

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

2603

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297383









# CALCUL DU BÉTON ARMÉ

775



5. 192  
55





MÉTHODE  
DE  
CALCUL DU BÉTON ARMÉ  
AVEC BARÈMES

POUR EN DÉTERMINER LES DIMENSIONS

PAR

**A. NIVET**

INGÉNIEUR E. C. P. (1863)  
FABRICANT DE CHAUX HYDRAULIQUES A LA GRAVE  
PAR LUXÉ (CHARENTE)  
ET A MARANS (CHARENTE-INFÉRIEURE)  
INGÉNIEUR-CONSEIL POUR LES CONSTRUCTIONS  
EN BÉTON ARMÉ

*F. No. 27 877*



PARIS (VI<sup>e</sup>)

H. DUNOD ET E. PINAT, ÉDITEURS

49, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 49

1908

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

II 2603

Akc. Nr. 1707/49

## PRÉFACE

---

Appelé par mon industrie à faire des essais journaliers de résistance sur les agglomérants, chaux et ciments, j'ai fait construire, en 1889, un appareil qui donne les résultats de flexion, traction, cisaillement et compression sur une éprouvette de dimensions

$$0^m,02 \times 0^m,02 \times 0^m,11.$$

Ces résultats, fournis par la même éprouvette, avec le même instrument de mesure, sont comparables, et m'ont conduit à la loi suivante pour les agglomérants soumis à des efforts de flexion, au moment qui précède la rupture, dans une pièce prismatique : « Le plan des fibres neutres partage la hauteur « du prisme suivant le rapport inverse des racines carrées des « coefficients de traction et de compression. »

Cette même loi paraît se vérifier pour tous les corps homogènes non clivables, le rapport seulement change, et ce rapport est une caractéristique de la matière.

C'est cette observation qui a donné lieu à l'étude qui suit sur « une méthode de calcul du béton armé. »

J'ai fait, le 7 août 1905, une communication sur ce sujet au congrès tenu à Cherbourg par l'association française pour l'avancement des sciences : cette communication, forme le chapitre I de cet ouvrage.

Cette étude était presque terminée, lorsque parurent les instructions ministérielles du 20 octobre 1906 relatives à l'em-

ploi du béton armé, et, plus tard, en février 1907, le volume édité par MM. Dunod et Pinat, comprenant les expériences de la commission du béton armé.

De l'examen de ces documents, il résulte que la méthode développée ci-après, n'est pas en désaccord avec les conclusions de la commission, et qu'elle répond aux exigences de l'art. 10 des instructions ministérielles, puisqu'elle indique des calculs théoriques.

Ces calculs sont basés sur une position bien définie du plan des fibres neutres confirmée par de nombreux essais, et sur des sections réelles, non sur des hypothèses.

---

# MÉTHODE DE CALCUL DU BÉTON ARMÉ

---

## CHAPITRE PREMIER (1)

—

1. — Nous avons pris une série de prismes chaux et ciment à base carrée de 0<sup>m</sup>,02 de côté et de 0<sup>m</sup>,11 de longueur, et placé ces prismes sur deux appuis distants de 0<sup>m</sup>,10 ; appliquant au milieu de l'intervalle sur ces prismes des efforts croissant jusqu'à rupture, nous avons observé la moyenne des charges qui ont produit la rupture :

$$P = 19^{\text{kg}},5.$$

Nous avons déterminé la moyenne des ruptures des mêmes prismes à l'arrachement :

$$T = 16^{\text{kg}},79$$

et la moyenne des efforts d'écrasement :

$$C = 169^{\text{kg}},25.$$

Appelons  $l = 0,10$  la portée du prisme entre ses deux appuis,  $a = 0^{\text{m}},02$  sa base, et  $H = 0^{\text{m}},02$  sa hauteur.

La formule théorique de la flexion plane donne, en appelant  $R$  la résis-

---

(1) *Extrait des comptes rendus de l'Association française pour l'avancement des sciences (Congrès de Cherbourg 1905).*

tance d'un solide par mètre carré, tant à la traction qu'à la compression, la relation suivante :

$$(1) \quad R = \frac{3Pl}{2aH^2}$$

dans le cas d'un solide chargé d'un poids  $P$  appliqué au milieu de la portée  $l$ .

Cette formule est basée également sur l'hypothèse que les fibres situées du côté du point d'application du poids  $P$  sont comprimées jusqu'au milieu de la hauteur du prisme, et celles de la seconde moitié tendues, le plan des fibres qui ne sont ni comprimées ni tendues, qu'on appelle plan des fibres neutres, se trouvant au milieu du prisme.

Pour appliquer la formule (1) aux prismes expérimentés, il faudrait remplacer  $R$  par  $T$  et  $C$ , c'est-à-dire, par deux quantités très différentes, car  $C$  est, en général, pour les agglomérants, égal à  $T \times 10$ , ainsi qu'on a pu le voir plus haut.

La formule théorique de la flexion plane n'est pas applicable dans le cas des agglomérants.

2. — Toutefois introduisons dans la formule (1) la quantité  $C$ , nous trouverons une valeur de  $H$  que nous appellerons  $H_c$ , nous aurons :

$$(2) \quad C = \frac{3Pl}{2aH_c^2}$$

Faisons le même calcul en remplaçant  $R$  par  $T$  et soit  $H_t$  la hauteur correspondante :

$$(3) \quad T = \frac{3Pl}{2aH_t^2}$$

Si nous mettons, dans les formules (2) et (3), les valeurs  $C$ ,  $T$ ,  $P$ ,  $l$  et  $a$  trouvées plus haut, nous aurons :

$$H_c = 0^m,0092158$$

$$H_t = 0^m,030764.$$

La formule (2) détermine la hauteur  $H_c$  d'un prisme hypothétique dans lequel les résistances à la compression et à la traction seraient égales et égales à  $C$ , l'axe des fibres neutres étant au milieu, à la distance  $\frac{H_c}{2}$  des deux bases

De même, la formule (3) donne la hauteur  $H_t$  d'un prisme hypothétique dans lequel les résistances à la traction et à la compression seraient égales et égales à  $T$ ; dans ce prisme le plan des fibres neutres serait à la distance  $\frac{H_t}{2}$  des deux bases.

3. — Si nous soudons la moitié comprimée du prisme  $H_c$  avec la moitié tendue du prisme  $H_t$ , nous aurons un solide qui devra avoir même résistance que les prismes hypothétiques  $H_c$  et  $H_t$ , et que les prismes expérimentés, et se rompre sous la même charge  $P$ .

C'est ce que confirme l'expérience, car le solide ainsi formé n'est autre que le prisme qui a servi à faire les essais.

En effet, si nous additionnons  $\frac{H_c}{2}$  et  $\frac{H_t}{2}$ , nous aurons une hauteur très approchée de  $H$ .

$$(4) \quad \begin{cases} \frac{H_c}{2} = 0^m,0046079 \\ \frac{H_t}{2} = 0^m,015382 \end{cases} \quad \frac{H_c}{2} + \frac{H_t}{2} = H$$

$$\text{TOTAL.} \quad . \quad . \quad \underline{\underline{0^m,0199899}} = 0,02.$$

4. — Dans le solide ainsi formé par la moitié du prisme  $H_c$  et la moitié du prisme  $H_t$  soudées par le plan de leurs fibres neutres, ce plan commun partagera la hauteur  $H$  dans le rapport  $\frac{H_c}{H_t}$ .

D'ailleurs, si l'on divise l'une par l'autre les formules (2) et (3) qui ont servi à calculer  $H_c$  et  $H_t$ , on obtient :

$$\frac{H_c}{H_t} = \sqrt{\frac{T}{C}}$$

c'est-à-dire que le plan des fibres neutres partage la hauteur du prisme suivant le rapport inverse des racines carrées des coefficients de compression et de traction.

Ainsi qu'on l'a vu, dans les agglomérants, le coefficient de compression est égal à 10 fois celui de traction :

$$C = 10 T.$$

La proportion devient :

$$(5) \quad \frac{H_t}{H^0} = \sqrt{10} = 3,162.$$

On peut donc, à l'aide des formules (4) et (5) calculer  $H_t$  et  $H_c$ , et, portant ces valeurs dans les équations (2) et (3), obtenir les quantités T et C lorsque l'expérience a donné P, c'est-à-dire, déterminer, sans essai direct, ces deux coefficients.

Aussi pouvons-nous annoncer, par un calcul simple, à chaque expérience, les charges qui détermineront l'arrachement, et l'écrasement d'une éprouvette de chaux ou ciment, lorsque nous connaissons l'effort qui a produit la rupture par flexion, et, rarement, l'expérience nous donne un démenti, si l'éprouvette ne présente pas de défaut d'homogénéité.

Nous avons pu faire les mêmes observations pour des prismes de glace à  $-7^\circ$ , et pour divers métaux et alliages.

5. — Dans chaque cas le rapport  $\frac{H_t}{H_c}$  change, mais il paraît être fixe pour chaque nature de corps entre certaines limites : ce serait une caractéristique de chaque matière.

$$\text{Pour la glace à } -7^\circ \text{ on a } \frac{H_t}{H_c} = 1,829.$$

$$\text{Pour l'acier} \quad \frac{H_t}{H_c} = 1,13.$$

Ce dernier rapport peut être vérifié en considérant les courbes tracées par la flexion sur un prisme d'acier poli (courbes de Luders). La limite des plissements observés sur la portion comprimée, et des arrachements produits sur la partie tendue est facile à observer : cette limite est le lieu des fibres qui n'ont été ni comprimées ni tendues, lieu des fibres neutres.

L'expérience, dans chaque cas, paraît être d'accord avec la théorie, et l'on a le droit de supposer que, dans l'instant qui précède la rupture des solides considérés, l'effort imposé à la fibre la plus tendue est près d'atteindre T, tandis que celui qui sollicite la fibre la plus comprimée tend vers C, la rupture se produisant au moment où ces deux limites sont atteintes.



6. — C'est sur cette observation, qui permet de trouver la position du plan des fibres neutres, que se base la méthode que nous allons développer.

On peut, en effet, déterminer, d'une façon rationnelle, les divers éléments des ouvrages en béton armé en se servant d'un artifice de calcul basé sur les considérations qui précèdent qu'on étend aux poutres uniformément chargées.

La formule théorique de la flexion plane est :

$$(7) \quad R = \frac{\nu \mu}{I}$$

dans laquelle :

R est la résistance par mètre carré tant à la traction qu'à la compression ;

$\nu$  la distance à l'axe des fibres neutres de la fibre la plus éloignée ;

$\mu$  le moment fléchissant de la section considérée ;

I le moment d'inertie de la poutre par rapport à l'axe des fibres neutres qui passe par le milieu de la section dans le cas d'une poutre rectangulaire.

Supposons que la coupe de la poutre perpendiculairement à l'axe ait pour base  $a$ , pour hauteur  $H$ , et que cette poutre soit chargée d'un poids  $P$  par mètre courant, sur une portée  $l$ , le moment fléchissant maximum sera, au milieu de la pièce,  $\frac{Pl^2}{8}$ , et le moment d'inertie par rapport à l'axe horizontal de la coupe sera égal à  $\frac{aH^3}{12}$ , on aura alors ;

$$(8) \quad R = \frac{3Pl^2}{4aH^2} \quad \text{ou} \quad H = \sqrt{\frac{3Pl^2}{4aR}}$$

Comme cette formule suppose que le coefficient de compression est égal à celui de traction, elle n'est plus applicable lorsque ces coefficients sont différents, ce qui est le cas des mortiers et bétons de ciment.

Le calcul des dimensions d'une poutre en béton ne peut donc se faire par la formule (8).

7. — Nous emploierons l'artifice de calcul qui nous a servi pour le cas d'une poutre chargée d'un poids unique en son milieu, et nous

obtiendrons les hauteurs  $\frac{H_c}{2}$  et  $\frac{H_t}{2}$  de la portion comprimée et de la partie tendue par les formules :

$$H_c^2 = \frac{3Pl^2}{4aR_c} \qquad H_t^2 = \frac{3Pl^2}{4aR_t}$$

Si nous divisons, comme précédemment, ces expressions l'une par l'autre, nous aurons également :

$$\frac{H_c^2}{H_t^2} = \frac{R_t}{R_c}$$

et comme  $R_c = 10 R_t$ , il vient :

$$H_t = H_c \sqrt{10} = H_c 3,162.$$

La partie inférieure de la poutre, au-dessous du plan des fibres neutres atteindrait donc une hauteur considérable, et aurait surtout un poids énorme.

**8.** — Il y a avantage, en conservant la partie de la poutre située au-dessus du plan des fibres neutres, et qui travaille à la compression, à remplacer la partie inférieure par du fer ou de l'acier, dont la résistance à la traction est quatre cents fois plus grande pour un poids seulement trois fois plus élevé.

On place le fer ou l'acier dans le béton à une distance telle, au-dessous du plan des fibres neutres, que la résistance nécessaire soit obtenue par la traction du métal seul, négligeant ordinairement la résistance très faible du béton à la traction.

On emploie des tiges ordinairement rondes noyées dans le mortier qui ne servira, dans cette partie de la poutre, qu'à maintenir le métal à la distance utile.

Les barres sont coudées à leurs extrémités afin d'éviter qu'elles puissent glisser dans leur gaine de ciment ; elles font corps avec le mortier.

La dilatation des deux corps est peu différente, car, tandis que celle du ciment est représentée par 0,0001083 par mètre et par degré, les dilatations du fer et de l'acier sont 0,0001182 et 0,0001160.

Divers systèmes d'entretoises perpendiculaires à l'axe des poutres relient les barres à la masse du béton pour éviter des décollements.

Telles sont les principales dispositions qui constituent le « béton armé ».

C'est en généralisant l'artifice de calcul indiqué plus haut que nous chercherons les dimensions des divers éléments qui composent un système de béton armé, par exemple, un plafond.

9. — Un plafond se compose d'un hourdis général, et de poutres supportant ce hourdis.

Ce système peut présenter, pour la même résistance, un certain nombre de solutions, qui dépendent des différentes données ou sujétions de la construction qu'on établit.

On a diverses conditions à remplir : la charge par mètre carré, la hauteur totale que l'empoutrierie ne doit pas dépasser, c'est-à-dire l'encombrement maximum ; il arrive aussi que l'on veuille disposer les poutres, dans certains édifices, de façon à obtenir une division en caissons destinés à l'ornementation.

Quel que soit le système employé, les divers éléments doivent former un tout, un bloc, dont les différentes parties travailleront pour obtenir la résistance imposée.

10. — Figurons une coupe du hourdis et d'une poutre :

Soit XY le plan des fibres neutres (*fig. 1*). Si nous rapprochons XY du hourdis, il faudra que ce dernier ait une épaisseur suffisante pour résister à la moitié du moment fléchissant maximum, et cette épaisseur

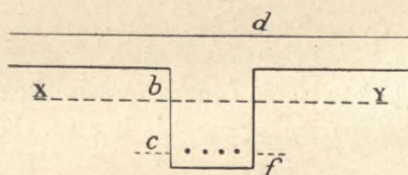


FIG. 1.

devra être augmentée ; si, d'un autre côté, nous éloignons XY du hourdis, son épaisseur pourra être diminuée, mais, par contre, il faudra augmenter la distance  $bc$  du plan des fibres neutres à l'axe des barres de fer composant l'armature, ou augmenter leur section, si l'on n'est pas libre d'augmenter la hauteur totale  $df$ .

Quelles dimensions donnerons-nous au hourdis ?

**11.** — Nous calculerons la hauteur de ce hourdis, que nous désignerons par  $\alpha$ , en le doublant d'un hourdis hypothétique  $\alpha'$  situé à même distance que  $\alpha$  de l'axe neutre XY (*fig. 2*), en supposant, comme précédemment,

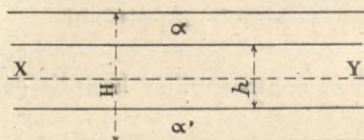


FIG. 2.

demment, que la résistance, par mètre carré, de  $\alpha'$ , qui travaillera à la traction, soit la même que celle de  $\alpha$  à la compression.

Nous adopterons 25 kilogrammes par centimètre carré pour résistance du béton à la compression au bout de sept jours, nous aurons :

$$= 250\,000 \text{ kilogrammes.}$$

Soit  $H$  la hauteur totale du système, et  $h$ , l'intervalle compris entre les deux hourdis  $\alpha$  et  $\alpha'$ , le moment d'inertie, sur la largeur  $a$ , sera :

$$(9) \quad \frac{a(H^3 - h^3)}{12}.$$

On aura, en appliquant la formule (7)

$$(10) \quad R = \frac{3HP l^2}{4a(H^3 - h^3)}$$

$R$ ,  $P$ ,  $l$  étant connus, il faut chercher  $H$  et  $h$ .

La résolution d'une semblable équation est indéterminée. Nous pouvons ajouter une condition, en imposant la hauteur  $C$  du hourdis, c'est-à-dire

$$\frac{H - h}{2} = C.$$

Cette hypothèse conduit à une équation du 3<sup>e</sup> degré.

**12.** — Nous pouvons simplifier davantage le calcul, en admettant un rapport  $\frac{H}{h}$  qui réponde à des résultats pratiques déjà obtenus, ce qui permet d'éliminer une des inconnues.

Posons (1)

$$(11) \quad \frac{H}{h} = 2$$

Le calcul devient facile; on a, en réduisant :

$$(12) \quad R = \frac{6Pl^2}{7aH^2}$$

et

$$(13) \quad H = \sqrt{\frac{6Pl^2}{7aR}}$$

On suppose  $a = 1$ .

P est le poids de la surcharge par mètre carré augmenté du poids de l'empoutrierie qu'on évalue d'abord approximativement d'après des données pratiques connues, quitte à vérifier et corriger suivant les résultats obtenus.

$l$  est la portée d'un mur à l'autre suivant la direction des poutres principales;

$\frac{H}{2}$  sera la distance du plan des fibres neutres à la partie supérieure du hourdis, dont l'épaisseur sera  $\frac{H}{4}$ .

