

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

**Band:** 5 (1956)

**Artikel:** Calcul des âmes des poutres en alliages légers

**Autor:** Massonnet, Ch.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-6117>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 21.12.2024

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

## IV 4

### Calcul des âmes des poutres en alliages légers

*Discussion*

### The design of the webplates of light alloy plate girders

*Discussion*

### Die Berechnung der Stehbleche von Leichtmetallträgern

*Diskussion*

### Cálculo das almas das vigas de ligas leves

*Discussão*

CH. MASSONNET

*Professeur à l'Université de Liège*

Liège

Nous voudrions tout d'abord complimenter M. ROCKEY pour le soin avec lequel il a réalisé ses essais, soin qui a pour conséquence une dispersion remarquablement faible des charges critiques expérimentales, qui ressort des figures 2 et 3 de son mémoire.

#### 1. *Nécessité d'un raidissage de l'âme des poutres à âme pleine*

Nous sommes en général d'accord avec les opinions émises par M. ROCKEY. Le seul point sur lequel nous croyons devoir faire quelques réserves est l'affirmation faite à la page 610 de son mémoire selon laquelle le rapport de la charge de service d'une âme raidie à sa charge critique dépend plus de considérations esthétiques que de conditions de tension. En attachant à cette affirmation un sens trop absolu, on serait amené à prétendre que le danger de voilement n'existe pas et que l'on peut se passer de raidisseurs; ou tout au moins, que la sécurité est assurée quand on a disposé sur la poutre un certain nombre de raidisseurs verticaux destinés à former, avec les semelles et l'âme plissée diagonalement, un «treillis Wagner». Ces opinions sont fausses et la preuve en est que, par un raidissage horizontal convenable, nous avons pu, dans nos expériences, relever de plus de vingt pour cent la charge ultime de nos poutres d'essai <sup>(1)</sup>.

---

<sup>(1)</sup> Voir à ce sujet: Ch. Massonnet: Essais de voilement sur poutres à âme raidie — Mém. A. I. P. C., vol. XIV, 1954, pp. 125-186.

En réalité, l'âme voilée exerce sur la semelle comprimée de la poutre (fig. 1) des tensions verticales qui peuvent hâter considérablement le flambement de cette semelle dans le plan de l'âme.

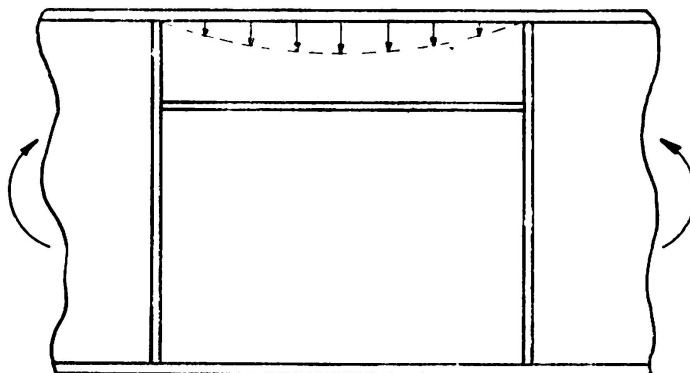


FIG. 1

Par un raidissage horizontal convenable de la partie comprimée de l'âme, la croissance de ces tensions est retardée à un point tel que la semelle ne périt qu'au moment où elle est entièrement plastifiée.

## 2. Nécessité de donner à la semelle comprimée une grande rigidité

Le raisonnement précédent montre que, pour réaliser la poutre la plus rationnelle, il faut, non seulement raidir son âme, mais encore veiller à donner à la semelle comprimée une grande stabilité propre. Ce résultat peut être atteint par le profil de la figure 2a, dont les essais sur poutres

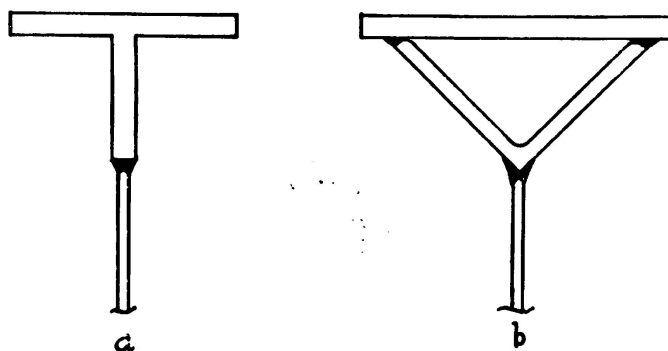


FIG. 2

soudées de MACKEY et BROTON ont montré tout l'intérêt, et mieux encore par le profil figure 2b, dont l'idée est due au professeur DÖRNEN. Ces deux formes de membrure ont une importante vertu supplémentaire, qui est de réaliser un encastrement quasi-parfait des panneaux d'âme.

