

Renforcement du Viaduc d'Austerlitz par soudure à l'arc électrique

Autor(en): **Fauconnier, M.**

Objektyp: **Article**

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

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

PDF erstellt am: **11.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-3090>

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.

V 14

Renforcement du Viaduc d'Austerlitz par soudure à l'arc électrique.

Verstärkung der Austerlitzbrücke der Pariser Stadtbahn durch elektrische Licht-Bogenschweißung.

Strengthening of the Austerlitz Viaduct in Paris by Electric Arc Welding.

M. Fauconnier,

Directeur des Travaux Neufs de la Compagnie du Métropolitain de Paris.

La ligne n° 5 du Chemin de fer Métropolitain de Paris franchit la Seine au voisinage de la gare d'Austerlitz par un ouvrage métallique d'une seule portée: 140 mètres entre appuis sur rives, portée supérieure à celle de tous les autres ponts de Paris.

L'ouvrage est constitué par un arc à triple articulation. Les articulations latérales sont disposées, non pas sur les culées, mais à l'extrémité de consoles

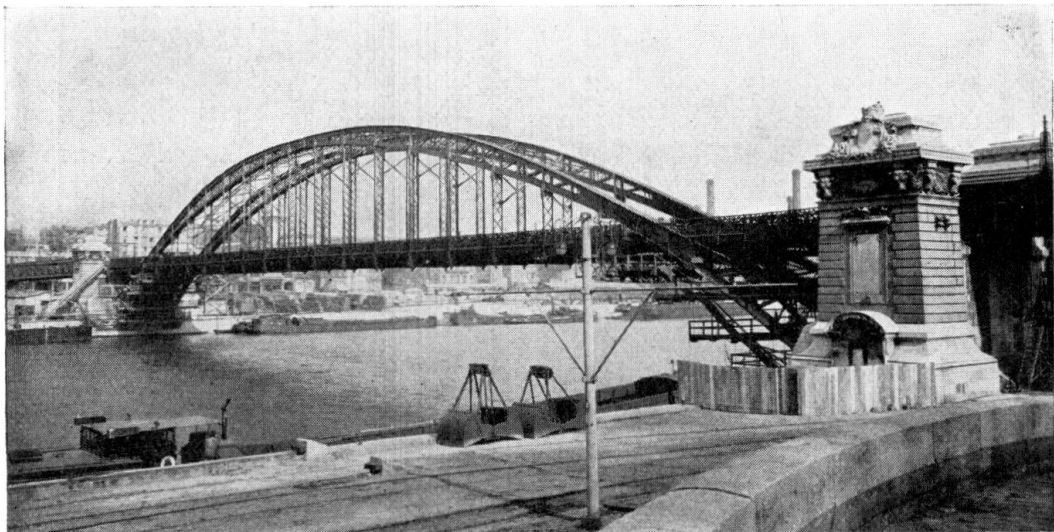


Fig. 1.

Viaduc d'Austerlitz.

dont le porte-à-faux atteint 17 mètres. L'ensemble présente un caractère de légèreté qui lui a valu, à juste titre, l'admiration des techniciens (fig. 1). Son poids est de 820 tonnes.

Malheureusement, son étude a été faite dans l'hypothèse d'un train léger de 121 tonnes de 50 mètres de longueur. Aujourd'hui, trente ans après sa construction, le train type du Métropolitain mesure 105 mètres de longueur et pèse 420 tonnes. La surcharge roulante est plus que triplée.

La Compagnie du Métropolitain exécute actuellement son renforcement.

À notre connaissance, ce travail est sans précédent dans le monde entier :

- les sections utiles de l'arc sont augmentées dans une proportion atteignant 60 % ;
- le poids de l'ouvrage passe de 800 à 1000 tonnes ;
- l'arc est à triple articulation et sa portée est considérable ;
- l'équilibre des consoles doit être rétabli de manière à ramener la ligne des pressions dans le tiers central ;
- enfin, 700 trains par jour doivent franchir l'ouvrage pendant tout le cours de son renforcement.