(1) On peut prendre pour  $\frac{H}{h}$  un rapport quelconque  $> 1$  : soit  $\frac{H}{h} = n$ . La formule (10) devient :

$$R = \frac{3HPl^2}{4a \left( H^3 - \frac{H^3}{n^3} \right)} \quad \text{ou} \quad R = \frac{3Pl^2}{4aH^2} \cdot \frac{n^3}{n^3 - 1}$$

et

$$H = \sqrt{\frac{3Pl^2}{4aR}} \cdot \sqrt{\frac{n^3}{n^3 - 1}}$$

On peut obtenir toutes les solutions en multipliant les valeurs du tableau H par

$$\sqrt{\frac{n^3}{n^3 - 1}}$$

C'est ainsi que les résultats du tableau HS qui correspondent à la proportion

$$\frac{H}{h} = n = 2$$

peuvent être obtenus en multipliant les chiffres correspondants du tableau H par

$$\sqrt{\frac{8}{7}} = 1,0695$$

et divisant le produit par 2, puisque le tableau HS donne  $\frac{H}{4}$ .

13. — Supposons que la hauteur imposée pour l'empoutrierie soit  $A$  (fig. 3), la distance du plan des fibres neutres à la base inférieure de la poutre sera

$$A = \frac{H}{2}.$$

La portion de la poutre située au-dessous de  $XY$  devra résister par traction à la moitié du moment fléchissant par la résistance seule des

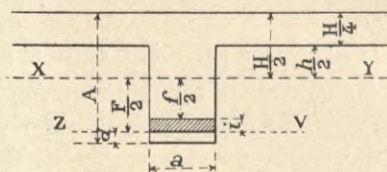


FIG. 3.

barres, qui seront noyées dans le béton à une distance  $d$  de la base suffisante pour laisser sous les tiges de fer une petite épaisseur de mortier.

Représentons la partie métallique, dont il faut déterminer la surface, par une bande de fer, de la largeur  $a$  de la poutre, et de hauteur  $i$  à trouver ; appelons  $\frac{F}{2}$  la distance de l'axe  $XY$  à la base  $zv$  de cette bande de fer,  $\frac{f}{2}$  la distance de la base supérieure de cette bande à l'axe  $XY$ , nous aurons

$$\frac{F - f}{2} = i.$$

Nous nous servirons, pour calculer  $f$ , de la formule (10) en remplaçant  $H$  par  $F$  et  $h$  par  $f$ .

$F$  étant connu, nous aurons :

$$(14) \quad f = \sqrt[3]{\frac{4aRF^3 - 3FP^2}{4aR}}.$$

$R$  sera égal à 10 000 000<sup>kg</sup> résistance de 1 mètre carré de fer à la traction.

Connaissant  $f$ , nous aurons  $\frac{F-f}{2}$ , et la surface métallique nécessaire sera (1) :

$$a \frac{F-f}{2}.$$

Nous remplacerons la bande hypothétique par un certain nombre de tiges rondes dont la somme des sections sera égale ou supérieure à la surface trouvée, et dont les axes seront placés sur la médiane horizontale de la bande de fer, ou placés symétriquement par rapport à cette médiane.

14. — L'armature des poutrelles, si l'on en prévoit, et celle du hourdis seront calculées suivant les mêmes principes.

Pour les poutrelles on calculera la hauteur du hourdis qui devra résister par compression à la moitié du moment fléchissant maximum en employant la formule (8) qui donne, en appelant  $\frac{H_p}{2}$  cette hauteur :

$$(15) \quad H_p = \sqrt{\frac{3Pl^2}{4aR}}.$$

Il peut se présenter deux cas : ou bien la hauteur  $\frac{H_p}{2}$  est plus petite que l'épaisseur  $\frac{H}{4}$  du hourdis, déjà calculée par la formule (13), et le plan XY ne sortira pas de l'épaisseur  $\frac{H}{4}$  de ce hourdis ; ou  $\frac{H_p}{2}$  sera plus grand que  $\frac{H}{4}$ , et l'épaisseur  $\frac{H}{4}$  serait insuffisante pour résister à la moitié du moment fléchissant maximum imposé aux poutrelles.

Dans ce cas, il faut abaisser le plan XY. On emploiera alors la formule (10) en choisissant, par tâtonnement, un rapport  $\frac{H_p}{h_p}$  qui donne pour  $H_p$  la plus petite valeur possible qui permette d'équilibrer la moitié de ce moment fléchissant en faisant travailler le hourdis de hauteur  $\frac{H}{4}$  à la compression.

(1) La même formule et les tableaux qui suivent peuvent servir au calcul des poutres double T de hauteur F, de largeur A d'aires, et d'épaisseur d'aires  $\frac{F-f}{2}$ , en ne tenant pas compte de la résistance de l'âme.

La formule (14) pourrait s'écrire :

$$f = \sqrt[3]{\frac{F [4aRF^2 - 3Pl^2]}{4aR}}.$$

C'est pour la simplification des calculs que la forme (14) lui a été conservée.

**15.** — Le calcul de l'armature du hourdis lui-même sera donné par les formules (15) et (14).

**16.** — Appliquons ces calculs à un exemple.

Soit un plancher des dimensions suivantes : 14<sup>m</sup>,10 sur 7<sup>m</sup>,10 divisé en quatre travées soutenues par trois poutres de 0<sup>m</sup>,3 largeur (fig. 4).

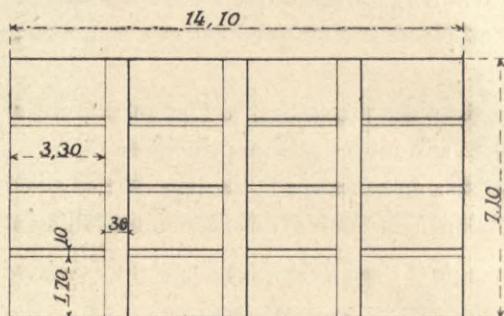


FIG. 4.

Les travées elles-mêmes forment quatre caissons séparés par des poutrelles de 0<sup>m</sup>,10 largeur.

La hauteur du hourdis, augmentée de celle des poutres principales, sera, en tout 0<sup>m</sup>,50, et celle du hourdis et des poutrelles 0<sup>m</sup>,40.

La surcharge sera 800<sup>kg</sup> par mètre carré.

La charge totale P, par mètre carré, se composera de la somme de la surcharge et du poids du système total, soit 800 + 400 = 1200<sup>kg</sup>.

Il y aura lieu de vérifier, après les calculs, si le poids présumé, 400<sup>kg</sup>, ne s'éloigne pas de la vérité.

Nous calculerons d'abord l'épaisseur du hourdis au moyen de la formule (13) sur 1<sup>m</sup> largeur.

Nous avons les données suivantes :

$$P = 1200^{\text{kg}}$$

$$l = 7^{\text{m}},10$$

$$a = 1^{\text{m}}$$

$$R = 250000$$

$$\text{Form. (13)} \quad H = \sqrt{\frac{6Pl^2}{7aR}}$$

$$H = 0,455419$$

$$\frac{H}{4} = 0,113853 = 0^{\text{m}},114.$$



La ligne XY est à 0<sup>m</sup>,228 du plan supérieur du hourdis (*fig 5*).

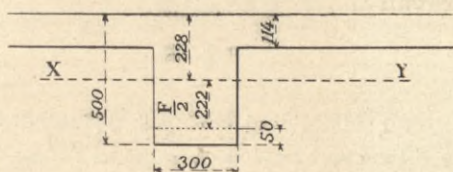


FIG. 5.

Calculons la partie inférieure des poutres principales, qui travaille à la traction entre XY et leur base. Nous emploierons la formule (14).

Nous avons :

$$P = 1200 \times 3,60 = 4320 \text{ kg}$$

$$l = 7^{\text{m}}, 10$$

$$a = 0^{\text{m}}, 3$$

$$R = 10\,000\,000 \text{ kg}$$

$$F = 0,444$$

$$\text{Form. (14)} \quad f = \sqrt{\frac{4aRF^3 - 3FPl^2}{4aR}}$$

Cette formule nous donne :

$$f = 0,398653$$

et

$$0,3 \frac{F - f}{2} = 0,00680205$$

correspondant à six barres de 0<sup>m</sup>,038 diamètre.

Calculons maintenant les poutrelles : elles supportent, sur une portée de 3,30, une largeur du hourdis de 1<sup>m</sup>,80 ; leur largeur est 0<sup>m</sup>,10, et la hauteur totale, poutrelle et hourdis, est 0<sup>m</sup>,40.

Le poids supporté par mètre carré est 1200 kg.

Il faut d'abord calculer la position du plan XY au-dessous du plan supérieur du hourdis déjà connu, de hauteur 0,114, en employant la formule (15).

Nous aurons :

$$P = 1200$$

$$l = 3,30$$

$$a = 1$$

$$R = 250\,000$$

$$\text{Form. (15)} \quad H = \sqrt{\frac{3Pl^2}{4aR}}$$

Cette formule donne :

$$H = 0,198$$

$$\frac{H}{2} = 0,099.$$

Cette hauteur 0,099 étant plus petite que l'épaisseur 0,114 du hourdis déjà calculé, l'axe XY ne sort pas de ce hourdis : c'est, du reste, ce qui arrive dans la plupart des cas (*fig. 6*).

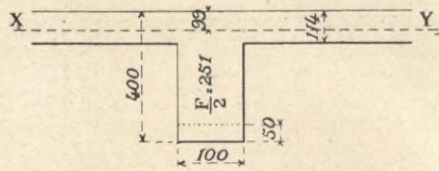


FIG. 6.

Dans le cas actuel, nous avons  $\frac{F}{2} = 0,251$  et  $F = 0,502$ .

La surface métallique sera obtenue par la formule (14).

Nous avons les données suivantes :

$$P = 1200 \times 1,80 = 2160^{\text{kg}}$$

$$l = 3,30$$

$$a = 0,1$$

$$R = 10000000$$

$$F = 0,502.$$

Nous obtenons

$$f = 0,49$$

et

$$\frac{F - f}{2} 0,1 = 0,000600,$$

surface qui correspond à deux barres de 0<sup>m</sup>,019 de diamètre ou une seule de 0<sup>m</sup>,028.

Mieux vaut en employer deux.

Il nous reste à examiner comment nous calculerons l'armature du hourdis lui-même de hauteur 0<sup>m</sup>,114, dont la partie inférieure travaille à la traction sur une portée de 1<sup>m</sup>,70, distance d'une poutrelle à l'autre.

Dans ce cas, le hourdis n'aura à supporter que son propre poids, plus la surcharge imposée de 800<sup>kg</sup> (*fig. 7*).

Son poids, par mètre carré, est  $0,114 \times 2500^{\text{kg}}$  (densité du béton) ; il est donc de  $285^{\text{kg}}$ , et, avec la surcharge, le mètre carré supportera  $285 + 800 = 1085$ , soit, en chiffres ronds,  $1100^{\text{kg}}$ .

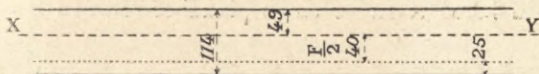


Fig. 7.

C'est la formule (15) qui donnera la position XY. Nous avons :

$$\begin{aligned} P &= 1100 \\ l &= 1,70 \\ a &= 1 \\ R &= 250000. \end{aligned} \quad \text{Form. (15)} \quad H = \sqrt{\frac{3Pl^2}{4aR}}$$

Cette formule donne :

$$H = 0,0976578$$

et

$$\frac{H}{2} = 0,0488288 = 0^{\text{m}},049.$$

Le nombre et la section des barres à noyer dans le béton seront obtenus par les éléments suivants :

$$\begin{aligned} P &= 1100 \\ l &= 1,70 \\ a &= 1 \\ F &= 0,08 \\ R &= 10000000. \end{aligned} \quad \text{Form. (14)} \quad f = \sqrt[3]{\frac{4aRF^3 - 3FP^2}{4aR}}$$

D'où :

$$f = 0,0850657$$

et

$$\frac{F-f}{2} \times 1 = 0,004671,$$

correspondant à 10 barres de 0,008 diamètre

ou 8 — 0,009 —

On peut souvent, dans ce cas, remplacer les barres de petit diamètre

par un treillis métallique, pourvu que la section des fils coupés sur un mètre de largeur représente la même surface.

Il peut même y avoir avantage, car le treillis travaille dans tous les sens.

Les poids du béton et du fer de ce plancher seront :

Béton . . . . .	37 547 <sup>kg</sup> ,75
Fer. . . . .	1 720 <sup>kg</sup> ,93
POIDS TOTAL . . . . .	<u>39 268<sup>kg</sup>,68</u>

soit, par mètre carré : 392<sup>kg</sup>.

Le poids de 400<sup>kg</sup> que nous avons prévu pour le poids propre du plancher est donc suffisant.

**17.** — Lorsque la décoration de l'édifice ne demande pas de caissons, il est plus simple et plus logique de ne pas employer de poutrelles et de ne prévoir que des poutres principales plus rapprochées et placées perpendiculairement à la plus petite dimension du plancher.

Cherchons cette solution pour le même plafond :

Le hourdis se calculera de la même manière et avec les mêmes éléments.

Nous pourrons, pour la partie inférieure, calculer une seule poutre, et la diviser ensuite en un certain nombre de poutres équidistantes ; plus elles seront rapprochées, et plus le hourdis travaillera à la compression dans de bonnes conditions, et moins il y aura de chances de fissures.

Supposons que nous prenions comme largeur totale des poutres  $\frac{1}{10}$  de la longueur du plafond, soit, dans le cas actuel, 1<sup>m</sup>,40, nous aurons, pour le calcul de l'ensemble des poutres, les éléments suivants :

$$P = 1\,200 \times 14,10 = 16\,920^{\text{kg}}$$

$$l = 7,10$$

$$a = 1,40$$

$$R = 10\,000\,000$$

$$F = 0,444.$$

$$\text{Form. (14)} \quad f = \sqrt[3]{\frac{4aRf^3 - 3FP l^2}{4aR}}$$

On en déduit

$$f = 0,395607$$

et 
$$\frac{F - f}{2} \times 1,40 = 0,026875$$

correspondant à : 20 barres de 0<sup>m</sup>,030 diamètre

et 20 — 0<sup>m</sup>,026 —

Si nous divisons par 10 la poutre de 1<sup>m</sup>,40, nous aurons 10 poutres de 0<sup>m</sup>,14 de largeur dont chacune sera munie de :

2 barres de 0<sup>m</sup>,030 diamètre

et 2 — 0<sup>m</sup>,026 —

Cette division formera 11 intervalles de 1<sup>m</sup>,28 et la portée du hourdis, d'une poutre à l'autre, sera 1<sup>m</sup>,14.

Ce hourdis n'aura à soutenir que son propre poids et la surcharge sur 1<sup>m</sup>,14 de portée.

Nous prendrons, comme précédemment, pour P, la valeur 1 100<sup>kg</sup>.

Nous déterminerons la distance de XY à la partie supérieure du hourdis à l'aide des données suivantes :

$$\begin{aligned} P &= 1100 \\ l &= 1,14 \\ a &= 1 \\ R &= 250\,000. \end{aligned} \quad \text{Form. (15)} \quad H = \sqrt{\frac{3Pl^2}{4aR}}$$

On obtient :

$$\frac{H}{2} = 0,0335145 = 0,034.$$

Il en résulte pour F la valeur 0<sup>m</sup>,110 (*fig. 8*).

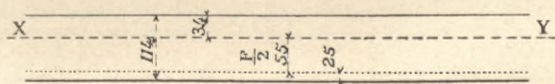


FIG. 8.

L'armature métallique du hourdis sera donc donnée par les éléments suivants :

$$\begin{aligned} P &= 1100 \\ l &= 1,14 \\ a &= 1 \\ R &= 10\,000\,000 \\ F &= 0,110. \end{aligned} \quad \text{Form. (14)} \quad f = \sqrt[3]{\frac{4aRf^3 - 3FP l^2}{4aR}}$$

On obtient :

$$f = 0,125674$$

et

$$\frac{F - f}{2} = 0,000163$$

correspondant à 6 barres de 0<sup>m</sup>,006 diamètre.

Les poids de ce système sont :

Béton . . . . .	38 123 <sup>kg</sup> ,45
Fer. . . . .	1 611 ,70
POIDS TOTAL. . . . .	<u>39 735<sup>kg</sup>,15</u>

soit par mètre carré : 397<sup>kg</sup>,35 < 400<sup>kg</sup>.

**18.** — *Comparaison entre les poids du plancher calculé plus haut et ceux du même plancher du système Hennebique construit à la manutention militaire de La Rochelle.*

	Méthode Nivet		Méthode Hennebique
	Sans poutrelles	Avec poutrelles	Avec poutrelles
Béton . . . . .	38 123 <sup>kg</sup> ,45	37 547 <sup>kg</sup> ,75	32 650 <sup>kg</sup> »
Fer. . . . .	1 611 ,70	1 720 ,95	1 328 ,45
TOTAUX . . . . .	<u>39 735<sup>kg</sup>,15</u>	<u>39 268<sup>kg</sup>,70</u>	<u>33 978<sup>kg</sup>,45</u>
Par mètre carré. . . . .	397 <sup>kg</sup> »	393 <sup>kg</sup> »	340 <sup>kg</sup> »

**19.** — *Comparaison des principales dimensions (avec poutrelles).*

	Méthode Nivet	Méthode Hennebique
Hauteur du hourdis . . . . .	0 <sup>m</sup> ,114	0 <sup>m</sup> ,10
Surface d'armature du hourdis . . . . .	0 <sup>m</sup> 2,000467	0 <sup>m</sup> 2,000393
— des poutres . . . . .	0 <sup>m</sup> 2,006802	0 <sup>m</sup> 2,005074
— des poutrelles . . . . .	0 <sup>m</sup> 2,000600	0 <sup>m</sup> 2,000590

*Rapport entre les poids des deux méthodes.*

$$\frac{393 - 340}{393} = 0,134.$$

## CHAPITRE II

**20. Limites de portée et de charges.** — Les tableaux qui suivent ont été obtenus en appliquant les formules ci-dessus entre les limites suivantes :

- 1<sup>m</sup> à 15<sup>m</sup> pour les portées ;
- 100<sup>kg</sup> à 2 400<sup>kg</sup> pour les hourdis ;
- 100<sup>kg</sup> à 12 000<sup>kg</sup> pour les armatures supérieures et inférieures.

Les calculs ont été poussés, pour les armatures, jusqu'à 12 000<sup>kg</sup> parce qu'on utilisera, pour les nervures, une fraction seulement de la largeur, un dixième, par exemple, de sorte que l'armature pouvant supporter 12 000<sup>kg</sup>, réduite à un dixième, s'emploiera pour supporter un plancher chargé de 1 200<sup>kg</sup>.

Ces limites sont suffisantes pour le calcul des planchers ordinaires et des petits ponts : les grands ouvrages nécessitent des projets complets, dans lesquels on peut appliquer les formules précédentes.

