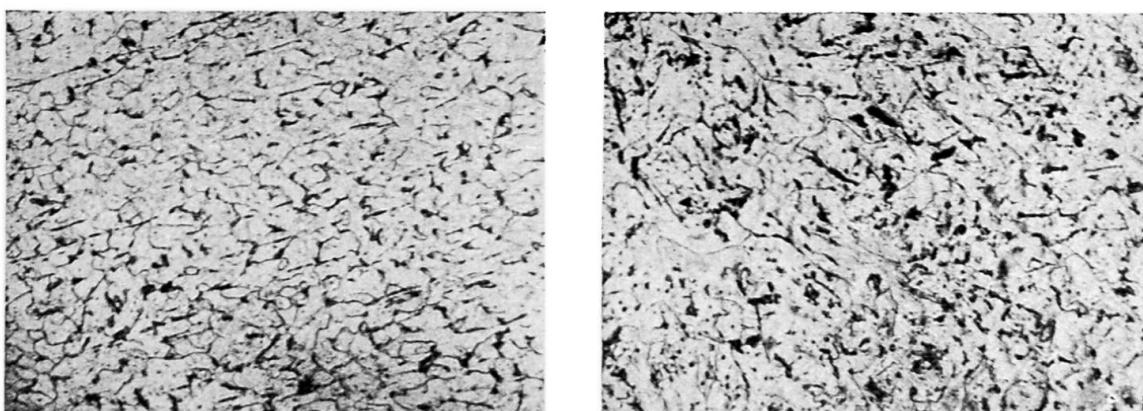
Indépendamment du soin apporté à la préparation des sections à souder et de la régularité dans la durée d'exécution du joint, il est apparu absolument indispensable de procéder à une contrôle permanent des joints réalisés. La qualité de ces joints dépend en effet du soin apporté par l'ouvrier préposé à la manipulation de la machine à souder. Celui-ci doit respecter la durée prescrite pour l'exécution d'un joint, en tenant compte des caractéristiques du courant électrique fourni au chantier; tout changement dans ces caractéristiques a une influence importante sur la qualité du joint, car il peut être cause de brûlures de l'acier ou de collages. Les barres fixées dans les mâchoires doivent être exactement dans le prolongement l'une de l'autre, tandis que les faces à souder doivent être parfaitement normales à l'axe des barres. Dans le cas contraire, on assiste à la venue d'un bourrelet excentrique pour les deux barres et incliné d'un angle important sur l'axe longitudinal.

On peut déduire des observations qui viennent d'être présentées, quelques règles de bonne pratique qui sont d'ailleurs à la base du contrôle permanent exercé au pont de Wandre sur l'exécution des soudures. Indépendamment de l'examen de la perpendicularité sur l'axe de la section et de l'état de préparation des sections à souder, du contrôle de la durée de réalisation des joints, il s'impose de prélever des joints et de les soumettre à des essais mécaniques. Ce prélèvement a été fait à Wandre, en observant certains critères; les joints destinés aux essais étaient choisis pour la forme défectueuse du bourrelet ou en raison de la présence de zones brûlées ou d'amorces de décollage. Il a cependant été décidé de contrôler les caractéristiques d'au moins 3 % de l'ensemble des soudures. Chaque essai impose le découpage d'un tronçon de 600 millimètres, ce qui a pour effet d'augmenter d'une unité le nombre total des joints d'une barre d'armature pour chaque prélèvement dont elle est l'objet. Les essais effectués sont en principe les mêmes que ceux en vigueur à propos de l'agrémentation des soudeurs pour la soudure manuelle à l'arc : essai de traction statique, essai de pliage, essai de fatigue par traction. Ce dernier essai a cependant été rarement prévu lors du contrôle au chantier, il a surtout été exécuté lors de la mise au point du procédé. La radiographie des soudures en bout par résistance ne paraît guère possible, en raison de la présence du bourrelet localisé qui rend difficile, sinon illusoire, un diagnostic sérieux. Un contrôle radiographique efficace nécessiterait l'enlèvement par usinage de tous les bourrelets, ce cas ne peut évidemment être envisagé; 99 joints furent prélevés à Wandre, dont 91 ont été soumis à l'essai de traction statique; 5 à l'essai de fatigue par traction, les limites de tension étant respectivement 10,5 et 18 kg/mm<sup>2</sup>; 3 à l'essai de pliage, après enlèvement du bourrelet par usinage.