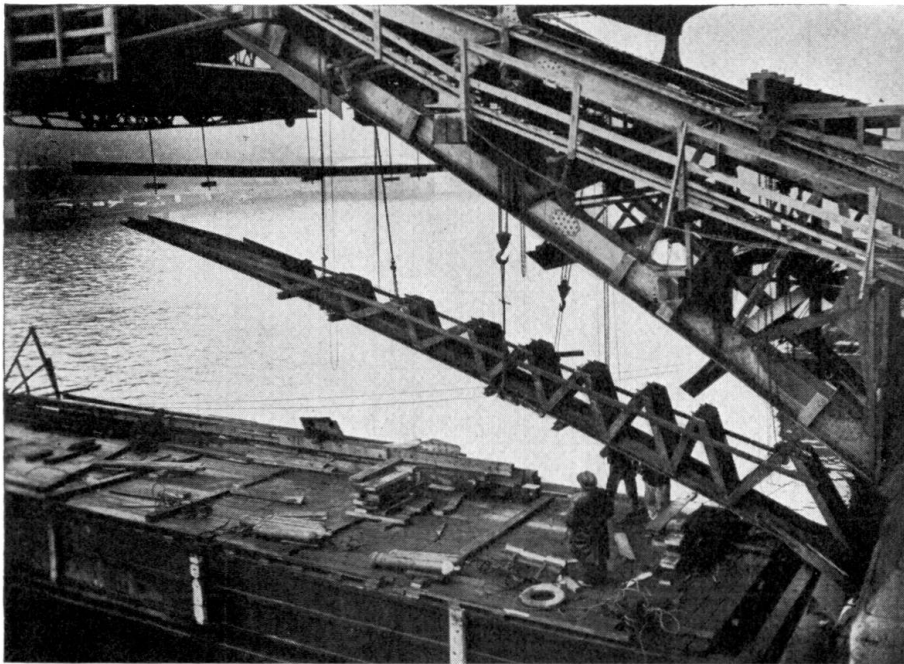


Fig. 2.

Renforcement des retombées des arcs.

Les pièces de renforcement (barres de 70×140 , profilés divers) sont placées entre les lignes de rivets; les éléments de résistance de l'ouvrage primitif sont conservés intégralement.

Pour les consoles, la condition d'équilibre (ligne de pressions restant dans le tiers central) est remplie grâce à la fixation par soudure, sous la membrure inférieure, d'une charpente complémentaire, préparée à l'avance et mise en place d'une seule manoeuvre (fig. 2).

Pour le calcul, on a choisi l'hypothèse simple suivante: le métal de renforcement ne travaille que sous l'effet de la surcharge; le métal de base supporte seul les efforts de la charge permanente et participe aux efforts dus à la surcharge. Une expérience directe nous a montré que cette hypothèse était correcte.

On pourrait croire indispensable de prendre en considération les tensions internes développées par la soudure. En pratique, ce serait une erreur, car les tensions internes sont localisées et avec l'acier 37 de grande ductilité, elles tendent à s'atténuer progressivement au fur et à mesure qu'elles apparaissent dangereuses.

Le métal ancien est un acier Martin extra-doux à faible teneur en carbone, moins de 0,10 %. Il est donc parfaitement soudable. Sa résistance à la rupture atteint 42 kg/mm² et son allongement 32 %. A dessein, le métal de renforcement a été choisi encore plus doux, en vue d'une soudabilité parfaite: 37 kg à la rupture, 34 % d'allongement. Sa composition chimique doit satisfaire strictement aux conditions suivantes:

$$\begin{aligned} C &\leq 0,10 \% \\ Mn &\leq 0,40 \% \\ Si &\leq 0,20 \% \\ P &\leq 0,04 \% \\ S &\leq 0,04 \% \end{aligned}$$

Sa résilience doit être supérieure à 10 kgm/cm² (barreau Mesnager).