**21. Coefficients de résistance du béton et des armatures.** — La résistance prévue pour le béton dans les calculs des tableaux est 25<sup>kg</sup> par centimètre carré pour des mélanges de 300<sup>kg</sup> ciment, 400 litres de sable et 800 litres de gravier, gâchés avec 8,8 % d'eau par rapport au poids des matières sèches.

Cette résistance est un minimum, mais les mêmes tableaux peuvent être utilisés pour des résistances plus élevées, en multipliant les surfaces des hourdis et des armatures par des rapports ci-après déterminés.

**22.** — Les hauteurs  $H$  des hourdis sont calculées par les formules (8) et (12) :

$$(8) \quad H = \sqrt{\frac{3Pl^2}{4aR}} \quad \text{ou} \quad (12) \quad H = \sqrt{\frac{6Pl^2}{4aR}}$$

suivant qu'on a à faire le calcul d'un hourdis comprenant le plan des fibres neutres, que j'appellerai hourdis ordinaire (lettre  $H$  des tableaux), ou suivant qu'il s'agit d'un hourdis dont l'épaisseur est égale à la moitié de la distance du plan des fibres neutres à sa surface supérieure, auquel je donnerai le nom de hourdis à nervures (lettre  $HS$  des tableaux).

Dans les formules ci-dessus, si, au lieu de  $R = 250\,000^{\text{kg}}$  nous adoptons un coefficient différent  $R'$ , on aura :

$$H' = \sqrt{\frac{3Pl^2}{4aR'}}, \quad \text{ou} \quad H' = \sqrt{\frac{6Pl^2}{4aR'}}$$

Si nous prenons les rapports  $\frac{H'}{H}$ , qui sont les mêmes dans les deux cas, nous aurons :

$$\frac{H'}{H} = \sqrt{\frac{R}{R'}}, \quad \text{ou} \quad (16) \quad H' = H \sqrt{\frac{R}{R'}}$$

**23.** — Les normes suisses et allemandes acceptent les résistances de  $30^{\text{kg}}$  et de  $35^{\text{kg}}$  par centimètre carré pour le béton.

Les instructions du ministre des Travaux publics de France, en date du 20 octobre 1906, admettent que l'on peut appliquer différentes valeurs de  $R$ . Soit :

$$44^{\text{kg}},8 \quad 50^{\text{kg}},4 \quad 56^{\text{kg}}$$

valeurs qui sont égales aux  $\frac{28}{100}$  des résistances à 90 jours de bétons dosés à

$$300^{\text{kg}} \quad 350^{\text{kg}} \quad 400^{\text{kg}}$$

Valeurs de $R$	Multiplicateurs
25 <sup>kg</sup>	1
30	0,913
35	0,845
44 ,8	0,748
50 ,4	0,700
56	0,648

de ciment, avec 400 litres de sable et 800 litres de gravier.

On obtiendra les hauteurs de hourdis correspondant à ces différentes résistances en multipliant les chiffres des tableaux  $H$  et  $HS$  par les coefficients suivants, calculés au moyen de la formule (16).



**24.** — La même circulaire ministérielle indique, pour la résistance du fer,  $9^{\text{kg}}$  par millimètre carré, et, pour celle de l'acier doux,  $12^{\text{kg}}$ .

Les tableaux qui suivent prévoient  $10^{\text{kg}}$ .

Les formules qui déterminent la surface des armatures métalliques sont plus complexes que les précédentes ; elles ne sont pas multiples du terme  $R$ , mais, si on considère le peu d'épaisseur que donnent ces calculs pour les bandes métalliques, et la distance relativement grande de leurs centres de gravité au plan des fibres neutres, on peut admettre que la résistance est sensiblement proportionnelle aux surfaces elles-mêmes, et l'on fera varier leur hauteur suivant le rapport  $\frac{R'}{10}$ ,  $R'$  étant la résistance adoptée, soit pour le fer, soit pour l'acier doux : on aura, en employant les résistances indiquées par la circulaire ministérielle, les multiplicateurs suivants :

Valeurs de R	Multiplicateurs
$9^{\text{kg}}$	1,111
10	1
12	0,885

La circulaire ministérielle décline d'ailleurs toute responsabilité sur les limites de résistance qu'elle indique, et laisse aux ingénieurs le soin de les choisir. Les constructeurs devront, soit expérimenter les matériaux, soit obtenir des fournisseurs des coefficients de résistance garantis.

**25. Largeur efficace du hourdis supérieur dans les planchers à nervures.** — L'instruction ministérielle, relativement aux planchers à nervures, admet que l'action d'influence de la résistance du hourdis ne doit pas s'étendre au delà des  $\frac{3}{4}$  de l'écartement des nervures  $L$ , ou de  $\frac{1}{3}$  de leur portée  $l$ ; cela revient dans le cas le plus général où  $\frac{3}{4}L$  est plus petit que  $\frac{l}{3}$ , à augmenter de  $\frac{1}{4}$  la charge totale par mètre carré, ou la résistance du béton, en la portant de 250 000 à 312 500, chiffre encore inférieur à ceux qui sont admis par les normes suisses ou allemandes, ou au moins égal à ces résistances.

Aussi pourra-t-on faire travailler à 250 000 par mètre carré la largeur entière des hourdis à la compression, ainsi que le prévoient les calculs des tableaux ci-après.

Pour les constructions civiles, il apparaît que les résistances de 25, 30 et 35 kilogrammes par centimètre carré ne doivent pas être dépassées : elles correspondent au quart de la résistance du béton à l'écrasement au bout de 28 jours. Dans ces travaux, on décoffre ordinairement les ouvrages dans ce délai, et même avant ; les planchers sont mis aussitôt en service, au moins pour la circulation des ouvriers, et quelquefois des matériaux ; ils ne sont pas éprouvés ; la fabrication du béton et le pilonnage sont moins surveillés que dans les travaux d'administration : il n'y a pas lieu, dans ce cas d'admettre de trop fortes résistances.

**26. Charges permanentes, surcharge.** — Outre les dimensions des hourdis et armatures, les tableaux donnent leurs poids. Ce sont les éléments qui permettent de calculer les charges permanentes : les surcharges se trouveront dans la différence entre les charges totales pour lesquelles les pièces sont calculées, et les poids des divers éléments constituant l'ouvrage, dont la somme représente la charge permanente. Il sera facile, grâce à ces indications, de trouver par différence les solutions qui correspondent aux surcharges exigées, et de les obtenir en cherchant la combinaison qui présente le plus d'économie, avec le moindre encombrement, ou qui répond aux conditions d'encombrement demandées.

**27. Armatures supérieures.** — Les calculs des armatures supérieures sont les mêmes que ceux des armatures inférieures, puisqu'on admet que la résistance du fer à la compression est la même que celle de traction, mais, dans ce cas, il n'y a pas lieu d'avoir égard au poids du béton, lorsque ces armatures viennent se noyer dans un hourdis, dont le poids est déjà compté, au-dessus du plan des fibres neutres.

**28.** — On remarquera que les tableaux indiquent, pour les petites charges, des poids totaux, béton et fer, qui dépassent la charge indiquée en tête de chaque colonne : il semblerait illogique de se servir de ces calculs, puisque la pièce, formée avec les éléments ainsi calculés, ne pourrait se soutenir elle-même. Les calculs, dans ce cas, ne sont utiles que pour les armatures supérieures, qui, débarrassées du poids mort du béton, peuvent concourir à la résistance de l'ensemble.

**29. Disposition des tableaux.** — Les tableaux indiquent, pour chaque calcul d'armatures, la surface métallique nécessaire. C'est là le renseignement le plus important : on a mis, en face, le diamètre des barres à placer, sur la largeur de 1 mètre, en supposant 20 barres, écartées de 0<sup>m</sup>,05 et placées de façon que leurs axes soient à la distance F du plan des fibres neutres. En réalité, c'est sur le milieu de la bande métallique que les centres des barres devraient se trouver, mais il n'y a pas d'inconvénient à les placer à la distance F, la résistance en est un peu augmentée.

On a également prévu l'emploi de 40 et de 60 barres par mètre, placées deux à deux ou trois à trois l'une au-dessus de l'autre : dans le premier cas, on pose l'une des barres au-dessus de la ligne F, l'autre au-dessous, de façon à ménager entre leurs circonférences 0<sup>m</sup>,02 d'écartement minimum. Si l'on emploie 60 barres, trois par trois, l'axe de la barre médiane sera à la distance F du plan des fibres neutres, et les autres au-dessus et au-dessous, à la même distance de la ligne F, toujours en ménageant entre les circonférences un vide de 0<sup>m</sup>,02 au moins.

**30.** — Les auteurs des projets pourront d'ailleurs prévoir des tiges en plus ou moins grand nombre, placées dans les mêmes conditions de distance au plan des fibres neutres, pourvu que la somme de leurs sections égale au moins la section totale indiquée par les calculs.

Il y aura souvent avantage, car la division en 20, 40 ou 60 barres pareilles conduit souvent à des excès de matière, qui peuvent être évités par un choix différent et plus judicieux du nombre et des surfaces des armatures. Un barème spécial (45) indiquant les sections et les poids des fers de 0<sup>m</sup>,001 à 0<sup>m</sup>,040 de diamètre facilitera ce travail.

**31. Moments fléchissants.** — Les tableaux donnent les dimensions correspondant au moment fléchissant maximum  $\frac{Pl^2}{8}$  d'une pièce chargée d'un poids P uniformément réparti, de portée l.

Les mêmes tableaux permettront de trouver les dimensions correspondantes à des moments fléchissants différents, de la forme  $\frac{Pl^2}{n}$ , en substituant à la charge P, une charge P' telle que l'on ait :

$$\frac{P'l^2}{8} = \frac{Pl^2}{n}$$

S'il s'agit, par exemple, de poutres encastrées, les moments fléchissants sont : à l'encastrement  $\frac{Pl^2}{12}$ , les fibres tendues se trouvant à la partie supérieure, et, au milieu,  $\frac{Pl^2}{24}$ ; les fibres tendues, dans ce cas, sont à la partie inférieure.

On cherchera  $P'$  et  $P''$  au moyen des égalités :

$$\frac{P'l^2}{8} = \frac{Pl^2}{12} \quad \text{et} \quad \frac{P''l^2}{8} = \frac{Pl^2}{24},$$

d'où :

$$P' = \frac{2}{3} P \quad \text{et} \quad P'' = \frac{1}{3} P$$

et l'on appliquera les dimensions que donneront les tableaux pour les charges  $\frac{2}{3}$  et  $\frac{1}{3}$   $P$  avec la portée  $l$ .

**32.** — Il est peu probable qu'on trouve  $P'$  et  $P''$  dans ces tableaux : ces charges seront comprises entre deux valeurs de  $P$ , inscrites en tête des colonnes.

On pourra cependant se servir des tableaux en interpolant entre les charges, et entre les dimensions indiquées pour les mêmes valeurs de  $l$ .

On pourra également interpoler entre les diverses valeurs de  $l$ . Si nous comparons, en effet, les diverses valeurs des surfaces indiquées pour la même portée, suivant les différentes valeurs de  $P$  inscrites en tête de chaque colonne, nous verrons que ces valeurs sont à peu près proportionnelles aux charges, et la courbe qui les représente est sensiblement une ligne droite.

Pour obtenir la surface répondant à une valeur  $P'$  comprise entre  $P$  et  $P + n$  qui figurent en tête des colonnes, il suffira d'augmenter la plus petite surface de  $\frac{P' - P}{n} \sigma$ ,  $\sigma$  étant la différence des surfaces du béton ou des barres métalliques correspondant à  $P$  et  $P + n$ .

Si, pour la même charge  $P$ , nous cherchons les différentes valeurs de surface métallique pour une portée  $l$  située entre deux autres  $l$  et  $l + n$ , inscrites sur les tableaux, nous pourrions également interpoler : en effet, dans la courbe qui représenterait les diverses valeurs successives de ces surfaces, les ordonnées sont très approximativement égales au carré des abscisses : si nous traçons cette courbe, nous aurons une parabole  $y = x^2$ ,

et, en interpolant entre  $l$  et  $l + n$ , nous substituerons, à la courbe, la corde qui joindra les deux points correspondant à  $l$  et  $l + n$ , pour une même valeur de  $H$ ; les ordonnées de cette corde seront un peu plus élevées que celles de la courbe elle-même, ce qui augmentera un peu les surfaces calculées, et, par conséquent, les résistances.

**33.** — Ces considérations permettent de faire varier le nombre ou la section des barres métalliques proportionnellement à la valeur des moments fléchissants qui se succèdent dans les différentes parties d'une même poutre.

**34.** — Une autre série de tableaux indique les formules à l'aide desquelles on obtient les valeurs des moments fléchissants, des efforts tranchants, des réactions des appuis, et des flèches, suivant les différentes positions et charges des poutres. En face de chaque valeur des moments fléchissants, se trouvent les multiplicateurs qu'il y aura lieu d'employer pour trouver les valeurs de  $P'$  qui devront être substituées à celles de  $P$  pour obtenir les surfaces métalliques correspondant à chacun de ces moments fléchissants (**38 à 44**).

**35. Des piliers ou colonnes.** — Dans les piliers ou colonnes en béton armé, les surfaces de béton et d'armatures seront calculées de façon que la somme des résistances égale la charge à supporter.

Il y a lieu, en outre, d'éviter le flambement, soit des armatures dans le béton, soit de l'ensemble.

Pour faire le calcul de la surface totale, on choisira des dimensions telles que le diamètre, si c'est une colonne, ou le plus petit côté, si c'est un pilier de section rectangulaire, soient supérieurs au vingtième de la hauteur.

On connaît la pression que doit supporter ce solide, et on calculera la surface totale de béton nécessaire pour supporter cette charge, en appliquant l'une des résistances admises (**23**).

**36.** — On pourra remplacer une partie de cette surface par quatre ou un plus grand nombre de barres dont les surfaces seront comprises entre  $\frac{1}{8}$  et  $\frac{1}{15}$  de la surface du béton qu'elles seront appelées à remplacer.

Les armatures elles-mêmes seront entretoisées par des barres ou des ligatures transversales, placées à des distances ne dépassant pas 20 fois leur plus petite dimension. Le volume de ces armatures transversales divisé par la hauteur du pilier produit une section qui vient, pour le calcul de la résistance, s'ajouter à celle des armatures longitudinales. Si l'on donne à ces armatures transversales la forme circulaire, et qu'on les rapproche, ou si l'on emploie une barre, contournée en spirale, et reliée aux armatures longitudinales, on obtiendra des piliers en béton fretté, inventés par Monsieur Considère : dans ce cas le volume des frettes divisé par la hauteur du pilier produit une section qui correspond à la résistance d'une surface de béton 32 fois plus grande. La section fictive totale du pilier, représentée par  $S(1 + 15s_t + 32s_f)$  ne devra pas supporter, par centimètre carré, un effort plus considérable que celui adopté pour le béton : dans cette formule, on a :  $S$  section du pilier ;  $s_t$  section des armatures longitudinales ;  $s_f$  section du frettage.

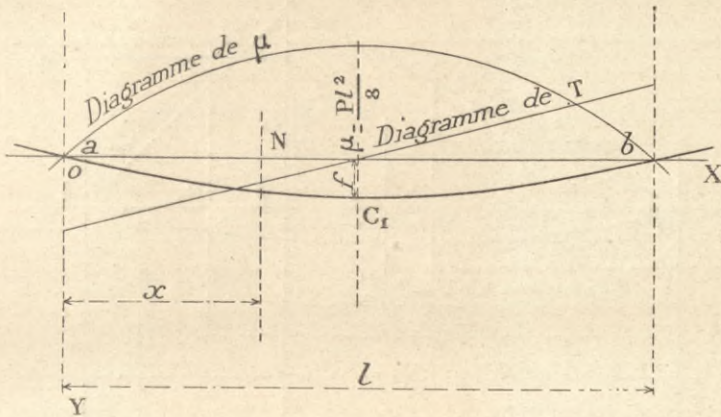
On cherchera, si on adopte une section rectangulaire, à se rapprocher de la section carrée.

**37.** — Les hourdis que supportent ces piliers peuvent être chargés irrégulièrement, les charges elles-mêmes peuvent se déplacer, surtout dans les ponts ; il arrive que la résultante des charges peut être excentrée et même sortir de la section du pilier qui est alors chargé en porte à faux. Les piliers sont alors soumis à des efforts de flexion qu'il faut calculer comme s'il s'agissait d'une poutre.

Toutes les fois que ce sera possible, il y aura avantage à entretoiser ces piliers en les reliant par le milieu, par exemple, de façon que les efforts de flexion, qui peuvent agir sur un pilier, soient combattus par la résistance du ou des piliers voisins. Cette précaution ne peut s'employer dans une colonnade, mais elle peut être pratiquée dans les palées d'un pont, où elle est d'autant plus utile que ces palées sont susceptibles de recevoir des chocs, soit de bateaux, soit d'épaves dans les ponts sur rivières, soit de véhicules circulant dans les passages inférieurs.

Les armatures longitudinales devront dépasser légèrement les deux bases du pilier : s'il en était autrement, surtout, si les armatures longitudinales n'atteignaient pas les deux bases, on ne pourrait compter que sur la résistance du béton seul.

38. — Poutre droite, reposant sur deux appuis, chargée d'un poids P par mètre courant.



FORMULES GÉNÉRALES

Efforts tranchants :

$$T = P \left( \frac{l}{2} - x \right);$$

Moments fléchissants :

$$\mu = - \frac{P}{2} x (l - x);$$

Réactions aux appuis :

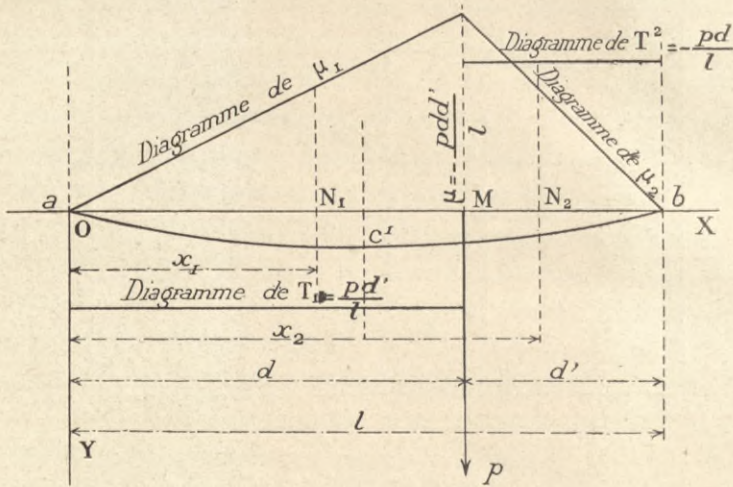
$$Q_a = Q_b = - \frac{Pl}{2};$$

Flèche :

$$f = \frac{5Pl^4}{384EI}.$$

Valeurs de $x$	0	$\frac{l}{2}$	$l$
Valeurs correspondantes de T . . .	$+\frac{Pl}{2}$	0	$-\frac{Pl}{2}$
Valeurs correspondantes de $\mu$ . . .	0	$-\frac{Pl^2}{8}$	0
Multiplicateurs . . . . .	0	1	0

39. — Poutre reposant sur deux appuis chargée d'un poids  $p$  en un point M.



