

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

**Band:** 9 (1972)

**Artikel:** Nouvelle théorie et essais sur la résistance ultime des poutres en  
caisson raidies en acier, soumises à flexion pure

**Autor:** Maquoi, R. / Massonnet, Ch.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-9645>

### **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:** 04.04.2026

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

**DISCUSSION LIBRE • FREIE DISKUSSION • FREE DISCUSSION**

**Nouvelle théorie et essais sur la résistance ultime des poutres en caisson  
raidies en acier, soumises à flexion pure**

Neue Theorie und Versuche über die Traglast ausgesteifter Stahlkastenträger  
unter reiner Biegung

New Theory and Test on the Ultimate Strength of Steel Stiffened Box Girders  
under Pure Bending

**R. MAQUOI**

Chargé de Recherches du Fonds National  
de la Recherche Scientifique

**CH. MASSONNET**

Professeur à l'Université de  
Liège

Belgique

Une série d'accidents spectaculaires (Vienne, 6 novembre 1969, Milford Haven, 2 juin 1970, Melbourne, 15 octobre 1970, Coblenz, 10 novembre 1971) a polarisé l'attention des ingénieurs sur les méthodes de dimensionnement des grands ponts en caisson en acier raidis.

Nous voudrions, dans les quelques minutes dont nous disposons, attirer l'attention des participants au Congrès sur certaines des recherches en cours dans ce domaine.

La plupart des ponts du type considéré ont été dimensionnés, ces dernières années, en se basant sur la théorie linéaire du voilement. Les coefficients de sécurité généralement adoptés étaient les mêmes que pour les âmes des grandes poutres en double té, à savoir

- 1,35 pour le cas I de sollicitation
- 1,25 pour le cas II de sollicitation.

L'estimation de la contrainte critique se faisait souvent en utilisant les abaques contenus dans les deux livres du Professeur KLÖPPEL et de ses collaborateurs, MM. SCHEER et MÖLLER.

Les résultats expérimentaux sur des modèles de poutres en caisson fléchies, présentés par le Professeur P. DUBAS au Colloque de Londres "Design of Plate and Box Girders for Ultimate Strength" (25-26 mars 1971) ont montré que la contrainte moyenne de ruine d'une plaque comprimée uniformément et raidie par des raidisseurs théoriquement strictement rigides ( $\gamma = \gamma^*$ ) était normalement inférieure à sa contrainte critique de voilement linéaire, c'est-à-dire qu'on ne pouvait compter sur aucun effet postcritique, et que les coefficients de sécurité actuels étaient par conséquent absolument insuffisants.

Nous basant sur les travaux théoriques de SKALOUZ et NOVOTNY, nous avons montré au même Colloque, mon collaborateur R. MAQUOI et moi-même, que ce résultat imprévu de DUBAS aurait pu être prédit théoriquement.

Ceci nous a conduit à développer une théorie non linéaire de la résistance à la ruine des grandes poutres en caisson raidies, qui a paru dans le volume 31-II des Mémoires de l'A.I.P.C. (pp. 91 à 140) et dont nous voudrions vous présenter brièvement ici les principes essentiels:

Nous admettons pour simplifier que nous pouvons nous borner à étudier la résistance limite de la membrure comprimée du caisson (Fig. 1). A la ruine, la partie ABCD de cette membrure limitée entre les deux lignes nodales successives AB et CD se comporte comme une plaque membrane orthotrope à raidisseurs dissymétriques.

Vu le grand nombre de raidisseurs longitudinaux, nous supposons leurs rigidités réparties continûment c'est-à-dire "tartinées"; nous avons développé la théorie non linéaire de ces plaques membranes en généralisant la théorie linéaire de PFLUGER et nous aboutissons au système de deux équations aux dérivées partielles du 4ème ordre non linéaires et couplées ci-dessous:

$$\frac{\phi^{(4)}}{D_x} + 2 \frac{\phi^{(4)}}{\bar{D}} + \frac{\phi^{(4)}}{D_y} =$$

$$(1 - \bar{\nu}^2) [(w_0' + w'')^2 - (w_0'' + w'')(w_0' + w'') - w_0'^2 + w_0'' w_0'],$$

$$\bar{B}_x w^{(4)} + 2\bar{C} \dot{w}^{(4)} + \bar{B}_y w^{(4)} =$$

$$\phi'' (w_0'' + w'') + \phi'' (w_0' + w'') - 2\phi'' (w_0' + w'').$$

Ces équations donnent le déplacement transversal  $w$  et la fonction de contrainte d'Airy  $\phi$ .