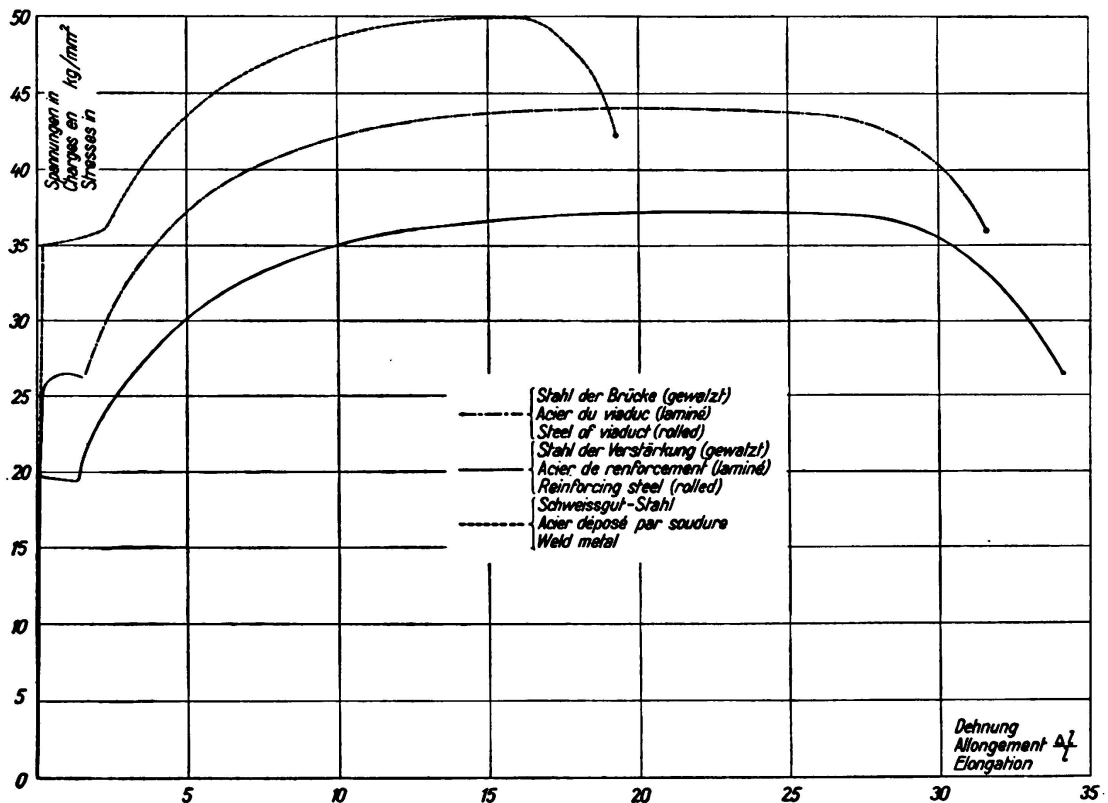


Fig. 3.

Diagrammes d'extension des aciers.

La courbe supérieure de la fig. 3 correspond à l'acier fondu déposé par les électrodes: 48 kg à la rupture et 20 % d'allongement; la résilience minima imposée est de 8 kgm/cm² (Mesnager).

L'allure des 3 diagrammes est la même (fig. 3).

Une considération essentielle s'impose: tout allongement du métal compris entre 1 pour 1000 et 15 pour 1000 s'effectue sans accroissement de fatigue.

Or, dans la soudure à l'arc, le métal en fusion se rétracte de 10 à 15 pour 1000 en passant de l'état semipâteux sans résistance pratique à l'état définitif avec résistance normale de 45—50 kg.

Il importe donc, lorsqu'on opère sur des pièces bridées, que le métal de base voisin du cordon puisse suivre cette déformation en s'allongeant lui-même.

Grâce à cette faculté de l'acier doux bien mise en évidence sur les diagrammes, on pressent que l'équilibre final sera obtenu *sans qu'à aucun moment ni en aucun point* la valeur des tensions internes ne dépasse la limite élastique.