FORMULES GÉNÉRALES  $d > d'$

Efforts tranchants :

$$\text{de O à M : } T_1 = \frac{pd'}{l} \quad \text{de M à l : } T_2 = -\frac{pd'}{l};$$

Moments fléchissants :

$$\text{de O à M : } \mu_1 = -\frac{pd'}{l} x \quad \text{de M à l : } \mu_2 = -\frac{pd'}{l} (l - x);$$

Réactions des appuis :

$$Q_a = -\frac{pd'}{l} \quad Q_b = -\frac{pd'}{l};$$

Flèche :

$$\text{Si } d > d' \quad f = \frac{pd^3 d'}{9\sqrt{3}EI} \sqrt{\left(1 + 2\frac{d'}{d}\right)^3} \quad x = d \sqrt{\frac{1}{3} + \frac{2}{3}\frac{d'}{d}}$$

à partir de a

$$\text{Si } d < d' \quad f = \frac{pd^3 d}{9\sqrt{3}EI} \sqrt{\left(1 + 2\frac{d}{d'}\right)^3} \quad x = d' \sqrt{\frac{1}{3} + \frac{2}{3}\frac{d}{d'}}$$

à partir de b



Valeurs de $x$	O	$d$	$l$
Valeurs correspondantes de T . . .	$+\frac{pd'}{l}$	( <sup>1</sup> )	$-\frac{pd}{l}$
Valeurs correspondantes de $\mu$ . . .	o	$-\frac{pdd'}{l}$	o

(<sup>1</sup>) La plus forte des valeurs  $\frac{pd'}{l}$  et  $\frac{pd}{l}$ .

Valeur de  $\mu$  au centre :

$$\mu_c = -\frac{pd'}{2}$$

$p_c$  valeur de  $p$  ramenée au centre :

$$p_c = -\frac{pd'}{\frac{1}{2}l}$$

$$\mu_c = -\frac{p_c l}{4} = -\frac{pd'}{\frac{1}{2}l} \times \frac{l}{4} = -\frac{pd'}{2}$$

Si l'on a divers poids :

$$p \ p_1 \ p_2 \ p_3 \ \dots$$

on calculera :

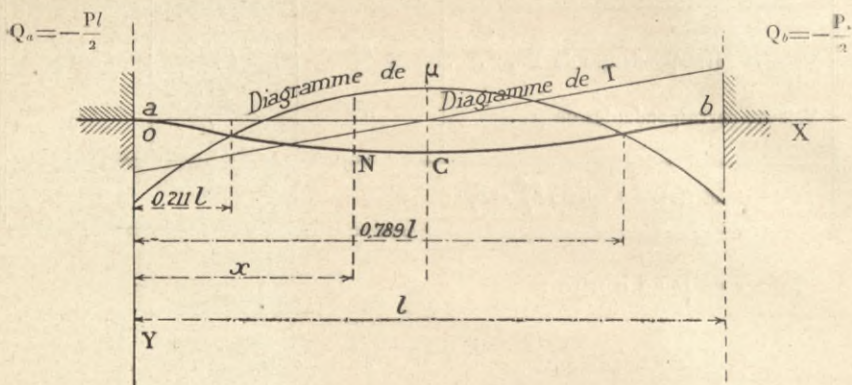
$$p_c \ p_{1c} \ p_{2c} \ p_{3c} \ \dots$$

et l'on aura :

$$\mu_c = -\frac{p_c d' + p_{1c} d'_1 + p_{2c} d'_2 \dots}{2}$$

$d' \ d'_1 \ d'_2 \ \dots$  sont les distances à l'appui le plus rapproché.

40. — Poutre droite encadrée à ses deux extrémités chargée d'un poids  $P$  par mètre courant.



## FORMULES GÉNÉRALES

Efforts tranchants :

$$T = P(l - x) - \frac{Pl}{2};$$

Moments fléchissants :

$$\mu = \frac{P}{2} \left( x^2 - lx + \frac{l^2}{6} \right)$$

$$\mu = 0 \quad \text{si} \quad x^2 - lx + \frac{l^2}{6} = 0 \quad \left\{ \begin{array}{l} x' = 0,211 l \\ x'' = 0,789 l; \end{array} \right.$$

Réactions des appuis :

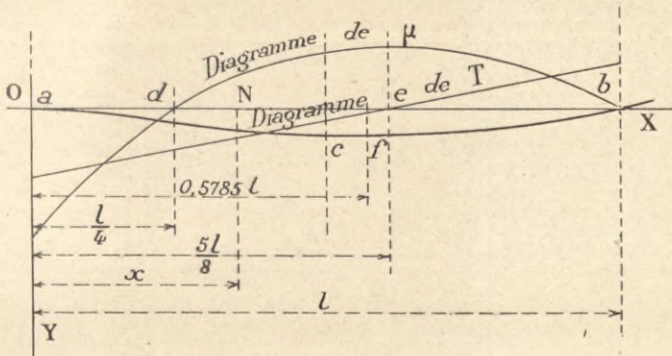
$$Q_a = Q_b = -\frac{Pl}{2};$$

Flèche :

$$f = \frac{Pl^3}{384 EI}.$$

Valeurs de $x$	0	0,211 l	$\frac{l}{2}$	0,789 l	l
Valeurs correspondantes de T.	$+\frac{Pl}{2}$	»	0	»	$-\frac{Pl}{2}$
Valeurs correspondantes de $\mu$ .	$+\frac{Pl^2}{12}$	0	$-\frac{Pl^2}{24}$	0	$+\frac{Pl^2}{12}$
Multiplicateurs . . . . .	$\frac{2}{3}$	»	$\frac{1}{3}$	»	$\frac{2}{3}$

41. — Poutre droite encastree à une extrémité et reposant sur un appui à l'autre extrémité chargée d'un poids P par mètre courant.



FORMULES GÉNÉRALES

Efforts tranchants :

$$T = P(l - x) - \frac{3Pl}{8};$$

Moments fléchissants :

$$\mu = \frac{P}{2}(l - x) \left( \frac{l}{4} - x \right);$$

Réactions des appuis :

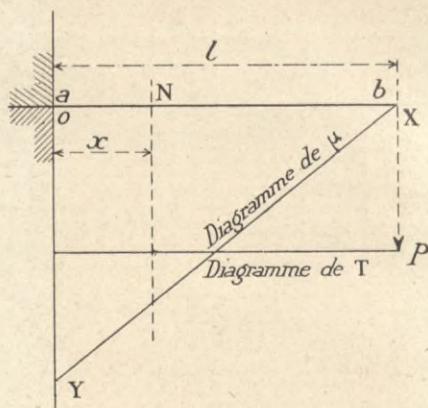
$$Q_a = -\frac{5Pl}{8} \qquad Q_b = -\frac{3Pl}{8};$$

Flèche :

$$f = \frac{Pl^4}{184EI} \qquad af = 0,5785l.$$

Valeurs de x	0	$\frac{l}{4}$	$\frac{5l}{8}$	l
Valeurs correspondantes de T. . . . .	$+\frac{5Pl}{8}$	$+\frac{3Pl}{8}$	0	$-\frac{3Pl}{8}$
Valeurs correspondantes de $\mu$ . . . . .	$+\frac{Pl^2}{8}$	0	$-\frac{9Pl^2}{128}$	0
Multiplicateurs . . . . .	1	»	$\frac{9}{16}$	»

42. — Poutre encastrée à une extrémité, libre à l'autre, portant un poids  $p$  à l'extrémité libre.



## FORMULES GÉNÉRALES

Efforts tranchants :

$$T = p;$$

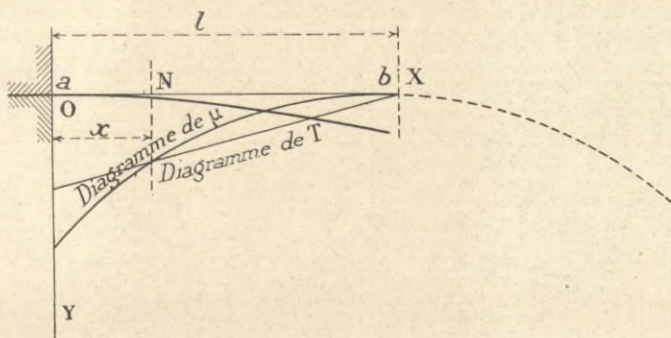
Moments fléchissants :

$$\mu = p(l - x);$$

$$f = \frac{pl^3}{3EI}.$$

Valeurs de $x$	0	$\frac{l}{2}$	$l$
Valeurs correspondantes de T . . .	$p$	$p$	$p$
Valeurs correspondantes de $\mu$ . . .	$pl$	$p \frac{l}{2}$	0

43. — Poutre encastrée à une extrémité et libre à l'autre, portant un poids  $P$  par mètre.



## FORMULES GÉNÉRALES

Efforts tranchants :

$$T = P(l - x);$$

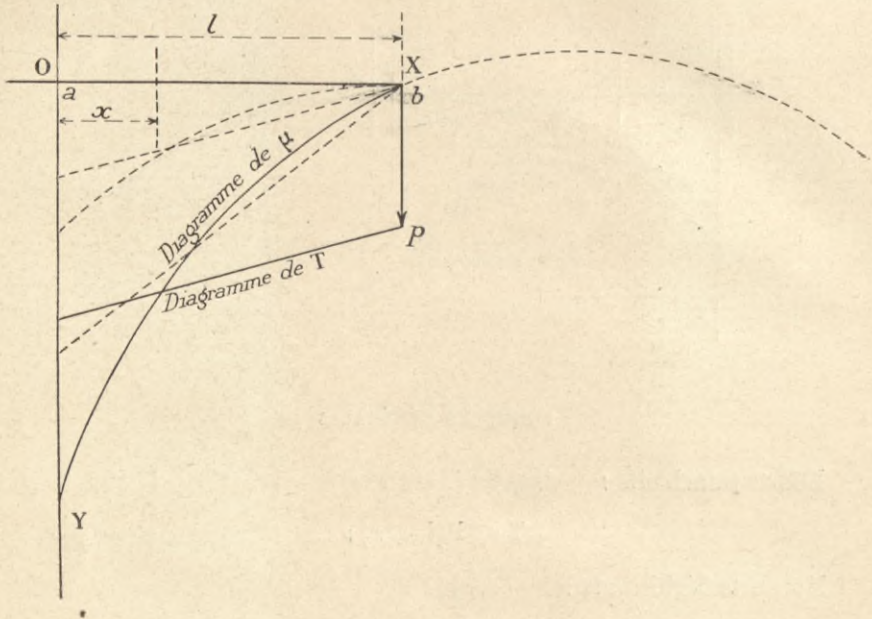
Moments fléchissants :

$$\mu = \frac{P(l - x)^2}{2};$$

$$f = \frac{Pl^4}{8EI}.$$

Valeurs de $x$	0	$\frac{l}{2}$	$l$
Valeurs correspondantes de $T$ . . .	$Pl$	$P \frac{l}{2}$	0
Valeurs correspondantes de $\mu$ . . .	$\frac{Pl^2}{2}$	$\frac{Pl^2}{8}$	0
Multiplicateurs . . . . .	4	1	»

44. — Poutre encastrée à une extrémité et libre à l'autre, portant un poids P par mètre courant et un poids p à l'extrémité libre.



FORMULES GÉNÉRALES

Efforts tranchants :

$$T = P(l - x) + p;$$

Moments fléchissants :

$$\mu = (l - x) \left[ \frac{P}{2}(l - x) + p \right]$$

$$f = \left( \frac{3}{8} Pl + p \right) \frac{l^3}{3EI}.$$

Valeurs de x	0	$\frac{l}{2}$	l
Valeurs correspondantes de T . . .	Pl + p	$\frac{Pl}{2} + p$	p
Valeurs correspondantes de $\mu$ . . .	$\frac{Pl^2}{2} + pl$	$\frac{Pl^2}{8} + \frac{pl}{2}$	0

45. — Surfaces, diamètres, poids des barres rondes de 0<sup>m</sup>,001 à 0<sup>m</sup>,040.

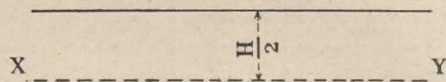
Surface en mmq. de barres rondes de 0,001 à 0,040	Diamètres	Poids de 20 barres	Surface en mmq. de barres rondes de 0,001 à 0,040	Diamètres	Poids des 20 barres
mmq.	mètres	kilog.	mmq.	mètres	kilog.
0,785	0,001	0,122	346,361	0,021	53,860
3,142	0,002	0,489	380,133	0,022	59,120
7,069	0,003	1,099	415,476	0,023	64,620
12,566	0,004	1,954	452,389	0,024	70,360
19,635	0,005	3,060	490,874	0,025	76,340
28,274	0,006	4,400	530,929	0,026	82,580
38,484	0,007	5,980	572,555	0,027	89,040
50,265	0,008	7,820	615,752	0,028	95,760
63,617	0,009	9,900	660,520	0,029	102,720
78,540	0,010	12,220	706,858	0,030	109,940
95,033	0,011	14,780	754,758	0,031	117,410
113,097	0,012	17,580	804,248	0,032	125,080
132,732	0,013	20,640	855,299	0,033	133,058
153,938	0,014	23,940	907,920	0,034	141,206
176,715	0,015	27,480	962,113	0,035	149,667
201,062	0,016	31,260	1 017,880	0,036	158,300
226,980	0,017	35,300	1 075,210	0,037	167,270
254,469	0,018	39,580	1 134,110	0,038	176,380
283,529	0,019	44,100	1 194,590	0,039	185,835
314,159	0,020	48,860	1 256,640	0,040	195,440

H

$$a = 1$$

$$R = 250000$$

$$H = \sqrt{\frac{3Pl^2}{4aR}}$$



Valeurs de $l$	P = 100		200		300	
	$\frac{H}{2}$	P	$\frac{H}{2}$	P	$\frac{H}{2}$	P
1	0,009	45 22.50	0,012	60 30	0,015	75 37.50
2	0,017	85 42.50	0,024	120 60	0,030	150 75
3	0,026	130 65	0,037	185 92.50	0,045	225 112.50
4	0,035	175 87.50	0,049	245 122.50	0,060	300 150
5	0,043	215 107.50	0,061	305 152.50	0,075	375 187.50
6	0,052	260 130	0,073	365 182.50	0,090	450 225
7	0,061	305 152.50	0,086	430 215	0,105	525 262.50
8	0,069	345 172.50	0,099	495 247.50	0,120	600 300
9	0,078	390 195	0,111	555 277.50	0,135	675 332.50
10	0,087	435 217.50	0,123	615 307.50	0,150	750 375
11	0,095	475 237.50	0,136	680 340	0,165	825 412.50
12	0,104	520 260	0,148	740 370	0,180	900 450
13	0,113	565 282.50	0,160	800 400	0,195	975 487.50
14	0,121	605 302.50	0,172	860 430	0,210	1050 525
15	0,130	650 325	0,185	925 462.50	0,225	1125 562.50

$l$ , portée de 1<sup>m</sup> à 15<sup>m</sup>

P, charge totale par m. q. de 100 à 2400<sup>kg</sup>

$p$ , poids du hourdis (1)

$\frac{H}{2}$ , hauteur du hourdis divisé par 2

(1) Les chiffres gras indiquent les poids de la moitié du hourdis  $\frac{H}{2}$ .

400		500		600		Valeurs de $l$
$\frac{H}{2}$	P	$\frac{H}{2}$	P	$\frac{H}{2}$	P	
0,017	85 42.50	0,019	95 47.50	0,021	105 52.50	1
0,035	175 87.50	0,039	195 97.50	0,042	210 105	2
0,052	260 130	0,058	290 145	0,064	320 160	3
0,069	345 172.50	0,077	385 192.50	0,085	425 212.50	4
0,087	435 217.50	0,097	485 242.50	0,106	530 265	5
0,104	520 260	0,116	580 290	0,127	635 317.50	6
0,121	605 302.50	0,136	680 340	0,148	740 370	7
0,139	695 342.50	0,155	775 387.50	0,170	850 425	8
0,156	780 390	0,174	870 435	0,191	955 477.50	9
0,173	815 407.50	0,193	965 482.50	0,212	1010 505	10
0,191	955 477.50	0,213	1015 507.50	0,233	1165 582.50	11
0,208	1040 520	0,232	1160 580	0,255	1275 637.50	12
0,225	1125 562.50	0,251	1255 627.50	0,276	1380 690	13
0,242	1210 605	0,271	1355 677.50	0,297	1485 742.50	14
0,260	1300	0,290	1450 725	0,318	1590 795	15



H

$a = 1$   
 $R = 250\ 000$

$$H = \sqrt{\frac{3Pl^2}{4aR}}$$

Valeurs de $l$	700		800		900	
	$\frac{H}{2}$	$P$	$\frac{H}{2}$	$P$	$\frac{H}{2}$	$P$
1	0,023	115 57.50	0,024	120 60	0,026	130 65
2	0,046	230 115	0,049	245 122.50	0,052	260 130
3	0,069	345 172.50	0,073	365 182.50	0,078	390 195
4	0,092	460 230	0,098	490 245	0,104	520 260
5	0,115	575 287.50	0,122	610 305	0,130	650 325
6	0,137	685 342.50	0,147	735 367.50	0,156	780 390
7	0,160	800 400	0,171	855 427.50	0,182	910 455
8	0,183	915 457.50	0,196	930 465	0,208	1040 520
9	0,206	1030 515	0,220	1100 550	0,234	1170 585
10	0,229	1145 572.50	0,245	1225 612.50	0,260	1300 650
11	0,252	1260 630	0,269	1345 672.50	0,286	1430 715
12	0,275	1375 687.50	0,294	1470 735	0,312	1560 780
13	0,298	1490 745	0,318	1590 795	0,338	1690 845
14	0,321	1605 802.50	0,343	1715 857.50	0,364	1820 910
15	0,344	1720 860	0,367	1835 867.50	0,390	1950 975

$l$ , portée de 1<sup>m</sup> à 15<sup>m</sup>

$P$ , charge totale par m. q. de 100 à 200<sup>kg</sup>

$p$ , poids du hourdis (1)

$\frac{H}{2}$ , hauteur du hourdis divisé par 2

(1) Les chiffres gras indiquent les poids de la moitié du hourdis  $\frac{H}{2}$ .

