

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

**Band:** 1 (1932)

**Artikel:** Poutrelles métalliques combinées avec du béton ou du béton armé et travaillant à la flexion

**Autor:** Lobban, C.H.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-477>

#### **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:** 16.02.2026

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

by reducing it to 600 lbs. per square inch (or other fixed value), or by taking suitable values of the modular ratio so as to obtain maximum stresses in both materials.

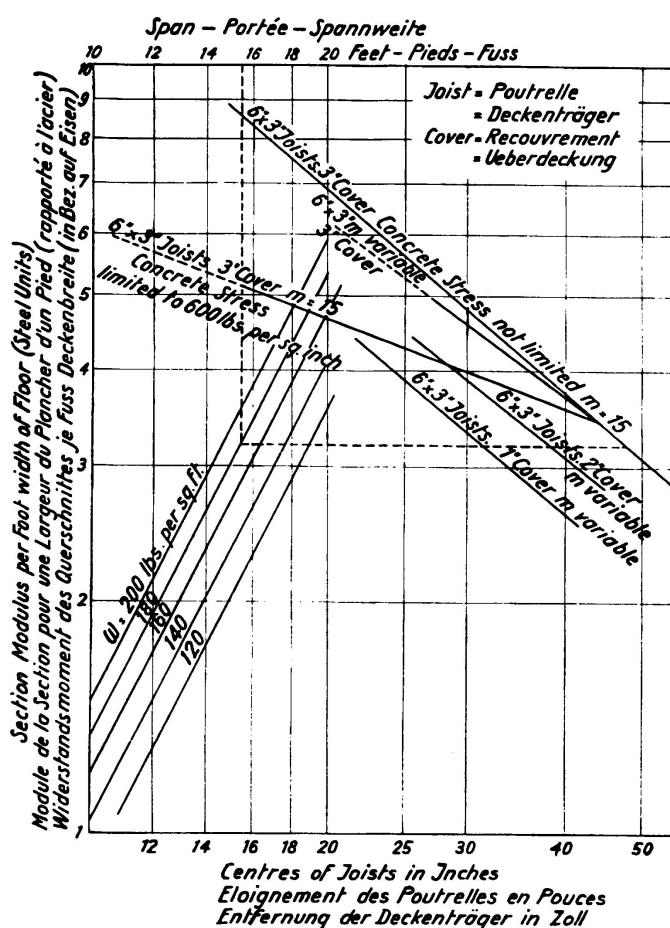


Fig. 2.  
Diagram. — Diagramme.

of 15' 6" and total load of 180 lbs. per square foot, the modulus required per foot width is 3.2 and any suitable section can then be chosen.

Figure 2 gives the values of  $Z$ , the section modulus, per foot width of floor for  $6'' \times 3''$  joists with 3" cover for  $c = 600$  lbs per square inch,  $t = 9$  tons per square inch,  $m = 15$ , also for  $m$  varying from 15 to 24; it gives the values for the same joists with 2" and 1" cover when  $m$  varies between the same limits.

Similar lines may be added for other joists. On the same graph are plotted the necessary values of the section modulus required for various weights per square foot on various spans. It becomes a simple matter to choose a section of floor suitable for any weight per square foot and span. The only drawback is that the weight of the floor is included in the total weight, but as there are so many variables it is not possible to eliminate all.

The dotted line on figure 2 shows the method. For a span

## TRADUCTION

L'auteur de cet article a été chargé dernièrement de l'analyse des essais entrepris, il y a quelques années, par les soins du National Physical Laboratory à Londres, qui concernent la question des poutrelles de planchers. Il s'agissait de mettre en rapport les résultats des essais avec ceux de la théorie. L'auteur base ses calculs sur la théorie de Mohr, c'est-à-dire sur la théorie du calcul des fatigues dans une section non homogène.

Des essais spéciaux ont été faits pour déterminer l'élasticité du béton. Quant aux modules d'élasticité ils ont donné une variation considérable. En choisissant un coefficient d'équivalence convenable, mais ne sortant pas des limites trouvées par les essais d'élasticité du béton, l'auteur obtient une coïncidence

satisfaisante entre les résultats des essais et les fléchissements déterminés par calcul.