Parmi les 91 joints soumis à l'essai de traction, 6 se sont rompus dans le joint, soit que celui-ci était très oblique par rapport à l'axe des barres, celles-ci ayant été mal centrées, soit qu'une importante brûlure superficielle du bourrelet ait été constatée; dans un cas, un grossissement anormal du grain a été observé.

La rupture des autres assemblages s'est produite en pleine barre à une distance du joint variant entre 125 à 200 millimètres, la valeur moyenne de cette distance étant égale à 160 millimètres. Les caractéristiques de la barre non soudée étaient  $E : 24,4 \text{ kg/mm}^2$ ,  $R : 35,13 \text{ kg/mm}^2$ ,  $A : 36 \%$  sur  $7,25 \text{ d.}$

Les caractéristiques moyennes des essais de traction avec rupture en



**Fig. 7 et 8.** Zone non surchauffée (structure perlite-ferrite normale) et zone surchauffée (structure perlite-ferrite à grains fortement grossis) d'un joint soudé par résistance.

dehors du joint étaient  $E : 24,8 \text{ kg/mm}^2$ ,  $R : 36,5 \text{ kg/mm}^2$ ,  $A : 20\%$  sur  $7,25 \text{ d.}$  La chute d'allongement s'explique évidemment par la présence du bourrelet à mi-longueur de l'éprouvette.

Lors des cinq essais de fatigue, deux joints se sont rompus après 471 000 et 1 600 000 pulsations, l'un présentant une importante excentricité et l'autre une amorce de décollage superficielle; trois autres joints n'étaient pas rompus après deux millions de mises en charge.

Le résultat des essais de pliage s'avère moins favorable que pour les soudures réalisées manuellement à l'arc. Aucun des trois essais n'a pu être conduit jusqu'à obtention d'un rayon de courbure égal à deux fois le diamètre des barres; ce rayon atteignait 3 à 4 diamètres lors de l'apparition des premières déchirures dans le joint. Ce manque de ductilité du joint constitue, à notre sens, un facteur défavorable par rapport à la soudure à l'arc; il est nécessaire de poursuivre les essais à ce sujet. Les figures 7 et 8 donnent une image moyenne de l'aspect métallographique de l'acier dans la zone surchauffée et en dehors de cette zone.

Le procédé de soudure bout à bout par étincelage a été appliqué au pont des Arches sur la Meuse à Liège <sup>(1)</sup>: ouvrage en trois travées inégales de 33,64 et 33 mètres d'ouverture, comportant huit poutres continues de hauteur variable (fig. 9). Tandis que le soudage par résistance implique l'application de l'effort de refoulement après chauffage des barres et dès qu'une température suffisante est atteinte, le soudage bout à bout par étincelage se caractérise par une suite ininterrompue d'étincelages, immédiatement suivie du refoulement.

Le soudage par étincelage n'avait pu être pratiqué au pont de Wandre, en raison de la puissance insuffisante de la machine à souder; dans ce procédé, en effet, la puissance instantanée absorbée est très grande, surtout si les pièces à relier sont massives.

La préparation des extrémités ne requiert pas un soin aussi minutieux que pour le soudage par résistance. Un contact imparfait des extrémités est même souhaitable, car les irrégularités des faces facilitent la naissance des arcs électriques. Les barres sont également pincées dans les mâchoires

<sup>(1)</sup> A. HORMIDAS, *Le pont des Arches sur la Meuse et le pont de Herstal sur le canal Albert*, Thème IIc. Publication préliminaire.