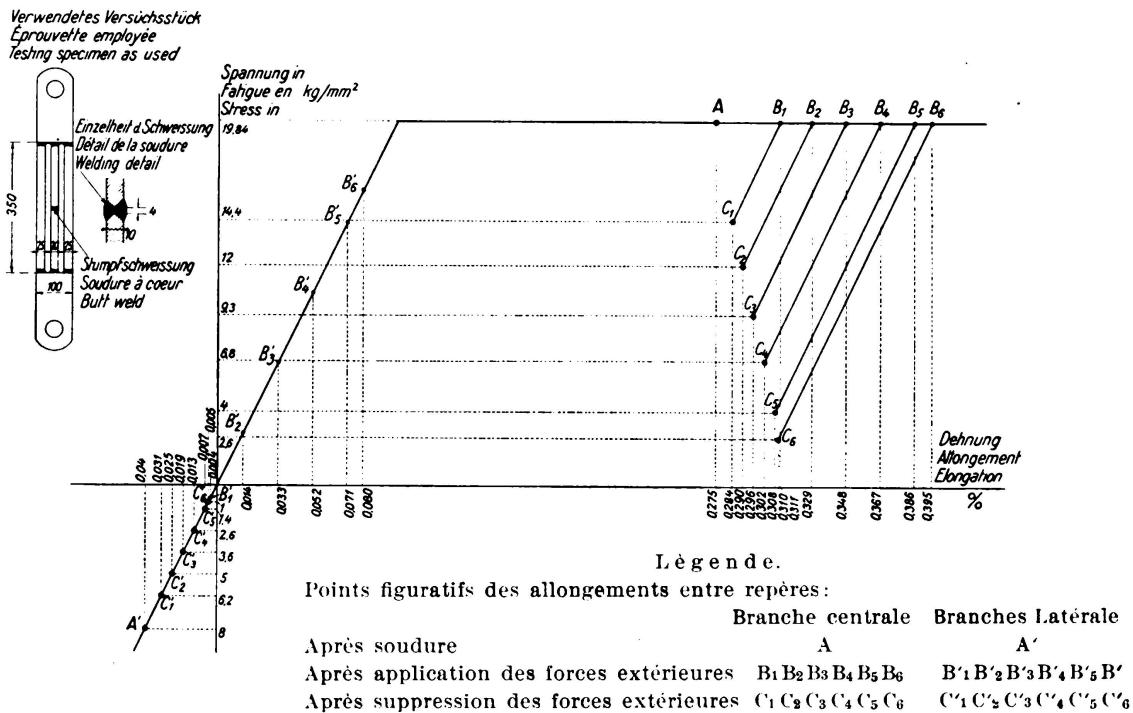


Fig. 4.

Écoulement des tensions internes sous l'action des forces extérieures.
Diagramme d'extension.

Systématiquement nous avons effectué de très nombreuses mesures de tensions internes: les résultats atteignent couramment 14 kg mais *ne dépassent jamais la limite élastique*.

On pouvait toutefois se demander si l'action des forces extérieures (charges et surcharges) se composant avec les tensions internes ne porterait pas la fatigue totale de ces pièces à une valeur inadmissible. M. le Docteur-Ingénieur *Kommerell*, M. G. Fish, notamment, ont montré, en raisonnant sur le diagramme des contraintes en fonction de l'allongement, que pareille crainte n'était pas fondée.

Nous avons vérifié expérimentalement, dans le cas de déformations simples (traction et compression), l'écoulement des tensions internes sous l'action des forces extérieures. Le fait essentiel suivant a été mis en évidence: si une force extérieure quelconque se trouve appliquée momentanément à un système soudé

de manière à déterminer un allongement *permanent* quelconque dans un élément de ce système, lors de la suppression de la force, il se produit une détente interne dont l'effet est d'abaisser la valeur de la tension résiduelle dans cet élément.

L'éprouvette employée était à 3 branches, la languette centrale portant un joint à coeur. Elle est représentée ci-contre (fig. 4).

Le retrait résultant de la soudure à coeur donne lieu à des déformations simples facilement mesurables au déformètre Huggenberger; elles se réduisent à un allongement de la partie centrale, ainsi mise en tension, et à un raccourcissement des branches latérales mises en compression.

L'application de forces extérieures à cette éprouvette se fait à l'aide d'une machine de traction sur laquelle elle est montée au moyen de dispositifs à cadran destinés à éviter les efforts de flexion.