**Méthode de Mohr** (Voir fig. 1).

Soit :  $A$  = section de la poutrelle ;

$l$  = distance du centre de gravité de la poutrelle du bord supérieur du plancher ;

$d$  = hauteur totale du plancher ;

$b$  = largeur de la dalle travaillant avec la poutrelle (distance entre deux poutrelles) ;

$m$  = coefficient d'équivalence.

Pour déterminer la position de l'axe neutre, la section entière de la poutrelle en acier est supposée concentrée au centre de gravité du profil. La valeur de  $n$  se détermine de la façon suivante :

$$n = -\frac{m A}{b} + \sqrt{\frac{m^2 A^2}{b^2} + \frac{2 m A l}{b}}.$$

**Moment d'inertie équivalent et module de la section.**

Après avoir déterminé  $n$ , les valeurs du moment d'inertie équivalent et du module de la section (rapportées à l'acier comme base du calcul) se calculent d'après les formules suivantes :

$$I = \frac{b n^3}{3m} + I_0 + A(l-n)^2 \quad Z = \frac{I}{(d-n)}.$$

$I_0$  est le moment d'inertie de la poutrelle.

**Valeurs variables dans les calculs.**

Dans les calculs des poutrelles trois variables ont une importance prépondérante :

1. les tensions admissibles ;
2. le pourcentage de l'acier ou la distance entre deux poutrelles ;
3. le coefficient d'équivalence.

### Écartement économique.

Pour une hauteur du plancher et une poutrelle donnée d'avance, il existe une distance bien déterminée entre deux poutrelles pour lesquelles les tensions admissibles maxima correspondant à un coefficient d'équivalence donné sont atteintes en même temps dans le béton et dans l'acier. Cette distance est désignée sous le nom d'écartement économique.

Si  $c$  et  $t$  désignent les tensions admissibles maxima dans le béton et dans l'acier, les équations fondamentales nous donnent

$$\frac{c}{t} = \frac{n}{(d-n) \cdot m}$$

$$\frac{b \cdot n^2}{2} = A \cdot m(l-n) \quad \text{ou bien} \quad b = \frac{2 A m(l-n)}{n^2}.$$

Dans le premier rapport du comité chargé des recherches sur le domaine des constructions en acier publié par le département des recherches scientifiques et industrielles, la tension admissible à la flexion pour les poutrelles est fixée à 9 tonnes par pouce carré. En admettant cette valeur et limitant les tensions admissibles dans le béton à 600 livres par pouce carré l'éloignement économique des poutrelles de  $6'' \times 3''$  et de  $4'' \times 1\frac{3}{4}''$  a été calculé pour deux valeurs différentes du coefficient d'équivalence. Les tables 1 et 2 donnent les résultats des calculs.

Pour des éloignements inférieurs à ceux que donnent les tables précédentes, la contrainte admissible maximum du béton se produit avant que l'acier ne travaille au taux maximum. La valeur du module de la section rapporté à l'acier doit être réduite proportionnellement, c'est-à-dire que  $Z_2 = \text{module de la section} / c'$  doit être réduit de telle façon que la contrainte du béton est limitée à 600 livres par pouce carré;

$c'$  = la tension du béton correspondant au taux de travail maximum de l'acier; on en déduit :

$$Z_2 = Z \times \frac{600}{c'}.$$

Si l'on calcule le module pour toutes les sections de la table 2, d'abord pour une valeur  $m$  égale à 15 et ensuite pour  $m$  égal à 24, on obtient les valeurs de la table 3. Pour  $m$  égal à 15, le module est réduit de sorte que  $c$  correspond à 600 livres par pouce carré.