Valeurs de $l$	1000		1100		1200	
	$\frac{H}{2}$	$P$	$\frac{H}{2}$	$P$	$\frac{H}{2}$	$P$
1	0,027	135 67.50	0,029	145 72.50	0,030	150 75
2	0,055	275 137.50	0,057	285 142.50	0,060	300 150
3	0,082	410 205	0,086	430 215	0,090	450 225
4	0,110	550 225	0,115	575 287.50	0,120	600 300
5	0,137	685 342.50	0,144	720 360	0,150	750 375
6	0,164	820 410	0,172	860 430	0,180	900 450
7	0,192	960 480	0,201	1005 502.50	0,210	1050 525
8	0,219	1045 522.50	0,230	1150 525	0,240	1200 600
9	0,246	1230 615	0,259	1295 647.50	0,270	1350 675
10	0,274	1370 685	0,287	1435 717.50	0,300	1500 750
11	0,301	1505 752.50	0,316	1580 790	0,330	1650 825
12	0,329	1645 822.50	0,345	1725 862.50	0,360	1800 900
13	0,356	1780 890	0,373	1865 932.50	0,390	1950 975
14	0,383	1915 957.50	0,402	2010 1005	0,420	2100 1050
15	0,411	2055 1027.50	0,431	2155 1077.50	0,450	2250 1125

H

$$a = 1$$

$$R = 250000$$

$$H = \sqrt{\frac{3Pl^2}{4aR}}$$

Valeurs de $l$	1300		1400		1500	
	$\frac{H}{2}$	$P$	$\frac{H}{2}$	$P$	$\frac{H}{2}$	$P$
1	0,031	156 <b>78</b>	0,032	162 <b>81</b>	0,034	168 <b>84</b>
2	0,062	312 <b>156</b>	0,065	324 <b>162</b>	0,067	335 <b>167.50</b>
3	0,094	468 <b>234</b>	0,097	486 <b>243</b>	0,101	503 <b>251.50</b>
4	0,125	625 <b>312.50</b>	0,130	648 <b>324</b>	0,134	670 <b>335</b>
5	0,156	780 <b>390</b>	0,162	810 <b>405</b>	0,168	838 <b>419</b>
6	0,187	935 <b>462.50</b>	0,194	972 <b>486</b>	0,201	1006 <b>503</b>
7	0,219	1095 <b>547.50</b>	0,227	1134 <b>567</b>	0,235	1174 <b>587</b>
8	0,250	1250 <b>625</b>	0,259	1296 <b>648</b>	0,268	1341 <b>670.50</b>
9	0,281	1405 <b>702.50</b>	0,291	1458 <b>729</b>	0,302	1509 <b>754.50</b>
10	0,312	1560 <b>780</b>	0,324	1620 <b>810</b>	0,335	1677 <b>838.50</b>
11	0,343	1715 <b>857.50</b>	0,356	1782 <b>891</b>	0,369	1844 <b>922</b>
12	0,375	1875 <b>937.50</b>	0,389	1944 <b>972</b>	0,402	2012 <b>1006</b>
13	0,406	2030 <b>1015</b>	0,421	2106 <b>1053</b>	0,436	2180 <b>1090</b>
14	0,437	2185 <b>1092.50</b>	0,454	2268 <b>1134</b>	0,470	2350 <b>1175</b>
15	0,468	2340 <b>1170</b>	0,486	2430 <b>1215</b>	0,503	2516 <b>1258</b>

$l$ , portée de 1<sup>m</sup> à 15<sup>m</sup>

$P$ , charge totale par m. q. de 100 à 2400<sup>kg</sup>

$p$ , poids du hourdis <sup>(1)</sup>

$\frac{H}{2}$ , hauteur du hourdis divisé par 2

(1) Les chiffres gras indiquent les poids de la moitié du hourdis  $\frac{H}{2}$ .

Valeurs de $l$	1600		1700		1800	
	$\frac{H}{2}$	$P$	$\frac{H}{2}$	$P$	$\frac{H}{2}$	$P$
1	0,35	173 <b>86.50</b>	0,036	179 <b>89.50</b>	0,037	183 <b>91.50</b>
2	0,069	346 <b>173</b>	0,071	357 <b>178.50</b>	0,073	367 <b>183.50</b>
3	0,104	519 <b>259.50</b>	0,107	532 <b>268</b>	0,110	551 <b>275.50</b>
4	0,139	693 <b>346.50</b>	0,143	714 <b>357</b>	0,147	735 <b>367.50</b>
5	0,173	816 <b>408</b>	0,179	893 <b>446.50</b>	0,184	919 <b>459.50</b>
6	0,208	1039 <b>519.50</b>	0,214	1071 <b>535.50</b>	0,220	1102 <b>551</b>
7	0,242	1212 <b>606</b>	0,250	1250 <b>625</b>	0,257	1286 <b>643</b>
8	0,277	1386 <b>693</b>	0,286	1428 <b>714</b>	0,294	1470 <b>735</b>
9	0,312	1559 <b>779.50</b>	0,321	1606 <b>803</b>	0,331	1653 <b>826.50</b>
10	0,346	1732 <b>866</b>	0,357	1785 <b>892.50</b>	0,367	1837 <b>918.50</b>
11	0,381	1905 <b>952.50</b>	0,393	1964 <b>982</b>	0,404	2021 <b>1010.50</b>
12	0,416	2078 <b>1039</b>	0,428	2142 <b>1071</b>	0,441	2205 <b>1102.50</b>
13	0,450	2252 <b>1126</b>	0,464	2321 <b>1160.50</b>	0,478	2388 <b>1194</b>
14	0,485	2425 <b>1212.50</b>	0,500	2500 <b>1250</b>	0,514	2577 <b>1288.50</b>
15	0,520	2598 <b>1299</b>	0,536	2678 <b>1339</b>	0,551	2756 <b>1378</b>

H

$$a = 1$$

$$R = 250000$$

$$H = \sqrt{\frac{3Pl^2}{4aR}}$$

Valeurs de $l$	1900		2000		2100	
	$\frac{H}{2}$	$P$	$\frac{H}{2}$	$P$	$\frac{H}{2}$	$P$
1	0,037	187 93.50	0,038	194 97	0,040	199 99.50
2	0,075	373 186.50	0,077	387 193.50	0,079	397 198.50
3	0,112	560 280	0,116	581 290.50	0,119	545 272.50
4	0,149	746 373	0,155	725 362.50	0,159	744 372
5	0,187	933 466.50	0,194	968 484	0,198	992 496
6	0,224	1119 559.50	0,232	1162 581	0,238	1191 595.50
7	0,261	1306 653	0,271	1356 678	0,278	1389 694.50
8	0,299	1493 746.50	0,310	1549 774.50	0,317	1584 792
9	0,336	1679 839.50	0,349	1743 871.50	0,357	1786 893
10	0,373	1866 933	0,387	1936 968	0,397	1984 992
11	0,410	2052 1026	0,426	2130 1065	0,437	2183 1041.50
12	0,448	2239 1119.50	0,465	2324 1162	0,476	2381 1160.50
13	0,485	2426 1213	0,503	2518 1259	0,516	2580 1290
14	0,522	2612 1306	0,542	2711 1355.50	0,556	2778 1389
15	0,560	2799 1399.50	0,581	2905 1452.50	0,595	2976 1488

$l$ , portée de 1<sup>m</sup> à 15<sup>m</sup>

$P$ , charge totale par m. q. de 100 à 2400<sup>kg</sup>

$p$ , poids du hourdis (1)

$\frac{H}{2}$ , hauteur du hourdis divisé par 2

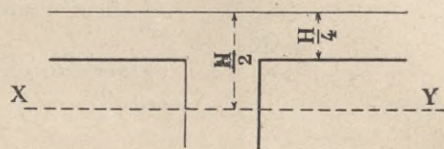
(1) Les chiffres gras indiquent les poids de la moitié du hourdis  $\frac{H}{2}$ .

Valeurs de $l$	2200		2300		2400	
	$\frac{H}{2}$	$P$	$\frac{H}{2}$	$P$	$\frac{H}{2}$	$P$
1	0,041	203 101.50	0,042	208 104	0,042	212 106
2	0,081	406 203	0,083	415 207.50	0,085	424 212
3	0,122	609 304.50	0,125	623 311.50	0,127	636 318
4	0,162	812 406	0,166	831 415.50	0,170	849 424.50
5	0,203	1016 503	0,208	1038 519	0,212	1010 505
6	0,244	1219 609.50	0,249	1246 623	0,255	1273 636.50
7	0,284	1422 711	0,291	1454 727	0,297	1485 742.50
8	0,325	1625 812.50	0,332	1661 830.50	0,339	1697 848.50
9	0,366	1828 914	0,374	1869 934.50	0,382	1909 954.50
10	0,406	2031 1015.50	0,415	2027 1013.50	0,424	2121 1010.50
11	0,447	2234 1117	0,457	2284 1142	0,467	2333 1166.50
12	0,487	2438 1219	0,498	2492 1246	0,509	2546 1273
13	0,528	2640 1320	0,540	2700 1350	0,552	2758 1379
14	0,569	2843 1421.50	0,581	2907 1453.50	0,594	2970 1485
15	0,609	3047 1523.50	0,623	3115 1557.50	0,636	3187 1593.50

HS

$a = 1$   
 $R = 250000$

$$H = \sqrt{\frac{6Pl^2}{7aR}}$$



Valeurs de l	P = 100		200		300	
	H/4	p	H/4	p	H/4	p
1	0,005	25	0,007	35	0,008	40
2	0,009	45	0,013	65	0,016	80
3	0,014	70	0,020	100	0,024	120
4	0,019	95	0,026	130	0,032	160
5	0,023	115	0,033	165	0,040	200
6	0,027	135	0,039	195	0,048	240
7	0,032	160	0,046	230	0,056	280
8	0,037	185	0,052	260	0,064	320
9	0,042	210	0,059	295	0,072	360
10	0,046	230	0,065	325	0,080	400
11	0,051	255	0,072	360	0,088	440
12	0,056	280	0,079	395	0,096	480
13	0,060	300	0,085	425	0,104	520
14	0,065	325	0,092	460	0,112	560
15	0,069	345	0,098	490	0,120	600

l, partie de 1 à 15 mètres;  
 P, charge totale par m. q. de 100 à 2400.  
 p, poids de  $\frac{H}{2}$  (1).

(1) Les chiffres gras indiquent le poids de  $\frac{H}{4}$ .

Valeurs de l	400		500		600	
	H/4	p	H/4	p	H/4	p
1	0,009	45	0,010	50	0,011	55
2	0,019	95	0,021	105	0,023	115
3	0,028	140	0,031	155	0,034	170
4	0,037	185	0,041	205	0,045	225
5	0,046	230	0,052	260	0,057	285
6	0,056	280	0,062	310	0,068	340
7	0,065	325	0,072	360	0,079	395
8	0,074	370	0,083	415	0,091	455
9	0,083	415	0,093	465	0,102	510
10	0,093	465	0,104	520	0,113	565
11	0,102	510	0,114	570	0,125	625
12	0,111	555	0,124	620	0,136	680
13	0,120	600	0,135	675	0,147	735
14	0,130	650	0,145	725	0,159	795
15	0,139	695	0,155	775	0,170	850

HS

$$a = 1$$

$$R = 250000$$

$$H = \sqrt{\frac{6Pl^2}{7aR}}$$

Valeurs de <i>l</i>	700		800		900	
	$\frac{H}{4}$	<i>P</i>	$\frac{H}{4}$	<i>P</i>	$\frac{H}{4}$	<i>P</i>
1	0,012	60	0,013	65	0,014	70
2	0,024	120	0,026	130	0,028	140
3	0,037	185	0,039	195	0,042	210
4	0,049	245	0,052	260	0,056	280
5	0,061	305	0,065	325	0,069	345
6	0,073	365	0,079	395	0,083	415
7	0,086	430	0,092	460	0,097	485
8	0,098	490	0,105	502.50	0,111	550
9	0,110	550	0,118	590	0,125	625
10	0,122	610	0,131	655	0,139	695
11	0,135	675	0,144	720	0,153	765
12	0,147	735	0,157	785	0,167	835
13	0,159	795	0,170	835	0,181	905
14	0,171	855	0,183	915	0,194	970
15	0,184	920	0,196	980	0,208	1040

*l*, portée de 1 à 15 mètres;  
*P*, charge totale par m. q. de 100 à 2400;  
*p*, poids de  $\frac{H}{2}$  (1).

(1) Les chiffres gras indiquent le poids de  $\frac{H}{4}$ .

1000		1100		1200		Valeurs de <i>l</i>
$\frac{H}{4}$	<i>P</i>	$\frac{H}{4}$	<i>P</i>	$\frac{H}{4}$	<i>P</i>	
0,015	75	0,015	75	0,016	80	1
0,029	145	0,031	155	0,032	160	2
0,044	220	0,046	230	0,048	240	3
0,059	295	0,061	305	0,064	320	4
0,073	365	0,077	385	0,080	400	5
0,088	440	0,092	460	0,096	480	6
0,102	510	0,107	535	0,112	560	7
0,117	585	0,123	615	0,128	640	8
0,132	660	0,138	690	0,144	720	9
0,146	730	0,154	770	0,160	800	10
0,161	805	0,169	845	0,176	880	11
0,176	880	0,184	920	0,192	960	12
0,190	950	0,200	1000	0,208	1040	13
0,205	1025	0,215	1075	0,224	1120	14
0,220	1100	0,230	1150	0,241	1205	15

HS

$a = 1$   
 $R = 250000$

$H = \sqrt{\frac{6Pl^2}{7aR}}$

Valeurs de $l$	1300		1400		1500	
	$\frac{H}{4}$	$P$	$\frac{H}{4}$	$P$	$\frac{H}{4}$	$P$
	1	0,017	84 42	0,017	86.50 43.25	0,018
2	0,033	167 83.50	0,035	173 86.50	0,036	179 89.50
3	0,050	250 125	0,052	259.50 129.75	0,054	269 134.50
4	0,067	334 167	0,069	346 173	0,072	359 179.50
5	0,083	417 208.50	0,087	432.50 216.25	0,090	448 224
6	0,100	500 250	0,104	519 259.50	0,108	538 269
7	0,117	584 292	0,121	605.50 302.75	0,125	627 313.50
8	0,134	668 334	0,138	692 346	0,143	717 358.50
9	0,150	751 375.50	0,156	779 389.50	0,161	807 403.50
10	0,167	835 417.50	0,173	815 407.50	0,179	846 423
11	0,184	918 409	0,190	952 476	0,197	986 493
12	0,200	1000 500	0,208	1038 519	0,215	1026 513
13	0,217	1035 517.50	0,225	1125 562.50	0,233	1065 532.50
14	0,234	1108 584	0,242	1211 605.50	0,251	1255 627.50
15	0,250	1252 626	0,260	1298 649	0,269	1345 672.50

$l$ , portée de 1 à 15 mètres ;  
 $P$ , charge totale par m. q. de 100 à 2400 ;  
 $p$ , poids de  $\frac{H}{2}$  (1).

(1) Les chiffres gras indiquent le poids de  $\frac{H}{4}$ .

1600		1700		1800		Valeurs de $l$
$\frac{H}{4}$	$P$	$\frac{H}{4}$	$P$	$\frac{H}{4}$	$P$	
0,019	93 46.50	0,019	95 42.50	0,020	98 49	
0,037	185 92.50	0,038	191 95.50	0,039	196 98	2
0,056	278 139	0,057	286 143	0,059	295 147.50	3
0,074	370 185	0,076	382 191	0,079	393 196.50	4
0,093	463 231.50	0,095	477 238.50	0,098	491 245.50	5
0,111	555 277.50	0,115	573 286.50	0,118	589 294.50	6
0,130	648 324	0,134	668 334	0,137	687 343.50	7
0,148	741 370.50	0,153	763 381.50	0,157	786 393	8
0,167	833 416.50	0,172	859 429.50	0,177	834 417	9
0,185	926 463	0,191	954 477	0,196	982 491	10
0,204	1018 509	0,210	1050 525	0,216	1080 540	11
0,222	1111 555.50	0,229	1145 572.50	0,236	1178 589	12
0,241	1204 602	0,248	1241 620.50	0,255	1277 638.50	13
0,259	1296 648	0,267	1336 668	0,275	1375 687.50	14
0,278	1389 694.50	0,286	1431 715.50	0,295	1473 736.50	15

HS

$$a = 1$$

$$R = 250000$$

$$H = \sqrt{\frac{6Pl^2}{7uR}}$$

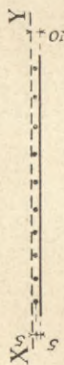
Valeurs de $l$	1900		2000		2100	
	$\frac{H}{4}$	$P$	$\frac{H}{4}$	$P$	$\frac{H}{4}$	$P$
1	0,020	101	0,021	104	0,021	106
		<b>50.50</b>		<b>52</b>		<b>53</b>
2	0,040	202	0,041	212	0,042	212
		<b>101</b>		<b>106</b>		<b>106</b>
3	0,061	303	0,062	311	0,064	318
		<b>151.50</b>		<b>155.50</b>		<b>109</b>
4	0,081	404	0,083	424	0,085	424
		<b>202</b>		<b>212</b>		<b>212</b>
5	0,101	504	0,104	518	0,106	530
		<b>252</b>		<b>259</b>		<b>265</b>
6	0,121	605	0,124	621	0,127	636
		<b>302.50</b>		<b>310.50</b>		<b>318</b>
7	0,141	706	0,145	725	0,148	742
		<b>353</b>		<b>362.50</b>		<b>371</b>
8	0,161	807	0,166	828	0,170	844
		<b>403.50</b>		<b>414</b>		<b>422</b>
9	0,182	908	0,186	932	0,191	955
		<b>454</b>		<b>466</b>		<b>477.50</b>
10	0,202	1009	0,207	1035	0,212	1011
		<b>504.50</b>		<b>517.50</b>		<b>505.50</b>
11	0,222	1110	0,228	1139	0,233	1167
		<b>555</b>		<b>569.50</b>		<b>583.50</b>
12	0,242	1211	0,248	1242	0,255	1278
		<b>605.50</b>		<b>621</b>		<b>639</b>
13	0,262	1312	0,269	1346	0,276	1378
		<b>656</b>		<b>673</b>		<b>689</b>
14	0,282	1413	0,290	1449	0,297	1485
		<b>706</b>		<b>724.50</b>		<b>742.50</b>
15	0,303	1513	0,311	1553	0,318	1591
		<b>756.50</b>		<b>771.50</b>		<b>795.50</b>

$l$ , portée de 1 à 15 mètres ;  
 $P$ , charge totale par m. q. de 100 à 2400 ;  
 $p$ , poids de  $\frac{H}{4}$  (1).