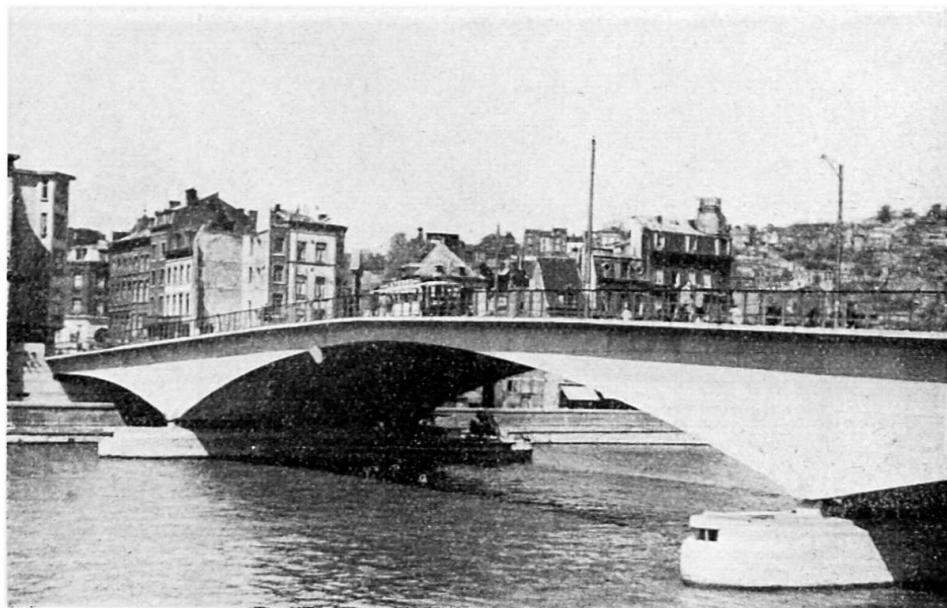


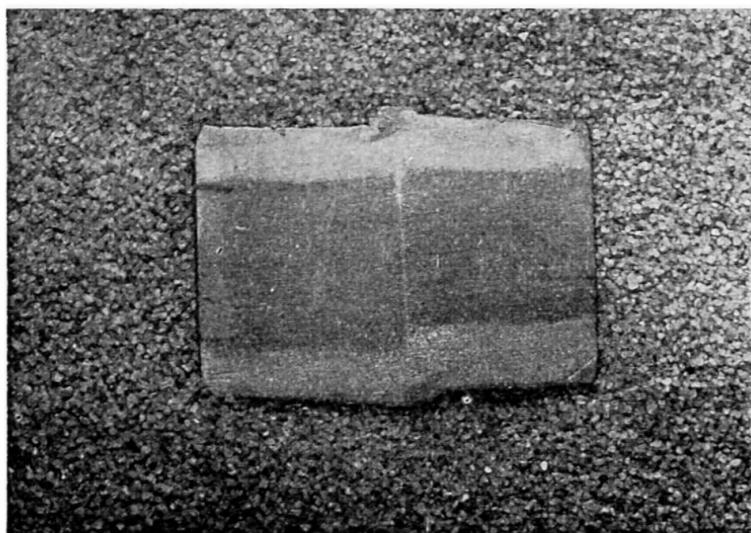
Fig. 9. Pont des Arches sur la Meuse.

de la machine; le contact des abouts des barres étant seulement assuré par quelques aspérités, celles-ci sont le siège d'une densité de courant considérable. Des arcs jaillissent et chassent violemment vers l'extérieur le métal fondu; les arcs se multiplient et gagnent, finalement toute la surface à souder qui se couvre d'une mince pellicule de métal fondu.

L'étincelage est poursuivi sans interruption, jusqu'à la période finale de refoulement qui assure la soudure des barres. La multiplication du nombre d'étincelages a pour effet :

1. D'éviter une surchauffe importante du joint;
2. De corriger les défauts éventuels de préparation des surfaces en contact;
3. D'expulser en dehors du joint des oxydes qui pourraient s'y être formés.