Nous supposons que le panneau a une déformée initiale sinusoidale

$$w_0 = f_0 \cos \frac{\pi x}{a} \cos \frac{\pi y}{b}$$

Pour les déplacements additionnels  $w$ , nous devons nous contenter d'admettre une expression approchée affine au mode de voilement linéaire (et à  $w_0$ ) c'est-à-dire

$$w = f \cos \frac{\pi x}{a} \cos \frac{\pi y}{b}.$$

En supposant que les bords latéraux AD et BC du panneau sont libres de contraintes de membrane, à cause de la déformabilité des âmes du caisson perpendiculairement à leur plan et que les bords transversaux AB et CD doivent rester rectilignes, nous pouvons intégrer exactement l'équation donnant la fonction de contrainte  $\phi$ .

La flèche supplémentaire  $f$  croît avec l'effort de compression, qui n'est pas réparti uniformément et on obtient la loi de croissance de  $f$  en employant la méthode de GALERKIN.

Finalement, nous admettons, pour ne pas devoir nous livrer à une analyse élasto-plastique extrêmement complexe, que la ruine de la plaque se produit quand la contrainte de compression membranaire moyenne  $\bar{\sigma}_x$  le long des bords non chargés AD et BC atteint la limite élastique du métal. Cette condition nous permet d'établir la relation non linéaire donnant la flèche additionnelle  $f$  de la plaque en fonction de sa flèche initiale  $f_0$  et des autres données du problème  $f$  étant connu, il est aisé d'établir l'expression du rendement d'ensemble de la plaque à raidisseurs "tartinés".

$$\rho_t = \frac{\text{Effort réel à la ruine}}{\text{Effort plastique maximum } \Omega R_e}$$

où  $R_e$  est la limite élastique.

Nous trouvons pour  $\rho_t$  une expression relativement simple.

Il faut cependant tenir compte de ce que la plaque réelle a un nombre fini de raidisseurs et que la tôle se voile dans tous les champs partiels compris entre deux raidisseurs successifs. Cela donne au diagramme des contraintes de compression à la ruine une allure festonnée. Il est possible de tenir compte de la perte de rendement supplémentaire correspondante en introduisant la notion de rendement local de la tôle

$$\rho_l = \frac{\text{Effort réel}}{\text{Effort maximum}} .$$

L'expression de  $\rho_l$  découle directement de l'expression de la largeur effective de cette tôle, pour laquelle nous avons adopté une formule déduite de nombreux essais de compression jusqu'à la ruine sur des tôles raidies qui est très voisine de celle de WINTER.

Le rendement global de la tôle raidie à raidisseurs discrets est donné par l'expression

$$\rho_g = \rho_t \cdot \rho_l .$$

Un pont en caisson devrait se dimensionner, selon nous, en exprimant que, sous la charge de ruine, la contrainte moyenne de compression dans le panneau ABCD ne dépasse pas la contrainte moyenne de ruine

$$R_r = \rho_g R_e$$

Notre théorie explique l'accident survenu au Praterbrücke à Vienne et est en assez bon accord avec les résultats expérimentaux du Professeur DUBAS.

Cependant, afin de tester cette théorie, nous entreprenons actuellement dans mon laboratoire à Liège une série d'essais jusqu'à la ruine sur des modèles de poutres en caisson munies de 7 raidisseurs longitudinaux. Les figures 2 et 3 donnent quelques précisions à ce sujet.

En conclusion, nous voudrions insister sur le fait que calculer les raidisseurs de la plaque comme des barres comprimées indépendantes, comme plusieurs chercheurs l'ont proposé tout récemment, reviendrait à ignorer l'effet stabilisant des contraintes de membrane et conduirait, selon nous, à un gaspillage d'acier excessif.