Notons, à ce propos, que, dans les poutres rivées de M. ROCKEY, les cornières âme-semelle réalisaient un encastrement considérable des pan-

neaux d'âme, comme dans le type de poutre expérimenté par MACKEY et BROTON. Dans nos propres essais, au contraire, le soutien réalisé par les semelles était beaucoup plus faible.

L'évolution des formes constructives signalée ci-dessus démontre aussi l'impérieuse nécessité où l'on est de disposer d'un ensemble complet de valeurs numériques théoriques des tensions critiques de plaques encastrees sur leurs bords, raidies ou non. Nous indiquons d'autre part<sup>(2)</sup> le principe d'une méthode théorique qui permettra d'obtenir de telles valeurs avec l'assistance d'une machine calculatrice électronique pour l'exécution des calculs numériques.

Par ailleurs, notons que la Commission Belge pour l'Etude de la Construction Métallique (C. E. C. M.) a inscrit à son programme des essais sur poutres soudées type Dörnen, qui doivent être exécutés prochainement.

### 3. Possibilités de transposer les résultats obtenus par M. ROCKEY aux poutres en acier

#### A) Résultats concernant le dimensionnement de l'âme

Il importe de souligner la différence, à notre avis essentielle, entre les essais de M. ROCKEY et les nôtres. Ses essais sont exécutés sur un alliage d'aluminium dont le rapport: limite élastique ( $R_e$ ) sur module d'élasticité ( $E$ ) vaut  $\frac{23,6}{7000} = 3,4 \cdot 10^{-3}$ . Pour l'acier 37, sur lequel nous avons expérimenté, le même rapport vaut  $\frac{R_e}{E} = \frac{24}{21.000} = 1,14 \cdot 10^{-3}$ , c'est-à-dire le tiers seulement de la valeur précédente.

Cet écart a d'autant plus d'importance que la limite d'étirage  $R_e$  de l'acier A 37 est accompagnée de déformations plastiques considérables provoquant nécessairement la ruine de la pièce, tandis que la limite élastique de l'alliage d'aluminium est une limite conventionnelle à 0,2 %, cet alliage ne possédant pas de palier marqué de plasticité.

Or, on a

$$\sigma_{cr} = k \frac{\pi^2 D}{b^2 e} = k \frac{\pi^2 E}{12 (1 - \eta^2)} \left( \frac{a}{b} \right)^2$$

D'où

$$\frac{R_e}{\sigma_{cr}} = \frac{12 (1 - \eta^2)}{k \pi^2} \left( \frac{b}{e} \right)^2 \frac{R_e}{E} = \frac{1,1}{k} \left( \frac{b}{e} \right)^2 \frac{R_e}{E}$$

Il est clair, dès lors, que toutes choses égales d'ailleurs, le domaine post-critique élastique est beaucoup plus étendu dans les poutres en alliage l'aluminium que dans celles en acier A. 37. C'est la raison pour laquelle M. ROCKEY obtient pour le rapport  $\frac{P_{critique}}{P_{ultime}}$  des valeurs comprises entre 4 et 8, tandis que dans nos expériences, ce rapport était généralement compris entre 2 et 4.

(2) Contribution au thème IIb: Théorie générale du voilement des plaques rectangulaires encastrees ou appuyées sur leurs bords et renforcées par des raidisseurs parallèles aux bords résistant à la flexion et à la torsion.

Ces considérations expliquent qu'il est nécessaire, dans les poutres à âme pleine en alliage d'aluminium, de travailler en service dans le domaine postcritique, comme le préconise M. ROCKEY, qui propose un coefficient de sécurité au voilement inférieur à l'unité ( $1/1,5 = 0,667$ ).

Nous avons proposé, au Congrès de Cambridge de l'A. I. P. C., d'adopter comme coefficients de sécurité 1,15 vis-à-vis du voilement par flexion et 1,35 vis-à-vis du voilement par cisaillement. Nous avons indiqué ultérieurement que l'on pouvait descendre sans inconvénient jusqu'à l'unité. Même en adoptant cette dernière valeur, le rapport des sécurités vaut environ 2 parce que M. ROCKEY base ses tensions critiques sur l'hypothèse d'un demi-encastrement tandis que nous adoptons les valeurs de TIMOSHENKO relatives à une plaque simplement appuyée sur ses bords

$$\text{En effet } \frac{s \text{ Massonnet}}{s \text{ Rockey}} \text{ vaut } \frac{1}{0,667} \times \frac{32,75}{23,9} = 1,96 \approx 2.$$

Cependant, les élancements  $b/e$  des tôles mises en œuvre sont pratiquement les mêmes dans les deux cas, vu l'effet du faible module  $E$  de l'aluminium. La discussion qui précède conduit à une conclusion importante, à savoir que toutes choses égales d'ailleurs, le coefficient de sécurité devrait varier dans le sens opposé au rapport  $R_e/E$ ; en particulier, il pourrait être choisi moindre dans le cas de l'acier A. 52 (pour lequel  $R_e/E = 1,71 \cdot 10^{-3}$ ) que pour l'acier A. 37, ce qui permettrait de valoriser davantage les aciers à haute limite élastique dans la construction des poutres à âme pleine.