Après refoulement, la soudure est caractérisée par la présence au droit du joint d'une collerette assez mince de métal à l'aspect vitrifié (fig. 10). Le chauffage étant moins important que dans le cas de la soudure par résistance, le risque du grossissement anormal du grain n'est plus aussi grand, à moins de prolonger exagérément la durée d'exécution, et il ne semble pas nécessaire d'assurer un refroidissement rapide du joint. La durée constitue donc encore un facteur important de la qualité de la liaison et il importe de la contrôler soigneusement, en tenant compte de la variation éventuelle des caractéristiques du courant fourni au chantier. Pour les barres de 35 millimètres soudées au pont des Arches, la durée optimum de réalisation d'un joint fut de 60 secondes et les soudures ne furent pas soumises à un refroidissement spécial. Un contrôle des caractéristiques mécaniques a été établi d'une manière comparable à celle pratiquée au pont de Wandre; il s'est étendu à 3 % des joints. Le prélèvement portait sur des assemblages dont l'aspect faisait présumer de l'existence d'un défaut. Au cours du contrôle, il est apparu, en effet, qu'une relation, toutefois encore incertaine, paraissait s'établir entre l'aspect extérieur du joint et



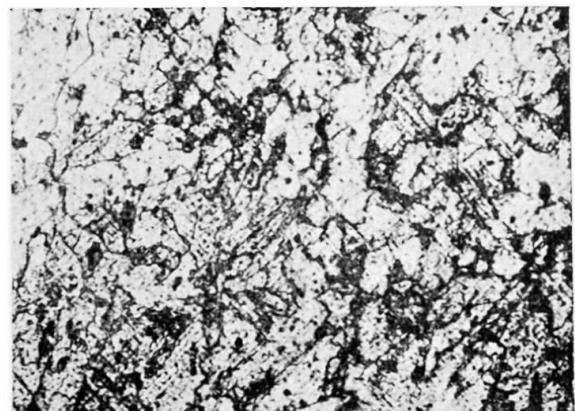
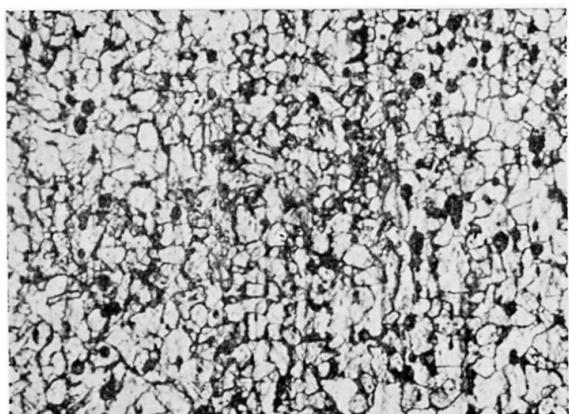
**Fig. 10.** Coupe longitudinale et macrographie d'un joint soudé par étincelage.



**Fig. 11.** Collage dans la zone de jonction d'un joint soudé par étincelage.

sa résistance. Une soudure dont la collerette mince, régulière, présente un aspect de métal vitrifié, satisfait en général aux essais. Une collerette épaisse, irrégulière et partiellement constituée de gouttes de métal fondu est l'indice d'un joint défectueux dont la soudure a été mal conduite et dont le métal a subi une surchauffe importante. On trouve, à l'origine, un nombre insuffisant d'étincelages, d'où résulte un chauffage trop important ou une durée d'exécution dépassant la valeur optimum. Le contrôle radiographique des soudures au chantier ne peut donner aucun résultat, la présence de la collerette ne permettant en aucun cas de donner une interprétation correcte du film.

Cinquante-huit joints choisis parmi ceux dont l'aspect était le plus défavorable d'après les critères décrits ci-dessus ont été soumis à l'essai de traction statique; 16 ruptures se sont produites dans le joint, accusant



**Fig. 12 et 13.** Zones non surchauffée à proximité immédiate du joint (structure ferrite-perlite normale avec nombreuses impuretés) et surchauffée (structure ferrite-perlite à grains assez gros avec quelques impuretés) d'un joint soudé par étincelage.

ainsi la présence de collages (fig. 11), de zones brûlées ou d'une structure à très gros grains. Lors des ruptures en dehors du joint, les caractéristiques mécaniques étaient pratiquement identiques à celles mentionnées à propos des assemblages soudés bout à bout par résistance. Un seul essai de fatigue a été fait entre deux tensions, respectivement égales à 13 et 19 kg/mm<sup>2</sup>. L'aspect micrographique des joints est satisfaisant; les figures 12 et 13 donnent deux des aspects rencontrés dans la zone de surchauffe.