La table ci-dessus conduit à des conclusions fort intéressantes. Par exemple, un plancher d'une épaisseur de 7" avec des poutrelles de  $6'' \times 3''$  à un écartement de 21,6" calculé pour  $m = 24$  est de 6,75 % plus résistant qu'un plancher de 9" d'épaisseur avec les mêmes poutrelles mais écartement de 26,9", si l'on admet  $m = 15$ .

Si l'on juge simplement au point de vue de la surcharge que peut supporter le plancher, il semble qu'on ne puisse rien gagner en augmentant l'épaisseur du plancher avec des poutrelles de  $6'' \times 3''$  et une hauteur de 7", l'augmentation du poids mort absorbant totalement le gain réalisé sur le module.

### Comparaison de la résistance à la flexion et de la rigidité du plancher composé de poutrelles en acier enrobées de béton et du plancher en béton armé.

Pour pouvoir mieux faire la comparaison, l'écartement des poutrelles en acier a été déterminé de sorte que les tensions maximum soient atteintes en même temps dans le béton et dans l'acier.

Les calculs sont basés sur :

$c = 600$  livres par pouce carré

$t = 20.160$  — —

$m = 15$ .

En outre, on a aussi déterminé les valeurs correspondant à  $t = 16.000$  livres par pouce carré.

Le moment d'inertie ainsi que le module de la section (le premier en pouces<sup>4</sup>,

le dernier en pouces<sup>3)</sup> et le moment de résistance (en 1.000 pouces livres) sont indiqués dans la table 4.

Il est évident que le plancher en béton armé est supérieur quant à la rigidité et la fatigue des matériaux et que la section des armatures par pied dans le sens de la largeur est beaucoup plus faible. En outre, les planchers en béton armé ont le grand avantage de pouvoir être également disposés comme dalle continue.

### Fléchissement des deux systèmes de plancher sous une charge répartie uniformément.

Le fléchissement d'une poutrelle pour laquelle  $E = 13.000$  tonnes par pouce carré et dont la hauteur correspond au vingt-quatrième de la portée atteint un  $\frac{1}{325}$  de la portée, si la tension due à la flexion est de 8 tonnes par pouce carré.

Poutre en béton armé.

Le rapport entre l'infléchissement et la portée est le suivant :

$$\frac{\delta}{12L} = \frac{5.f.12L}{48.y.E} \quad \begin{aligned} L &\text{ désignant la portée en pieds} \\ \delta &\text{ l'infléchissement en pouce.} \end{aligned}$$

Si le fléchissement doit être inférieur à  $\frac{L}{325}$  on a besoin de  $\frac{12L}{y} = \frac{48E}{325.f.8}$

ce qui nous donne :

a) Poutres dont le pourcentage de l'armature est inférieur au pourcentage économique

$$\frac{12L}{(d-n)} = \frac{2.240 \times 16.000}{41,67.t} = \frac{53.76 \times 16.00}{t}.$$

b) Poutres dont le pourcentage de l'armature est supérieur à la valeur économique

$$\frac{12L}{n} = \frac{860.160}{m.c}.$$

Ces expressions sont valables pour une poutre quelconque en béton armé parce qu'elles ne dépendent que des tensions et du coefficient d'équivalence. Elles sont valables en même temps pour des planchers avec poutrelles enrobées de béton. Ces dernières subissent le même fléchissement que le plancher en béton armé dont la hauteur utile, le coefficient d'équivalence et les tensions maximum sont les mêmes.

Influence de la variation du taux de travail de l'acier.

Pour deux cas analogues, avec  $c = 600$  livres et  $m = 15$ , l'influence de l'augmentation du taux de travail de l'acier s'exprime par la valeur de la portée limite.

$$t = 16.000 \quad \frac{12L}{d} = 34,4$$

$$t = 20.160 \quad \frac{12L}{d} = 29,5.$$

La variation du coefficient d'équivalence exerce influence analogue.

### Graphiques.

Si l'on porte les valeurs du module de la section pour une largeur du plancher d'un pied, et pour des poutrelles et épaisseurs différentes du plancher sont portées en fonction de l'écartement des poutrelles sur du papier logarithmique, on obtient des lignes droites. Ce résultat ne change pas dans le cas où le module correspond à une plus grande contrainte du béton que celle que l'on admet ordinairement, ou à une valeur quelconque, ou si l'on admet le coefficient d'équivalence tel que les tensions soient en même temps maxima dans l'acier et le béton.