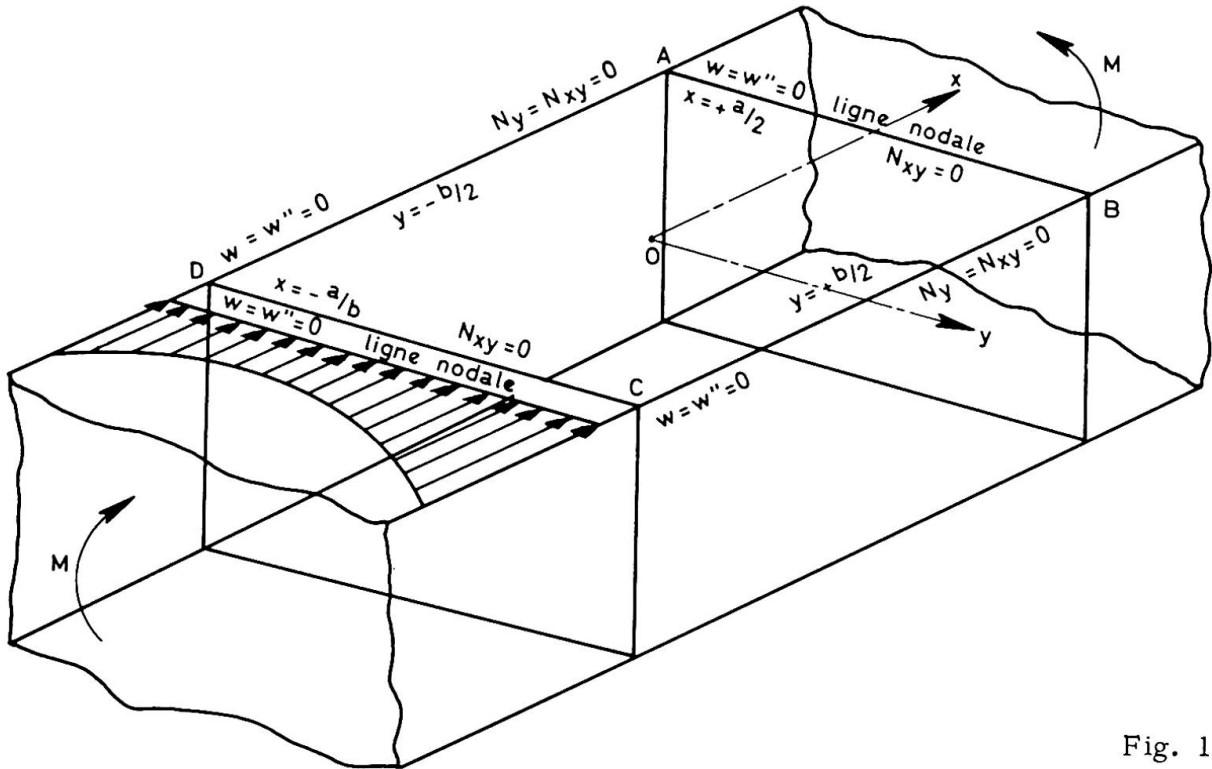


Fig. 1

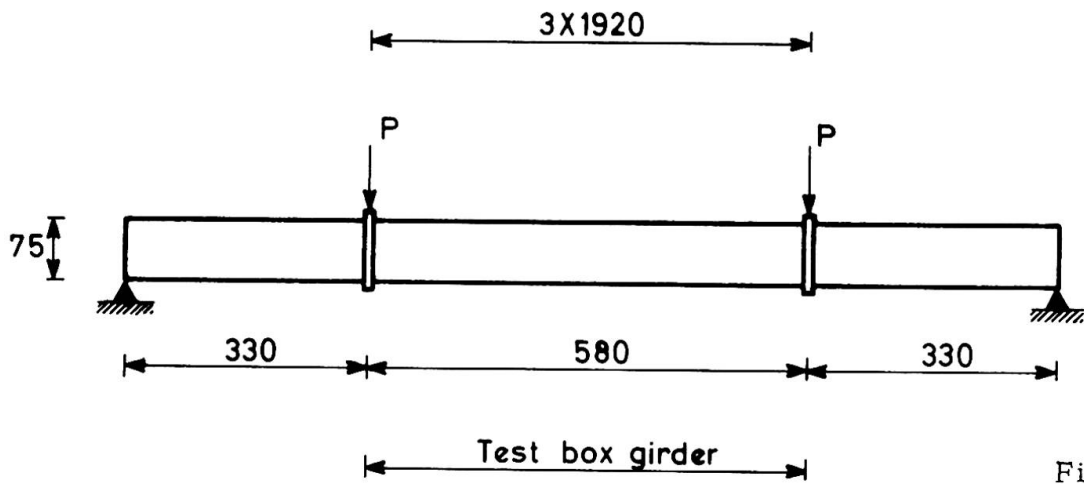


Fig. 2

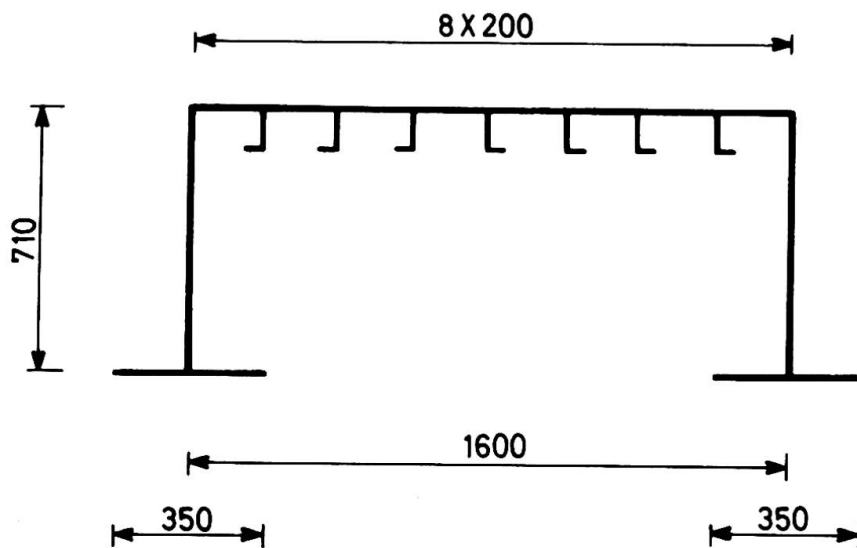


Fig. 3