Les conclusions de l'expérience faite par l'Administration des Ponts et Chaussées, de la soudure des barres réalisées suivant les procédés par résistance et par étincelage, à propos de l'exécution de deux ouvrages importants, s'avèrent réconfortantes.

Il importe cependant d'attirer l'attention sur la nécessité absolue d'exercer au chantier un contrôle permanent de tous les stades d'exécution de chaque joint et de faire consacrer ce contrôle par des essais mécaniques (statiques et dynamiques) et micrographiques. Signalons cependant que ces deux procédés, tout en étant au point technologiquement, demandent encore à être étudiés au point de vue de la qualité des assemblages qu'ils permettent de réaliser; il y aurait lieu d'envisager notamment l'augmentation de la ductilité dans la zone du joint, ductilité à mettre en évidence par la réussite d'essais de pliage sur éprouvettes dont le bourrelet et la collerette sont enlevés par usinage.

L'Administration des Ponts et Chaussées s'intéresse aussi au soudage au chalumeau, par pression, des barres à béton; elle n'a encore aucune expérience de ce procédé, mais il résulte de certaines études qu'il conduit à d'excellents résultats, toutefois conditionnés, semble-t-il, par la qualité de la préparation des bords à assembler et le parallélisme absolu des deux faces en présence.

### Résumé

Des barres à béton de 35 à 50 millimètres de diamètre soudées en bout à l'arc électrique et par résistance ont été mises en œuvre en Belgique dans la construction d'ouvrages en béton armé.

Des prescriptions provisoires ont été élaborées relativement aux barres soudées à l'arc électrique.

Les auteurs signalent les précautions prises dans la préparation des extrémités des barres, dans l'exécution et dans le contrôle des joints soudés.

Ils rendent compte des résultats d'essais mécaniques et micrographiques exécutés sur les joints.

Ils montrent qu'une relation existe probablement entre, d'une part, la résistance mécanique du joint et, d'autre part, l'aspect extérieur du joint soudé par résistance ou l'image radiographique du joint soudé à l'arc.

### Zusammenfassung

Betoneisen von 35-50 mm Durchmesser mittels Lichtbogen- und Widerstandsschweissung stumpf geschweisst, wurden in Belgien für Eisenbetonkonstruktionen vielfach angewendet.

Für die elektrisch geschweißten Stähle wurden provisorische Vorschriften ausgearbeitet.

Die Verfasser beschreiben die Massnahmen, die bei der Vorbereitung

der Endquerschnitte der Stähle, bei der Ausführung und bei der Kontrolle der geschweisssten Verbindungen getroffen wurden.

Sie berichten über die Resultate der mechanischen und mikrographischen Untersuchungen an den Stössen.

Sie zeigen ferner, dass möglicherweise eine Beziehung existiert zwischen der mechanischen Festigkeit der Verbindung und dem äusseren Aussehen der Schweissstelle bei der Widerstandsschweissung oder dem Röntgenbild bei der Lichtbogenschweissung.

### Summary

Reinforcement rods of 35 to 50 millimetres diameter butt-welded by electric arc and by resistance have been used in Belgium in the construction of reinforced concrete structures.

Provisional prescriptions have been worked out concerning rods welded by electric arc.

The authors point to the precautions taken in preparing the ends of the rods, in laying them down and in controlling the welded joints.

They give an account of the results of mechanical and micrographical tests made on the joints.

They show that a relation probably exists, on the one hand, between the mechanical resistance of the joint and the outer aspect of the joint welded by resistance or the radiographical picture of the arc-welded joint.