Le diagramme donne les valeurs du module  $Z$  de la section pour une largeur d'un pied d'un plancher composé de poutrelles de  $6'' \times 3''$  avec recouvrement en béton de  $3''$  et pour  $c = 600$  livres par pouce carré,  $t = 9$  tonnes par pouce carré,  $m = 15$ , ainsi que pour  $m$  variant entre 15 et 24. Le diagramme donne, en outre, les valeurs de  $Z$  pour les mêmes poutrelles avec une couverture de  $2''$  et  $1''$  et  $m$  variant entre 15 et 24.

Des courbes analogues pourraient être tracées pour d'autres poutrelles. Sur le même graphique on a porté les valeurs du module de la section nécessaire pour différentes charges par pied carré. Il est très simple de déterminer une section du plancher convenable pour une charge et une portée quelconque. Le seul inconvénient est que le poids du plancher se trouve compris dans la charge totale; à cause du grand nombre de variables, il n'est pas facile de les éliminer toutes.

La courbe pointillée du diagramme montre l'application de la méthode. Pour une portée de  $15' 6''$  et une charge totale de 180 lbs. par pied carré, le module correspondant à une largeur d'un pied est de 3,2 et une section convenable peut être choisie.

### Summary.

The author has undertaken to evaluate the results of the tests with concreted steel I beams, carried out a few years ago by the National Physical Laboratory, Teddington, near London. The tests simultaneously carried out to determine the modulus of elasticity of the concrete, showed that it varied greatly. The author bases his calculations on the method indicated by Mohr for calculating non-homogeneous cross-sections. For given values of the permissible stresses and of the modular ratio he tries to determine the most economically favourable distance apart of the concreted I beams, the concrete covering being chosen of different thicknesses.

From the graphic summary at the end, the dimensions of the necessary ceiling beams and the thickness of the ceiling may be determined for various loads and spans.

### Résumé.

L'auteur a entrepris l'exploitation des résultats des essais faits il y a quelques années au « National Physical Laboratory » à Londres sur des poutrelles métalliques enrobées de béton. D'essais exécutés simultanément pour la détermination du coefficient d'élasticité du béton, il résulte que celui-ci est très variable. Dans ces calculs, l'auteur se base sur la méthode de Mohr pour la détermination des tensions dans une section hétérogène. En admettant diverses épaisseurs de la dalle de béton, il s'efforce, pour différentes valeurs des tensions admissibles et du coefficient d'équivalence, de trouver la distance la plus économique des poutrelles enrobées.

A la fin de son exposé, nous trouvons un graphique permettant de déterminer pour des charges et portées diverses, les dimensions des poutrelles nécessaires et l'épaisseur de la couche de béton.

### Zusammenfassung.

Der Verfasser hat es unternommen, Versuchsergebnisse, die vor einigen Jahren durch das National Physical Laboratory in London mit einbetonierte eisernen I-Balken durchgeführt wurden, auszuwerten. Die gleichzeitig vorgenommenen Versuche zur Bestimmung des Elastizitätsmoduls des Betons ergeben eine starke Veränderlichkeit des Letzteren. Der Verfasser stützt seine rechnerischen Untersuchungen auf die von Mohr gezeigte Methode zur Berechnung inhomogener Querschnitte. Er sucht bei gegebenen Werten der zulässigen Spannungen und der Wertigkeit den wirtschaftlich günstigsten Trägerabstand der einbetonierten I-Träger zu bestimmen, wobei die Stärke der Betondeckschicht verschieden gross gewählt wird. Aus der graphischen Zusammenstellung am Schluss können für verschiedene Belastungen und Spannweiten die Abmessungen der erforderlichen Deckenträger und Deckenstärken ermittelt werden.

Leere Seite  
Blank page  
Page vide