(1) Les chiffres gras indiquent le poids de  $\frac{H}{4}$ .

Valeurs de $l$	2200		2300		2400	
	$\frac{H}{4}$	$P$	$\frac{H}{4}$	$P$	$\frac{H}{4}$	$P$
1	0,022	109	0,022	111	0,023	114
		<b>54.50</b>		<b>55.50</b>		<b>57</b>
2	0,043	217	0,044	222	0,045	227
		<b>108.50</b>		<b>111</b>		<b>113.50</b>
3	0,065	326	0,067	333	0,068	340
		<b>163</b>		<b>166.50</b>		<b>170</b>
4	0,087	434	0,089	444	0,091	454
		<b>217</b>		<b>222</b>		<b>227</b>
5	0,109	543	0,111	555	0,113	517
		<b>271.50</b>		<b>277.50</b>		<b>258.50</b>
6	0,130	651	0,133	666	0,136	680
		<b>325.50</b>		<b>333</b>		<b>340</b>
7	0,152	760	0,155	777	0,159	794
		<b>380</b>		<b>388.50</b>		<b>397</b>
8	0,174	868	0,178	888	0,181	902
		<b>434</b>		<b>444</b>		<b>451</b>
9	0,195	977	0,200	999	0,204	1021
		<b>488.50</b>		<b>499.50</b>		<b>510.50</b>
10	0,217	1036	0,222	1110	0,227	1134
		<b>518</b>		<b>555</b>		<b>567</b>
11	0,239	1194	0,244	1221	0,249	1248
		<b>597</b>		<b>610.50</b>		<b>624</b>
12	0,261	1303	0,266	1332	0,272	1361
		<b>651.50</b>		<b>666</b>		<b>680.50</b>
13	0,282	1411	0,289	1443	0,295	1474
		<b>705.50</b>		<b>721.50</b>		<b>737</b>
14	0,304	1520	0,311	1554	0,317	1587
		<b>760</b>		<b>777</b>		<b>793.50</b>
15	0,326	1628	0,333	1665	0,340	1701
		<b>814</b>		<b>832.50</b>		<b>850.50</b>

F = 0<sup>m</sup>,01

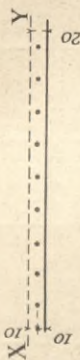


Poids du béton par m. q. = 25<sup>kg</sup>

Portées	100		200		300		400		500		Portées
	Surface métallique	Poids	Surface métallique	Poids	Surface métallique	Poids	Surface métallique	Poids	Surface métallique	Poids	
1	0,00012826	52,20	0,00026316	56,12	0,000407275	58,80	0,00056048	58,80	0,00072506	61,96	1
2	0,00056048	26,10	0,00131197	28,06	0,002179205	29,40	0,003179205	29,40	0,00425068	30,98	
3	0,00156233	58,80	0,0031197	74,44	0,00425068	85,16	0,0056048	85,16	0,00725068	96,80	
		29,40		37,22		42,58		42,58			
		74,44		74,44		74,44		74,44			
		37,22		37,22		37,22		37,22			

Portées	600		700		800		900		1000		Portées
	Surface métallique	Poids	Surface métallique	Poids	Surface métallique	Poids	Surface métallique	Poids	Surface métallique	Poids	
1	0,00090395	65,64	0,001098775	69,80	0,00131197	74,44	0,00156233	74,44	0,0018502	79,56	1
	0,008	32,82	0,009	34,90	0,010	37,22	0,010	37,22	0,011	39,78	





Poids du béton par m. q. = 50<sup>kg</sup>

Portées	100			200			300			400			500			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,0000629	0,003	102,20	0,0001266	0,003	51,10	0,00019115	0,004	103,90	0,00024155	0,004	51,95	0,0003228	0,005	106,12	
2	0,00024155	0,004	103,90	0,0005273	0,006	108,80	0,00081455	0,008	115,64	0,00112095	0,009	119,80	0,0014501	0,010	124,44	
3	0,0005975	0,007	111,96	0,00128245	0,009	119,80	0,0020962	0,012	135,16	0,00312465	0,015	154,96	0,0046139	0,018	179,16	
4	0,00112095	0,009	119,80	0,00263195	0,013	141,28	0,00535841	0,019	188,20	0,00812465	0,025	219,16	0,0121273	0,030	269,16	
			<b>59,90</b>			<b>70,64</b>			<b>94,10</b>			<b>119,80</b>			<b>154,96</b>	

Portées	600			700			800			900			1000			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,00039005	0,006	108,80	0,00045815	0,006	54,40	0,0005273	0,006	108,80	0,0005975	0,007	55,98	0,0006687	0,007	59,90	
2	0,0018068	0,011	129,56	0,00218155	0,012	135,16	0,00263195	0,013	141,28	0,00312465	0,015	154,96	0,0037004	0,016	163,92	
			<b>64,78</b>			<b>67,58</b>			<b>70,64</b>			<b>77,48</b>			<b>81,26</b>	



Poids du béton par m. q. = 75<sup>kg</sup>

Portées	100			200			300			400			500			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,0000579	0,002	150,98	0,0000964	0,003	76,10	0,00012605	0,003	76,10	0,00016855	0,004	76,95	0,0002113	0,004	76,95	
2	0,0001685	0,004	153,90	0,00031105	0,005	156,12	0,00051765	0,006	158,80	0,0006987	0,007	161,96	0,00088445	0,008	165,64	
3	0,0003548	0,005	76,95	0,0008019	0,008	78,06	0,0013383	0,009	79,40	0,00168265	0,011	80,98	0,0021752	0,012	82,82	
4	0,0006988	0,007	156,12	0,0014733	0,010	159,80	0,0023485	0,013	169,80	0,00336515	0,015	179,56	0,0045996	0,018	185,16	
			78,06			82,82			84,90			89,78			92,58	
			161,96			174,44			191,28			204,96			229,16	
			80,98			87,22			95,94			102,48			114,58	

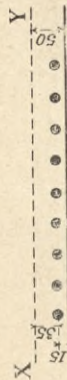
Portées	600			700			800			900			1000			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,0002543	0,005	156,12	0,0002975	0,005	78,06	0,00034105	0,005	78,06	0,0003848	0,005	78,06	0,0004288	0,006	79,40	
2	0,0010725	0,009	159,80	0,0012714	0,009	169,80	0,0014733	0,010	174,44	0,00168145	0,011	179,56	0,0018963	0,011	179,56	
3	0,0027102	0,014	84,90	0,0032963	0,015	84,90	0,00487655	0,018	87,22	0,0068145	0,018	89,78	0,008963	0,018	89,78	
4	0,007896	0,023	197,88	0,0089178	0,024	204,96	0,011458	0,024	209,16	0,014536	0,024	229,16	0,018963	0,024	238,20	
			98,94			102,48			114,58			114,58			119,10	
			279,24			290,72			304,96			320,40			338,20	

X-----Y  
 9-----8  
 7-----6  
 5-----4  
 3-----2  
 1-----0

Poids du béton par m. q. 100kg

Portes	100			200			300			400			500			Portes
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,0000252	0,002	200,98	0,0000501	0,004	100,49	0,0000752	0,003	101,10	0,0001004	0,003	101,10	0,0001285	0,003	202,20	
2	0,0001005	0,003	202,20	0,0002016	0,004	101,95	0,00030365	0,005	103,06	0,0004066	0,006	104,40	0,00050535	0,006	208,80	
3	0,00022705	0,004	203,90	0,00045835	0,006	104,40	0,0006941	0,007	105,98	0,0009345	0,008	107,82	0,0011853	0,009	219,80	
4	0,0004066	0,006	208,80	0,00082705	0,008	107,82	0,0012812	0,010	112,22	0,00160025	0,011	114,78	0,0021855	0,012	235,16	
			104,40			107,82			112,22			114,78			117,58	

Portes	600			700			800			900			1000			Portes
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,0001509	0,003	202,20	0,00017023	0,004	101,95	0,0002016	0,004	101,95	0,00023705	0,004	101,95	0,00025255	0,005	206,12	
2	0,000615	0,007	211,96	0,00072055	0,007	105,98	0,0009345	0,008	107,82	0,0009345	0,008	107,82	0,0010429	0,008	215,64	
3	0,00143025	0,010	224,41	0,00168115	0,011	114,78	0,0019475	0,012	117,58	0,002337	0,013	120,64	0,0024897	0,013	241,28	
4	0,0027447	0,014	247,88	0,00318965	0,015	127,48	0,0037447	0,016	131,26	0,0045895	0,018	139,58	0,00489635	0,018	279,16	
			123,94			127,48			131,26			139,58			139,58	



Poids du béton par m. q. = 12,5kg

Portées	100			200			300			400			500			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,0000125	0,001	250,24	0,00003575	0,002	250,98	0,00005375	0,002	250,98	0,00007155	0,002	250,98	0,0000895	0,003	252,20	
2	0,00007155	0,002	250,98	0,0001435	0,004	253,90	0,0002156	0,004	253,90	0,0002881	0,005	256,12	0,0003685	0,005	256,12	
3	0,00016145	0,004	253,90	0,0003247	0,005	256,12	0,00048895	0,006	258,80	0,0006495	0,007	261,96	0,0008406	0,008	265,64	
4	0,0002881	0,005	256,12	0,00058105	0,007	261,96	0,00087845	0,008	265,64	0,00118235	0,009	269,80	0,0014912	0,010	274,44	
			<b>128,06</b>			<b>130,98</b>			<b>132,82</b>			<b>134,90</b>			<b>137,22</b>	

Portées	600			700			800			900			1000			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,0001075	0,003	252,20	0,0001245	0,003	252,20	0,00014345	0,004	253,90	0,00016145	0,004	253,90	0,0001745	0,004	253,90	
2	0,0004348	0,006	258,80	0,0005073	0,006	258,80	0,00058105	0,007	261,96	0,00065285	0,007	261,96	0,0007394	0,007	261,96	
3	0,00099215	0,008	265,64	0,0011633	0,009	269,80	0,00133615	0,010	274,44	0,001511	0,010	274,44	0,00168215	0,011	279,56	
4	0,00180585	0,011	279,56	0,00212665	0,012	285,16	0,0024537	0,013	291,28	0,0027875	0,014	297,88	0,00312845	0,015	304,96	
			<b>132,82</b>			<b>142,58</b>			<b>145,64</b>			<b>148,94</b>			<b>152,48</b>	
			<b>128,06</b>			<b>126,10</b>			<b>126,95</b>			<b>126,95</b>			<b>126,95</b>	

F = 0<sup>m</sup>.07

Portées	1500			2000			2500			3000			3500			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,00026995	0,005	256.12 128.06	0,0003782	0,005	256.12 128.06	0,0004697	0,006	238.80 119.40	0,0005617	0,006	238.80 119.40	0,00065415	0,007	261.96 130.98	
2	0,00112415	0,009	269.80 134.90	0,00150975	0,010	274.44 137.22	0,0019045	0,011	279.56 139.78	0,0023088	0,013	291.28 145.64	0,0027184	0,014	297.88 148.94	
3	0,0026188	0,013	291.28 145.64	0,0035862	0,016	313.52 156.26										

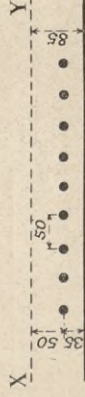
Portées	4000			4500			5000			6000			7000			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,0007215	0,007	261.96 130.98	0,0008406	0,008	265.64 132.82	0,0009346	0,008	265.64 132.82	0,00112415	0,009	269.80 134.90	0,00131585	0,010	274.44 137.22	

Portées	8000			9000			10000			11000			12000			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,00150475	0,010	274.44 137.22	0,001706	0,011	279.56 139.78	0,001914	0,011	279.56 139.78	0,0021054	0,012	285.16 142.58	0,0023088	0,013	291.20 145.60	



Portées	600			700			800			900			1000			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,0000835	0,003	327,30 <b>163,60</b> 331,12	0,0000974	0,003	327,20 <b>163,60</b> 331,12	0,0001114	0,003	327,20 <b>163,60</b> 331,12	0,00012535	0,003	327,20 <b>163,60</b> 331,12	0,0001531	0,004	328,90 <b>164,45</b> 333,80	
2	0,0003385	0,005	<b>165,56</b> 336,96	0,0003923	0,005	<b>165,56</b> 340,64	0,0004489	0,006	<b>166,90</b> 344,80	0,0005065	0,006	<b>165,56</b> 344,80	0,00056245	0,006	<b>166,90</b> 349,44	
3	0,00076285	0,007	<b>168,48</b> 349,44	0,0008426	0,008	<b>170,32</b> 354,56	0,0010231	0,009	<b>172,40</b> 359,28	0,00115435	0,009	<b>172,40</b> 364,00	0,0012864	0,010	<b>174,72</b> 368,72	
4	0,0013749	0,010	<b>174,72</b>	0,00161265	0,011	<b>177,28</b>	0,0019231	0,009	<b>172,40</b>	0,00223435	0,009	<b>172,40</b>	0,00254555	0,010	<b>174,72</b>	
<b>1500</b>																
2000																
1	0,0002093	0,004	328,90 <b>164,45</b> 340,64	0,0002795	0,005	331,12 <b>165,56</b> 344,80	0,00034995	0,005	331,12 <b>165,56</b> 349,44	0,0004206	0,006	333,80 <b>166,90</b> 354,00	0,00049145	0,006	333,80 <b>166,90</b> 358,64	
2	0,00084925	0,008	<b>170,32</b>	0,0011397	0,009	<b>172,40</b>	0,0014341	0,010	<b>174,72</b>	0,00172855	0,010	<b>177,28</b>	0,00202305	0,010	<b>179,84</b>	
<b>4000</b>																
4500																
1	0,00056245	0,006	333,80 <b>166,90</b>	0,0006339	0,007	336,96 <b>168,48</b>	0,00070545	0,007	336,96 <b>168,48</b>	0,00081925	0,008	340,64 <b>170,32</b>	0,00093305	0,008	340,64 <b>170,32</b>	
<b>8000</b>																
9000																
1	0,0011397	0,009	344,80 <b>172,40</b>	0,0012814	0,010	349,44 <b>174,72</b>	0,0014341	0,010	349,44 <b>174,72</b>	0,0015828	0,011	354,00 <b>177,28</b>	0,0017325	0,011	354,00 <b>177,28</b>	
<b>12000</b>																

F = 0<sup>m</sup>, 10



Poids du béton par m. q. = 212<sup>k</sup>50

Portées	100			200			300			400			500			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,000013	0,002	425,98 212,99	0,000025	0,002	425,98 212,99	0,0000375	0,002	427,20 213,60	0,00005	0,002	425,98 212,99	0,0000625	0,002	425,98 212,99	
2	0,00005	0,002	425,98 212,99	0,0001065	0,003	427,20 213,60	0,000143	0,003	427,20 213,60	0,000205	0,003	427,20 213,60	0,000251	0,004	428,90 214,45	

3	0,000113	0,003	427,20 213,60	0,000226	0,004	428,90 214,45	0,0003398	0,005	431,12 215,56	0,0004541	0,006	433,80 216,90	0,000569	0,006	433,80 216,90
4	0,000205	0,004	428,90 214,45	0,000403	0,006	433,80 216,90	0,0006475	0,007	436,96 218,48	0,000813	0,008	440,64 220,32	0,0010205	0,009	444,80 222,40
5	0,0003145	0,005	431,12 215,56	0,0006255	0,007	436,96 218,48	0,0009555	0,008	440,64 220,32	0,0012825	0,010	449,44 224,72	0,001614	0,011	454,56 227,28
6	0,0004041	0,006	433,80 216,90	0,0009172	0,008	440,64 220,32	0,001388	0,010	449,44 224,72	0,001869	0,011	454,56 227,28	0,002359	0,013	466,28 233,14
7	0,00062	0,007	436,96 218,48	0,0012565	0,009	440,64 220,32	0,0019095	0,012	460,16 230,08	0,002581	0,013	466,28 233,14	0,003272	0,015	479,96 239,98
8	0,0008347	0,008	440,64 220,32	0,001654	0,011	454,56 227,28	0,0025255	0,013	466,28 233,14	0,00343	0,015	479,96 239,98	0,004371	0,017	495,60 247,80
9	0,0010335	0,009	444,80 222,40	0,002113	0,012	460,16 230,08	0,0032435	0,015	479,96 239,98	0,004431	0,017	495,60 247,80	0,00568425	0,020	522,72 261,36
10	0,0012825	0,010	449,44 224,72	0,0026365	0,014	472,88 236,44	0,004073	0,017	495,60 247,80	0,0056	0,019	513,20 256,60	0,0072505	0,023	554,24 277,12
11	0,001561	0,010	449,44 224,72	0,003229	0,015	479,96 239,98	0,004991	0,018	504,16 252,08	0,0069785	0,022	543,24 266,60	0,009127	0,026	590,16 295,08
12	0,001869	0,011	454,56 227,28	0,003895	0,016	487,52 243,76	0,006118	0,020	522,72 261,36	0,008592	0,024	565,72 282,86	0,011408	0,027	603,08 301,54
13	0,0022085	0,012	460,16 230,08	0,004643	0,018	504,16 252,08	0,00737	0,022	543,24 266,60	0,010501	0,026	590,16 295,08			
14	0,002581	0,013	466,28 233,14	0,0054785	0,019	513,20 256,60	0,0088115	0,024	565,72 282,86	0,012764	0,029	630,44 315,22			
15	0,0029875	0,014	472,88 236,44	0,006412	0,021	532,72 266,36	0,010481	0,026	590,16 295,08						