Cependant, nous ne croyons pas qu'il soit ni intéressant ni prudent de descendre en dessous de la valeur  $s = 1$  pour les constructions en acier A. 37.

#### B) Résultats concernant le dimensionnement des raidisseurs

En ce qui concerne le dimensionnement des raidisseurs, les résultats obtenus par M. ROCKEY sont en quelque sorte complémentaires des nôtres, parce qu'il étudie le comportement des raidisseurs verticaux, tandis que nous avons à peu près exclusivement porté notre attention sur les raidisseurs horizontaux.

Néanmoins, les valeurs expérimentales que nous avons obtenues pour la rigidité relative optimum  $\gamma$  <sup>(3)</sup> sont nettement supérieures à celles obtenues par M. ROCKEY. Cette différence considérable provient, à notre avis, de trois causes bien distinctes :

- a) nous avons imposé à nos raidisseurs l'obligation de rester rectilignes jusqu'à la ruine de la poutre, ce qui semble plus sévère que la condition imposée par M. ROCKEY et, en général, par les ingénieurs britanniques, concernant le rôle que doivent jouer les raidisseurs dans le stade de ruine.

---

<sup>(3)</sup>  $\gamma$  est le  $\gamma_1$  de M. Rockey et la «Mindeststeifigkeit» des auteurs allemands.

- b) les valeurs théoriques de  $\gamma$  sont déterminés dans l'hypothèse d'une plaque appuyée sur ses quatre bords; les conditions d'appui réelles étaient nettement plus proches de l'encastrement parfait dans les essais britanniques que dans les nôtres, ce qui peut avoir pour effet de diminuer la valeur de  $\gamma$ .
- c) enfin, les raidisseurs expérimentés étaient de formes très différentes (cornières rivées avec une aile parallèle à l'âme chez M. ROCKEY; plats soudés normaux à l'âme chez nous). Le type de raidisseur employé par M. ROCKEY n'est peut-être pas très économique, parce qu'il a un faible rayon d'inertie, mais il réalise un certain encastrement de l'âme sur ses bords verticaux et possède une stabilité propre supérieure à celle d'un plat saillant de faible épaisseur.

Vu la discussion qui précède, il paraît dangereux de transposer à l'acier, sans examen approfondi, les valeurs de  $\gamma$  obtenues sur l'alliage d'aluminium.

#### R É S U M É

Les résultats obtenus sur des poutres à âme mince en alliage d'aluminium ne peuvent pas être appliqués sans précautions à des poutres en acier doux, parce que le rapport  $R_e/E$  est beaucoup plus grand dans le cas de l'alliage d'aluminium. Il serait raisonnable d'adopter des coefficients de sécurité au voilement différents pour des matériaux différents. Ces coefficients devraient être d'autant plus faibles que  $R_e/E$  est plus grand.

Par ailleurs, il importe, pour obtenir une charge de ruine de la poutre aussi grande que possible, de donner à la semelle comprimée une grande stabilité propre, ce qui conduit à des poutres à semelles tubulaires type Dörnen.

#### S U M M A R Y

Ratio  $R_e/E$  being much greater for light alloys, the results obtained from tests on thin webplate, light alloy girders, cannot be extended without further caution to mild steel girders. It would seem reasonable to admit different buckling safety factors for different metals. The greater the ratio  $R_e/E$ , the smaller the safety factor should be.

To increase the girder's collapse load, the flange submitted to compression should have a good self-stability; this leads to tubular flanged girders of the Dörnen type.

#### ZUSAMMENFASSUNG

Die Resultate, die man für Träger mit dünnem Steg aus Aluminium erhält, dürfen nicht ohne weiteres auf Träger aus normalem Flussstahl angewendet werden, weil das Verhältnis  $R_e/E$  für die Aluminiumlegierung viel grösser ist. Es wäre vernünftig gegen das Beulen verschiedener Materialien, verschiedene Sicherheitskoeffizienten einzuführen. Diese Koeffizienten sollen umso kleiner sein, je grösser  $R_e/E$  ist.

Anderseits ist es wichtig, um für den Balken eine möglichst grosse Bruchlast zu erhalten, dem Druckflansch eine grosse Eigenstabilität zu geben, was zu Balken mit röhrenartigen Flanschen, Typ Dörnen, führt.

#### RESUMO

Os resultados obtidos com vigas de alma delgada de ligas de alumínio, não se podem aplicar, sem precaução, a vigas de aço macio, visto a relação  $R_e/E$  ser muito maior no caso das referidas ligas. Parece razoável adoptar factores distintos de segurança à encurvatura para materiais diferentes. Esses factores devem ser menores, quanto maior for a relação  $R_e/E$ .

Por outro lado, para aumentar a carga de rotura de uma viga, convém aumentar a estabilidade própria do banzo comprimido o que conduz a vigas de banzo tubular, do tipo Dörnen.