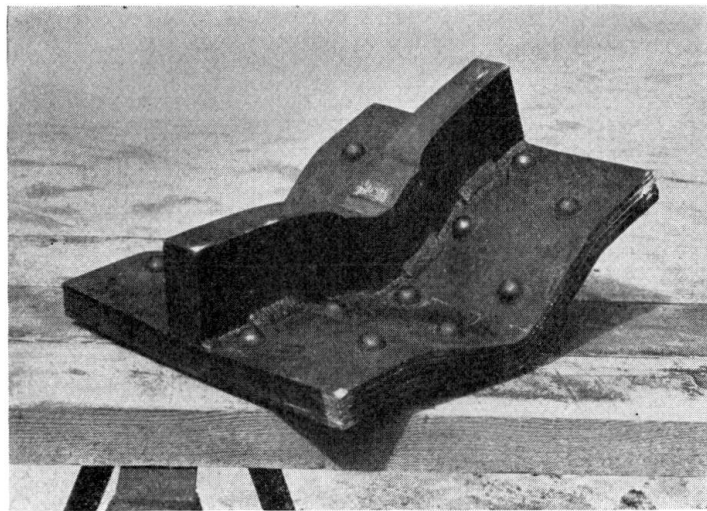


Fig. 5.

1^{er} essai d'homogénéité.

(Déformation sans rupture sous une pression de 700 tonnes.)

Les différents stades de l'essai sont représentés sur le diagramme de la fig. 4. Sa précision a été remarquable. On voit que, dans la branche centrale, l'action de la force extérieure a permis de ramener la fatigue de traction de 19,8 kg/mm² à 2,6 kg/mm², l'allongement permanent passant de 0,275 % à 0,310 %. En poussant l'essai plus loin, on pouvait obtenir la disparition complète des tensions internes. Aucune amorce de fissure n'a été observée.

En pratique, pour que cet écoulement des tensions internes puisse se produire, il faut que la ductilité du métal de base, celle du métal de renforcement et celle du métal fondu soient aussi grandes que possible et du même ordre de grandeur.

Il faut viser à l'homogénéité.

Cette homogénéité a été démontrée par un essai curieux. Sur une semelle de cinq tôles rivées, on a fixé une barre de 60 mm × 130 mm par des cordons de 16 × 16 effectués en plusieurs passes. Ces gros cordons sont discontinus: au droit des rivets n'existe qu'un petit cordon de 5 × 5.

Cet assemblage a résisté sans rupture à une charge de 700 tonnes. La fig. 5 montre la déformation inimaginable de la pièce et dispense de tout commentaire: l'homogénéité est vraiment atteinte.

A titre de comparaison, le même essai a été reproduit avec un cordon continu de 8×8 (réduit à 5×5 au droit des rivets). Au lieu des 700 tonnes appliquées

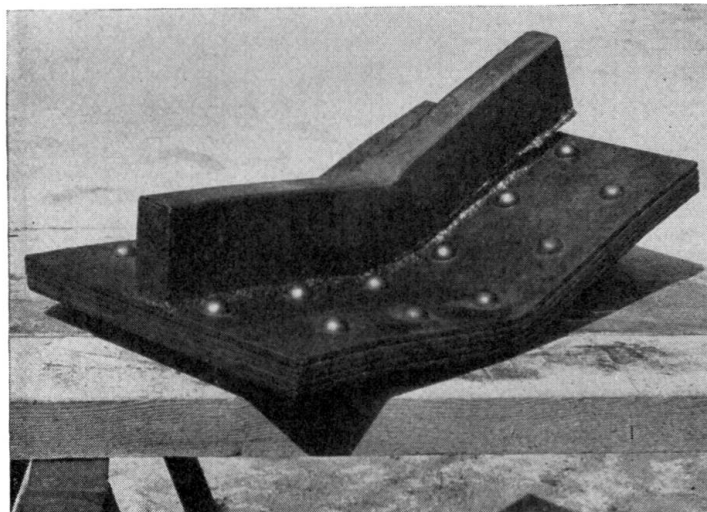


Fig. 6.

2^{eme} essai d'homogénéité.

(Rupture sous une pression de 170 tonnes.)

sans rupture dans l'essai précédent, la rupture du cordon s'est alors produite à 170 tonnes (fig.6).

En résumé, le travail en cours au Métropolitain de Paris est le plus difficile qui se pose en soudure, puisque tous les assemblages concernent, non seulement des pièces bridées, mais bien plus, des pièces bridées et en service continu.

L'opération est déjà fort avancée et son succès repose essentiellement sur la qualité remarquable des électrodes employées (type L 40 de la Soudure Autogène Française) et surtout sur le choix d'un métal de renforcement extrêmement ductile (acier 37 de *composition chimique imposée*).