F = 0<sup>m</sup>, 10

Portées	600			700			800			900			1000			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,000075	0,003	427,20	0,0000875	0,003	427,20	0,0001065	0,003	427,20	0,000113	0,003	427,20	0,000125	0,003	427,20	
2	0,000307	0,005	213,60	0,0003525	0,005	213,60	0,000403	0,006	213,60	0,0004541	0,006	213,60	0,000505	0,006	213,60	
3	0,0006845	0,007	431,12	0,0008045	0,008	431,12	0,0009172	0,008	431,12	0,0010335	0,009	431,12	0,001159	0,009	431,12	
4	0,00123	0,009	215,56	0,001441	0,010	215,56	0,001654	0,011	215,56	0,001869	0,011	215,56	0,0021225	0,012	215,56	
5	0,0018395	0,011	440,64	0,002291	0,013	440,64	0,0026365	0,014	440,64	0,0029875	0,014	440,64	0,0033435	0,015	440,64	
6	0,0028605	0,013	220,32	0,0033725	0,015	220,32	0,003895	0,016	220,32	0,004431	0,017	220,32	0,0049795	0,018	220,32	
7	0,0040015	0,016	444,80	0,004719	0,018	444,80	0,0054785	0,019	444,80	0,0062645	0,020	444,80	0,00708	0,022	444,80	
8	0,0053525	0,019	222,40	0,006379	0,021	222,40	0,007457	0,022	222,40	0,0085918	0,024	222,40	0,009793	0,025	222,40	
9	0,0070125	0,022	444,80	0,0084285	0,024	444,80	0,009948	0,026	444,80	0,0114515	0,027	444,80	0,0133915	0,030	444,80	
10	0,009034	0,024	222,40	0,0109875	0,027	222,40	0,013159	0,029	222,40	0,01515	0,029	222,40	0,01715	0,030	222,40	
11	0,011529	0,027	444,80	0,01515	0,027	444,80	0,01866	0,029	444,80	0,02240	0,029	444,80	0,02728	0,030	444,80	

F = 0<sup>m</sup>, 10

Portées	1500			2000			2500			3000			3500			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,000188	0,004	428,30	0,000251	0,004	428,30	0,0003145	0,005	431,12	0,000378	0,005	431,12	0,0004415	0,006	433,80	
2	0,0007615	0,007	436,96	0,0010205	0,009	444,80	0,0012825	0,010	449,44	0,0015474	0,010	449,44	0,001815	0,011	454,56	
3	0,001748	0,011	454,56	0,002359	0,013	466,28	0,0029875	0,014	472,88	0,003635	0,016	487,52	0,004296	0,017	495,60	
4	0,0032005	0,015	470,96	0,004370	0,017	495,60	0,005605	0,019	513,20	0,0069115	0,021	532,72	0,008302	0,023	554,24	
5	0,005315	0,019	513,20	0,0072505	0,023	554,24	0,0097955	0,023	554,24	0,0120395	0,028	616,52	0,0149745	0,031	659,82	
6	0,007946	0,023	554,24	0,011408	0,027	603,08	0,0150755	0,023	554,24	0,0190395	0,028	616,52	0,0249745	0,031	659,82	
7	0,01172	0,028	616,52	0,01408	0,027	603,08	0,0190755	0,023	554,24	0,0280395	0,028	616,52	0,0389745	0,031	659,82	
			308,26			301,54			277,12			277,12			329,91	

F = 0<sup>m</sup>, 10

64

Portées	4000			4500			5000			5500			6000			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,000505	0,006	433,80	0,000569	0,006	433,80	0,0006255	0,007	436,96	0,000697	0,007	436,96	0,0007615	0,007	436,96	
2	0,0021225	0,012	460,16	0,002359	0,012	460,16	0,0026365	0,014	472,88	0,002917	0,014	472,88	0,0032005	0,015	479,96	
3	0,0049795	0,018	504,16	0,0056895	0,020	522,72	0,006612	0,021	532,72	0,0071655	0,022	543,24	0,007946	0,023	554,24	
4	0,0091585	0,025	577,68	0,011408	0,027	603,08	0,013159	0,029	630,44	0,01655	0,029	630,44	0,017655	0,029	630,44	
			288,84			301,54			315,22			271,62			277,12	
			252,08			281,36			266,36			236,44			239,98	
			230,08			230,08			236,44			236,44			239,98	
			216,90			216,90			218,48			218,48			218,48	
			433,80			433,80			436,96			436,96			436,96	

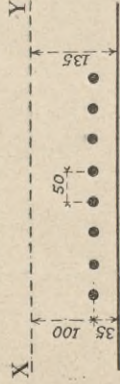
F = 0<sup>m</sup>,10

Portées	6500			7000			7500			8000			8500			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,000826	0,008	440,64	0,000891	0,008	440,64	0,000955	0,008	440,64	0,0010305	0,009	444,80	0,001086	0,009	444,80	
2	0,0034875	0,015	479,96	0,0037785	0,016	487,52	0,004073	0,017	495,60	0,004371	0,017	495,60	0,004673	0,018	504,16	
3	0,0087565	0,024	565,72	0,0096005	0,025	577,68	0,010481	0,026	590,16	0,011408	0,027	603,08	0,012371	0,029	630,44	
			282,83			288,84			295,08			301,54			315,22	

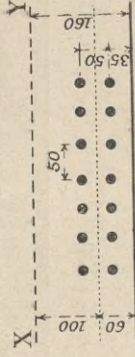
Portées	9000			9500			10000			11000			12000			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,001159	0,009	444,80	0,001225	0,009	444,80	0,0012829	0,010	449,44	0,00141465	0,010	449,44	0,0017025	0,011	454,56	
2	0,004975	0,018	504,16	0,005291	0,019	513,20	0,005605	0,019	513,20	0,00624	0,020	522,72	0,0069115	0,021	532,72	
3	0,0133915	0,030	644,88	0,01488	0,030	644,88	0,015605	0,030	644,88	0,016624	0,030	661,36	0,01736	0,030	661,36	
			322,44			322,44			256,60			256,60			266,36	
			222,40			222,40			224,72			224,72			227,28	

F = 0<sup>m</sup>,20

20 barres par 1<sup>m</sup>



40 barres par 1<sup>m</sup>



Poids du béton par m. q. = 337-kg,50

Poids du béton par m. q. = 400kg

Portées	100			200			300			400			500			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,000005	0,001	675,24 337,62	0,00001250	0,001	675,24 337,62	0,000019	0,002	675,98 337,99	0,000025	0,002	675,98 337,99	0,000031	0,002	675,98 337,99	
2	0,000025	0,002	675,98 337,99	0,00005	0,002	675,98 337,99	0,000075	0,003	677,20 338,60	0,0001	0,003	677,20 338,60	0,000110	0,003	677,20 338,60	

3	0,0000565	0,002	675,80 337,90	0,0001125	0,003	677,20 338,60	0,000160	0,004	678,90 339,45	0,0002255	0,004	678,90 339,45	0,000284	0,005	681,12 340,56
4	0,0001	0,003	677,20 338,60	0,0002	0,004	678,90 339,45	0,000301	0,005	681,12 340,56	0,0004015	0,006	683,80 341,90	0,0005025	0,006	683,80 341,90
5	0,0001565	0,004	678,90 339,45	0,0003135	0,005	681,12 340,56	0,000471	0,006	683,80 341,90	0,000629	0,007	686,96 343,48	0,0007875	0,008	690,64 345,32
6	0,0002255	0,004	678,90 339,45	0,000452	0,006	683,80 341,90	0,0006795	0,007	686,96 343,48	0,000908	0,008	690,64 345,32	0,001138	0,009	694,80 347,40
7	0,000308	0,005	681,12 340,56	0,000613	0,007	686,96 343,48	0,0009275	0,008	690,64 345,32	0,0012425	0,009	694,80 347,40	0,001555	0,010	699,44 349,72
8	0,0004015	0,006	683,80 341,90	0,0008285	0,008	686,96 343,48	0,0012145	0,009	690,64 345,32	0,0016265	0,011	694,80 347,40	0,0020415	0,012	704,56 352,28
9	0,0005085	0,006	683,80 341,90	0,00102	0,009	686,96 343,48	0,0015875	0,010	690,64 345,32	0,0020675	0,012	694,80 347,40	0,002592	0,013	710,16 355,08
10	0,000629	0,007	686,96 343,48	0,001266	0,009	686,96 343,48	0,0019115	0,011	690,64 345,32	0,0024995	0,013	694,80 347,40	0,003228	0,015	716,28 358,14
11	0,000762	0,007	686,96 343,48	0,001536	0,010	690,64 345,32	0,0022225	0,013	694,80 347,40	0,0031117	0,015	699,44 349,72	0,003934	0,016	720,96 364,98
12	0,000908	0,008	690,64 345,32	0,0018335	0,011	694,80 347,40	0,0023225	0,014	699,44 349,72	0,003738	0,016	704,56 352,28	0,004719	0,018	729,96 368,76
13	0,0010675	0,009	694,80 347,40	0,002159	0,012	699,44 349,72	0,002765	0,015	704,56 352,28	0,004175	0,017	709,96 354,96	0,005110	0,019	737,52 372,80
14	0,0012425	0,009	694,80 347,40	0,0025125	0,013	699,44 349,72	0,003275	0,016	704,56 352,28	0,005162	0,019	709,96 354,96	0,006544	0,021	745,60 381,60
15	0,0014265	0,010	699,44 349,72	0,0028955	0,014	699,44 349,72	0,0044545	0,017	709,96 354,96	0,007591	0,020	716,28 358,14	0,009591	0,022	772,80 386,62

Portées	600			700			800			900			1000			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,0000375	0,002	675,98 337,99	0,0000435	0,002	675,98 337,99	0,00005	0,002	675,98 337,99	0,0000565	0,002	675,98 337,99	0,0000585	0,002	675,98 337,99	
2	0,00015	0,003	677,30 338,60	0,000175	0,004	678,90 339,45	0,0002	0,004	678,90 339,45	0,0002255	0,004	678,90 339,45	0,0002455	0,004	678,90 339,45	
3	0,00034	0,005	681,12 340,56	0,000395	0,006	683,80 341,90	0,000452	0,006	683,80 341,90	0,0005085	0,006	683,80 341,90	0,0005655	0,006	683,80 341,90	
4	0,0006075	0,007	686,96 343,48	0,000705	0,007	689,44 344,72	0,0008285	0,008	689,44 344,72	0,000908	0,008	689,44 344,72	0,00101	0,008	689,44 344,72	
5	0,0009465	0,008	690,64 345,32	0,001106	0,009	694,80 347,40	0,001266	0,010	694,80 347,40	0,0014265	0,010	694,80 347,40	0,0015875	0,011	694,80 347,40	
6	0,0013685	0,010	699,44 349,72	0,0016005	0,011	704,56 352,28	0,0018335	0,011	704,56 352,28	0,0020675	0,012	704,56 352,28	0,0023025	0,012	704,56 352,28	
7	0,001875	0,011	716,28 358,14	0,002191	0,012	722,88 358,14	0,0025125	0,013	722,88 358,14	0,002836	0,014	722,88 358,14	0,0031615	0,015	722,88 358,14	
8	0,00246	0,013	729,96 364,98	0,0028825	0,014	737,52 368,76	0,003308	0,015	737,52 368,76	0,003738	0,016	737,52 368,76	0,0041715	0,017	737,52 368,76	
9	0,003135	0,015	737,52 368,76	0,0036775	0,016	745,60 372,80	0,0042485	0,017	745,60 372,80	0,0047835	0,018	745,60 372,80	0,005343	0,019	745,60 372,80	
10	0,0039	0,016	754,16 377,08	0,0045815	0,018	763,20 381,60	0,005273	0,019	763,20 381,60	0,0059785	0,020	763,20 381,60	0,0066875	0,021	763,20 381,60	
11	0,0047605	0,018	772,60 386,30	0,005674	0,020	783,92 391,96	0,006458	0,021	783,92 391,96	0,0073305	0,022	783,92 391,96	0,0082195	0,023	783,92 391,96	
12	0,005724	0,020	783,92 391,96	0,0067445	0,021	793,24 402,12	0,007785	0,022	793,24 402,12	0,008862	0,024	793,24 402,12	0,0100875	0,026	793,24 402,12	
13	0,0067875	0,021	804,24 403,26	0,0080075	0,023	815,72 407,86	0,0092855	0,025	815,72 407,86	0,010588	0,026	815,72 407,86	0,011929	0,028	815,72 407,86	
14	0,007756	0,022	827,68 413,84	0,00947	0,025	839,68 418,84	0,0109565	0,027	839,68 418,84	0,012529	0,029	839,68 418,84	0,0141605	0,030	839,68 418,84	
15	0,0092705	0,025	847,44 426,54	0,011012	0,027	860,44 430,22	0,012821	0,029	860,44 430,22	0,0147155	0,032	860,44 430,22	0,0166945	0,034	860,44 430,22	
			1081,44 540,72			1036,48 518,24			1036,48 518,24			1036,48 518,24			1081,44 540,72	

Portées	1500			2000			2500			3000			3500			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,000095	0,003	677,20	0,000125	0,003	678,90	0,0001565	0,004	678,90	0,000188	0,004	678,90	0,000219	0,004	678,90	
2	0,0003765	0,005	338,60	0,0005025	0,006	339,45	0,000629	0,007	339,45	0,000883	0,008	339,45	0,001138	0,010	339,45	
3	0,000851	0,008	681,12	0,001138	0,009	683,80	0,0014265	0,010	686,96	0,001719	0,011	686,96	0,00202	0,012	686,96	
4	0,001523	0,010	340,56	0,0020115	0,012	341,90	0,002565	0,013	343,48	0,003095	0,015	343,48	0,00363	0,016	343,48	
5	0,002401	0,013	690,64	0,003228	0,015	694,80	0,0040695	0,017	699,44	0,004926	0,018	704,56	0,0057985	0,020	710,16	
6	0,003498	0,015	345,32	0,004719	0,018	347,40	0,005975	0,020	349,72	0,007265	0,021	352,28	0,008592	0,024	355,08	
7	0,004895	0,018	699,44	0,006544	0,021	710,16	0,008366	0,024	716,28	0,0101905	0,026	729,96	0,012797	0,029	737,52	
8	0,0064015	0,021	349,72	0,008742	0,024	355,08	0,0112095	0,027	358,14	0,0138225	0,030	364,98	0,0157985	0,030	368,76	
9	0,008756	0,024	729,96	0,011364	0,027	729,96	0,013095	0,029	745,60	0,0159225	0,030	754,16	0,019797	0,029	772,60	
10	0,010424	0,026	358,14	0,014002	0,030	364,98	0,017155	0,032	372,80	0,0218348	0,035	377,08	0,023365	0,027	386,30	
11	0,012948	0,029	694,80	0,01685	0,026	704,56	0,019095	0,025	720,60	0,02426	0,028	737,52	0,028365	0,027	754,16	
12	0,0158915	0,023	347,40	0,019685	0,026	352,28	0,023575	0,029	358,14	0,028365	0,028	364,98	0,03365	0,027	372,60	
13	0,0193445	0,026	704,56	0,023575	0,029	716,28	0,028365	0,029	729,96	0,03365	0,028	745,60	0,0426	0,027	772,60	
14	0,02344	0,028	352,28	0,028365	0,028	358,14	0,03365	0,029	364,98	0,0426	0,028	372,80	0,05152	0,027	386,30	
			1058,48			1036,48			1105,36			1105,36			1058,48	
			529,24			518,24			518,24			518,24			529,24	
			1130,32			1105,36			1105,36			1183,04			1156,16	
			565,16			605,44			605,44			591,52			578,08	
			1183,04			1210,88			1210,88			1183,04			1156,16	
			591,52			605,44			605,44			591,52			578,08	

F = 0<sup>m</sup>,20

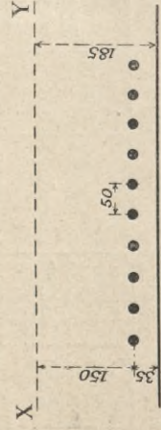
70

Portées	4000			4500			5000			5500			6000			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,0002455	0,004	678,90 359,45	0,000282	0,005	681,12 340,56	0,0003135	0,005	681,12 340,56	0,0003455	0,005	681,12 340,56	0,0003765	0,005	681,12 340,56	
2	0,000101	0,008	690,64 345,32	0,001138	0,009	694,80 347,40	0,001266	0,009	694,80 347,40	0,001394	0,010	699,44 349,72	0,001525	0,010	699,44 349,72	
3	0,0003025	0,012	710,16 355,08	0,002598	0,013	716,28 358,14	0,0028955	0,014	722,88 361,44	0,0031945	0,015	729,96 364,98	0,003496	0,015	730,06 364,98	
4	0,0041715	0,017	765,60 372,80	0,004719	0,018	754,16 377,08	0,005273	0,019	763,20 381,60	0,0058335	0,020	772,60 386,30	0,006401	0,021	783,92 391,36	
5	0,0068305	0,021	810,16 420,08	0,007591	0,022	793,24 396,62	0,0085175	0,024	815,72 407,86	0,0094605	0,025	827,68 413,84	0,010355	0,026	840,16 420,08	
6	0,0100875	0,026	840,08 447,44	0,011364	0,027	853,08 426,54	0,012245	0,029	880,44 440,22	0,0128245	0,029	880,44 440,22	0,01365	0,026	880,44 440,22	
7	0,0141605	0,030	894,88 447,44	0,016291	0,023	1058,48 529,24	0,018536	0,025	1105,36 552,68	0,0143305	0,022	1036,48 518,24	0,0158915	0,023	1058,48 529,24	
8	0,0195855	0,025	1105,36 552,68	0,022865	0,027	1156,16 578,08	0,0263195	0,029	1105,36 552,68	0,020912	0,026	1130,32 565,16	0,021873	0,027	1156,16 578,08	
9	0,0268335	0,030	1259,76 619,83	0,022865	0,027	1156,16 578,08	0,0263195	0,029	1105,36 552,68	0,020912	0,026	1130,32 565,16	0,021873	0,027	1156,16 578,08	



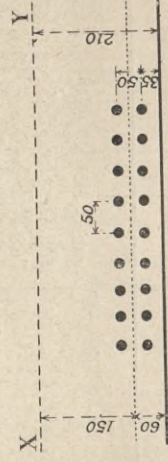
Portées	6500			7000			7500			8000			8500			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,000408	0,006	683,80 341,90	0,0004395	0,006	683,80 341,90	0,000471	0,006	683,80 341,90	0,0005025	0,006	683,80 341,90	0,000534	0,006	683,80 341,90	
2	0,001652	0,011	704,56 352,28	0,001784	0,011	705,56 352,28	0,0019115	0,011	705,56 352,28	0,0020415	0,012	710,16 355,08	0,002172	0,012	710,16 355,08	
3	0,0037985	0,016	737,52 368,76	0,004103	0,017	745,60 372,80	0,0044545	0,017	745,60 372,80	0,004719	0,018	754,16 377,08	0,005035	0,018	754,16 377,08	
4	0,006975	0,022	793,24 396,62	0,007556	0,022	804,24 396,62	0,008145	0,023	804,24 402,12	0,008742	0,024	815,72 407,86	0,009365	0,023	804,24 402,12	
5	0,011408	0,027	853,08 426,54	0,012415	0,029	880,44 440,22	0,0134455	0,030	894,88 447,44	40 barres		1036,48 518,24	40 barres		1058,48 529,24	
6	0,017513	0,024	1081,44 540,72	0,0192005	0,025	1105,36 552,68	0,020462	0,026	1130,32 565,16	0,014501	0,022		0,0155835	0,023		
7	0,026147	0,029	1210,88 605,44													
9000																
9500																
10000																
11000																
12000																
1	0,0005655	0,006	683,80 341,90	0,0005975	0,007	686,96 343,48	0,000629	0,007	686,96 343,48	0,000692	0,007	686,96 343,48	0,0007555	0,007	686,96 343,48	
2	0,0022025	0,012	710,16 355,08	0,0024335	0,013	716,28 358,14	0,0025655	0,013	716,28 358,14	0,002829	0,014	722,88 361,44	0,003095	0,015	729,96 364,98	
3	0,005343	0,019	763,20 381,60	0,005658	0,019	763,20 381,60	0,005975	0,020	768,60 384,30	0,006655	0,021	782,72 391,36	0,007265	0,021	782,72 391,36	
4	0,0100875	0,026	840,16 420,08	0,01058	0,026	840,16 420,08	0,01121	0,027	853,08 426,54	0,0124965	0,029	880,44 440,22	0,0138225	0,030	894,88 447,44	
5	0,0166945	0,024	1081,44 540,72	0,017836	0,024	1081,44 540,72	0,01901	0,025	1105,36 552,68	0,0214655	0,027	1156,16 578,08	0,02426	0,028	1183,04 591,52	

20 barres par 1<sup>m</sup>



Poids du béton par m. q. = 462kg,50

40 barres par 1<sup>m</sup>



Poids du béton par m. q. = 525kg

Portées	100			200			300			400			500		
	Surface métallique	Poids 20 barres	Poids	Surface métallique	Poids 20 barres	Poids	Surface métallique	Poids 20 barres	Poids	Surface métallique	Poids 20 barres	Poids	Surface métallique	Poids 20 barres	Poids
1	0,000004	0,001	925,24 462,62	0,000085	0,001	925,24 462,62	0,0000125	0,001	925,24 462,62	0,0000165	0,002	927,20 462,99	0,000021	0,002	927,20 462,99
2	0,0000165	0,002	925,98 462,99	0,000036	0,002	925,98 462,99	0,00005	0,002	925,98 462,99	0,0000665	0,003	927,20 463,60	0,0000835	0,003	927,20 463,60

3	0,000033	0,002	925,98 462,99	0,000075	0,003	927,20 463,60	0,0001125	0,003	927,20 463,60	0,00015	0,004	928,90 464,45	0,0001875	0,004	928,90 464,45
4	0,0000665	0,003	927,20 463,60	0,0001335	0,003	927,20 463,60	0,0002	0,004	928,90 464,45	0,000267	0,005	931,12 465,56	0,000334	0,005	931,12 465,56
5	0,0001045	0,003	927,20 463,60	0,0002085	0,004	927,20 463,60	0,000313	0,005	931,12 465,56	0,000418	0,006	933,80 466,90	0,0005225	0,006	933,80 466,90
6	0,00015	0,004	928,90 464,45	0,0003005	0,005	931,12 465,56	0,0004565	0,006	936,96 468,48	0,0006025	0,007	940,64 470,32	0,000759	0,007	940,64 470,32
7	0,0002065	0,004	928,90 464,45	0,000412	0,006	933,80 466,90	0,000619	0,007	940,64 470,32	0,0008335	0,008	944,80 472,40	0,001028	0,009	944,80 472,40
8	0,000297	0,005	931,12 465,56	0,000535	0,006	936,96 468,48	0,0008045	0,008	944,80 472,40	0,0010745	0,009	949,44 474,72	0,0013455	0,010	949,44 474,72
9	0,000338	0,005	936,96 468,48	0,000678	0,007	940,64 470,32	0,0010195	0,009	944,80 472,40	0,0013685	0,010	954,56 477,28	0,001707	0,011	954,56 477,28
10	0,000418	0,006	933,80 466,90	0,000838	0,008	940,64 470,32	0,0012605	0,009	944,80 472,40	0,0016855	0,011	960,16 480,08	0,002113	0,012	960,16 480,08
11	0,000491	0,006	936,96 468,48	0,001015	0,008	944,80 472,40	0,001528	0,010	954,56 477,28	0,0021405	0,012	966,28 483,14	0,0025645	0,013	966,28 483,14
12	0,0006025	0,007	940,64 470,32	0,001213	0,009	944,80 472,40	0,001822	0,011	960,16 480,08	0,0024305	0,013	972,88 489,98	0,003161	0,015	972,88 489,98
13	0,0007075	0,007	944,80 472,40	0,001422	0,010	949,44 474,72	0,002143	0,012	966,28 483,14	0,002875	0,014	979,96 489,98	0,003719	0,016	979,96 489,98
14	0,0008335	0,008	949,44 474,72	0,0016525	0,011	954,56 477,28	0,002491	0,013	966,28 483,14	0,0033405	0,015	987,52 493,76	0,0042	0,017	987,52 493,76
15	0,0009435	0,008	940,64 470,32	0,001899	0,011	954,56 477,28	0,002817	0,014	972,88 489,98	0,0038475	0,016	1004,16 502,08	0,004842	0,018	1004,16 502,08

Portées	600			700			800			900			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,0000255	0,002	925,98 462,99	0,000029	0,002	925,98 462,99	0,0000335	0,002	925,98 462,99	0,0000375	0,002	925,98 462,99	1
2	0,0001	0,003	927,20 463,60	0,0001165	0,003	927,20 463,60	0,0001335	0,003	927,20 463,60	0,00015	0,004	928,90 464,45	2
3	0,0002255	0,004	928,90 464,45	0,000263	0,004	928,90 464,45	0,0003005	0,005	931,12 465,56	0,000338	0,005	931,12 465,56	3
4	0,000401	0,006	933,80 466,90	0,000468	0,006	933,80 466,90	0,000525	0,006	933,80 466,90	0,0006035	0,007	936,96 468,48	4
5	0,0006275	0,007	936,96 468,48	0,0007325	0,007	936,96 468,48	0,000838	0,008	940,64 470,32	0,0009435	0,008	940,64 470,32	5
6	0,0009055	0,008	940,64 470,32	0,0010575	0,009	944,80 472,40	0,001213	0,009	944,80 472,40	0,0013625	0,009	944,80 472,40	6
7	0,001235	0,009	944,80 472,40	0,001443	0,010	949,44 474,72	0,0016525	0,011	954,56 477,28	0,0018605	0,011	954,56 477,28	7
8	0,0016175	0,011	954,56 477,28	0,001905	0,012	960,16 480,08	0,0021645	0,012	960,16 480,08	0,0024305	0,013	966,28 483,14	8
9	0,002053	0,012	960,16 480,08	0,0023895	0,013	966,28 483,14	0,00275	0,014	972,88 486,44	0,003101	0,015	972,88 486,44	9
10	0,002543	0,013	966,28 483,14	0,002975	0,014	972,88 486,44	0,00341	0,015	979,96 489,98	0,003848	0,017	979,96 489,98	10
11	0,003088	0,015	979,96 489,98	0,003861	0,016	987,52 493,76	0,004147	0,017	995,60 497,80	0,004682	0,018	1004,16 502,08	11
12	0,0036405	0,016	987,52 493,76	0,0043235	0,017	995,60 497,80	0,004965	0,018	1004,16 502,08	0,005607	0,019	1013,20 506,60	12
13	0,004355	0,017	995,60 497,80	0,0051005	0,019	1013,20 506,60	0,0058905	0,020	1022,72 511,36	0,006726	0,021	1032,72 516,36	13
14	0,0050695	0,018	1004,16 502,08	0,006011	0,020	1022,72 511,36	0,0068405	0,021	1032,72 516,36	0,007743	0,023	1054,24 527,12	14
15	0,0056	0,019	1013,20 506,60	0,006873	0,021	1032,72 516,36	0,007905	0,023	1054,24 527,12	0,0089625	0,024	1065,72 532,86	15

Portées	1000			1500			2000			2500			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,0000415	0,002	925,98 <b>462,99</b> 928,90	0,0000685	0,003	927,20 <b>463,60</b> 931,12	0,0000835	0,003	927,20 <b>463,60</b> 931,12	0,0001045	0,003	927,20 <b>463,60</b> 931,12	1
2	0,000167	0,004	464,45 <b>465,56</b> 931,12	0,000235	0,005	465,56 <b>465,56</b> 933,80	0,000334	0,005	465,56 <b>465,56</b> 936,96	0,000418	0,006	466,90 <b>466,90</b> 940,64	2
3	0,000376	0,005	465,56 <b>468,88</b> 944,80	0,0005645	0,006	466,90 <b>468,90</b> 944,80	0,000754	0,007	468,48 <b>468,48</b> 949,44	0,0009435	0,008	470,32 <b>470,32</b> 954,56	3
4	0,0006695	0,007	472,40 <b>474,72</b> 949,44	0,001007	0,009	472,40 <b>474,40</b> 949,44	0,0013145	0,010	474,72 <b>474,72</b> 960,16	0,0016855	0,011	477,28 <b>477,28</b> 972,88	4
5	0,001049	0,009	474,72 <b>479,96</b> 960,16	0,0014645	0,010	474,72 <b>477,72</b> 966,28	0,002118	0,012	480,08 <b>480,08</b> 979,96	0,002651	0,014	486,44 <b>486,44</b> 987,52	5
6	0,0015655	0,010	474,72 <b>480,08</b> 960,16	0,0022845	0,013	483,14 <b>489,98</b> 979,96	0,003161	0,015	489,98 <b>489,98</b> 995,60	0,0038475	0,016	493,76 <b>493,76</b> 1013,20	6
7	0,00207	0,012	486,44 <b>489,98</b> 970,96	0,003126	0,015	489,98 <b>497,80</b> 1013,20	0,0042	0,017	497,80 <b>497,80</b> 1032,72	0,0052285	0,019	506,60 <b>506,60</b> 1032,72	7
8	0,0027155	0,014	489,98 <b>497,80</b> 970,96	0,0041115	0,017	497,80 <b>506,60</b> 1032,72	0,005535	0,019	506,60 <b>506,60</b> 1032,72	0,006987	0,021	516,36 <b>516,36</b> 1032,72	8
9	0,003450	0,015	497,80 <b>502,06</b> 1004,16	0,0052435	0,019	506,60 <b>506,60</b> 1032,72	0,007079	0,022	521,62 <b>521,62</b> 1073,72	0,00913	0,025	538,84 <b>538,84</b> 1103,08	9
10	0,004288	0,017	502,06 <b>511,36</b> 1022,72	0,00653	0,021	516,36 <b>516,36</b> 1043,24	0,0088445	0,024	536,86 <b>536,86</b> 1103,08	0,012375	0,027	551,54 <b>551,54</b> 1144,88	10
11	0,0052215	0,018	511,36 <b>521,62</b> 1043,24	0,0074645	0,022	521,62 <b>521,62</b> 1077,68	0,010849	0,027	551,54 <b>551,54</b> 1130,44	0,0138425	0,030	572,44 <b>572,44</b> 1331,44	11
12	0,0062575	0,020	521,62 <b>532,86</b> 1065,72	0,0096015	0,025	538,84 <b>538,84</b> 1103,00	0,013113	0,029	565,22 <b>565,22</b> 1308,48	0,0168145	0,030	665,72 <b>665,72</b> 1380,32	12
13	0,007401	0,022	532,86 <b>545,08</b> 1090,16	0,011408	0,027	551,50 <b>551,50</b> 1144,88	0,0156615	0,023	654,24 <b>654,24</b> 1331,44	0,020203	0,026	690,16 <b>690,16</b> 1433,04	13
14	0,0086565	0,024	545,08 <b>545,08</b> 1090,16	0,013114	0,030	572,44 <b>572,44</b> 1308,48	0,0179275	0,024	703,08 <b>703,08</b> 1406,16	0,0240765	0,028	716,52 <b>716,52</b> 1508,66	14
15	0,010031	0,026	545,08 <b>545,08</b> 1090,16	0,0156355	0,033	654,24 <b>654,24</b> 1308,48	0,0218785	0,027	703,08 <b>703,08</b> 1406,16	0,0285075	0,031	754,33 <b>754,33</b> 1508,66	15



$$F = 0^m, 30$$

Portées	5000			5500			6000			6500			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,0002085	0,004	928,90 464,45	0,0002295	0,004	928,90 464,45	0,0002355	0,005	931,12 465,56	0,0002725	0,005	931,12 465,56	1
2	0,000838	0,008	940,64 470,32	0,0009225	0,008	940,64 470,32	0,001007	0,009	944,80 472,40	0,0010915	0,009	944,80 472,40	2
3	0,001899	0,011	954,56 477,28	0,0020915	0,012	960,16 480,08	0,0022845	0,013	966,28 483,14	0,002478	0,013	966,28 483,14	3
4	0,00341	0,015	979,96 489,98	0,0037605	0,016	987,52 493,76	0,0041115	0,017	995,60 497,80	0,004465	0,017	995,60 497,80	4
5	0,0054035	0,019	1013,20 506,60	0,0060735	0,020	1022,72 511,36	0,00652	0,021	1032,72 516,36	0,007153	0,022	1043,24 521,62	5
6	0,00791	0,023	1054,24 527,12	0,008750	0,024	1065,72 532,86	0,0096015	0,025	1077,68 538,84	0,010403	0,026	1090,16 545,08	6
7	0,011	0,027	1103,08 551,54	0,0121935	0,029	1130,44 565,22	0,013414	0,030	1144,88 572,44		40 barres		7
8	0,014733	0,022	1286,48 643,24	0,0164545	0,023	1308,48 654,24	0,0183615	0,025	1355,36 677,68	0,014656	0,022	1386,48 690,16	8
9	0,0192365	0,025	1355,16 677,58	0,0214675	0,027	1406,16 703,08	0,0238375	0,028	1433,04 716,52	0,020142	0,026	1461,12 730,56	9
10	0,0246675	0,029	1461,12 730,56	0,0277255	0,030	1489,76 744,88							10

$$F = 0^m, 30$$

Portées	7000			7500			8000			8500			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,000202	0,005	931.12 465.56	0,000313	0,005	931.12 465.56	0,000334	0,005	931.12 465.56	0,00035	0,005	931.12 465.56	1
2	0,001176	0,009	914.80 472.40	0,001265	0,009	914.80 472.40	0,001355	0,010	919.14 474.72	0,00143	0,012	960.16 480.08	2
3	0,0026725	0,014	972.88 486.44	0,002817	0,014	972.88 486.44	0,003161	0,015	979.96 489.98	0,003219	0,015	979.96 489.98	3
4	0,00482	0,018	1004.16 502.08	0,0051765	0,019	1013.20 506.60	0,005535	0,019	1013.20 506.60	0,0058955	0,020	1022.72 511.33	4
5	0,007678	0,023	1054.24 527.12	0,008259	0,023	1054.24 527.12	0,0088415	0,024	1065.72 532.86	0,0094395	0,025	1077.68 538.84	5
6	0,011355	0,027	1103.08 551.54	0,0012218	0,028	1116.52 558.26	0,013013	0,029	1130.44 565.22	40 barres	40 barres	1286.48 643.24	6
7	0,015922	0,023	1368.48 654.24	0,017212	0,024	1331.44 665.72	0,0185275	0,025	1355.16 677.58	0,014195	0,022	1355.16 677.58	7
8	0,021638	0,027	1406.16 703.08	0,023485	0,028	1433.04 716.52	0,025388	0,029	1461.12 730.56	0,0192455	0,025	1489.76 744.88	8

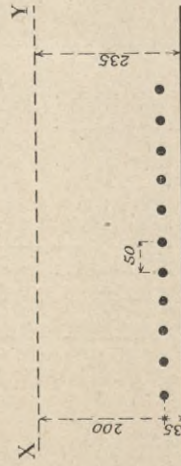
F = 0<sup>m</sup>,30

Portées	9000			9500			10000			11000			12000			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,000376	0,005	931,12 465,56	0,000397	0,006	933,80 466,90	0,000418	0,006	933,80 466,90	0,00046	0,006	933,80 466,90	0,000515	0,006	933,80 466,90	
2	0,0015155	0,010	949,44 474,72	0,0016005	0,011	954,56 477,28	0,0016855	0,011	954,56 477,28	0,001856	0,011	954,56 477,28	0,002027	0,012	954,56 483,14	
3	0,003459	0,015	979,96 489,98	0,00365	0,016	987,52 493,76	0,0038475	0,016	987,52 493,76	0,004244	0,017	995,60 497,80	0,004642	0,018	1016,16 508,08	
4	0,0062575	0,020	1022,72 511,36	0,00661	0,021	1032,72 516,36	0,006987	0,021	1032,72 516,36	0,007245	0,023	1054,24 527,12	0,008469	0,024	1065,72 532,86	
5	0,010031	0,026	1090,16 545,08	0,010685	0,027	1103,08 551,54	0,0112375	0,027	1103,08 551,54	0,0124655	0,029	1130,44 565,22	40 barres	40 barres	1286,48 643,24	
6	0,0149385	0,032	1286,48 643,24	0,01587	0,033	1308,48 654,24	0,0168445	0,034	1331,44 665,72	40 barres	40 barres	1355,36 677,68	0,014342	0,022	1380,32 690,16	
7	0,021244	0,027	1406,16 703,08	0,022937	0,028	1433,04 716,52	0,0240765	0,028	1433,04 716,52	0,02704	0,030	1489,76 744,88	0,0202284	0,026	1586,48 790,72	



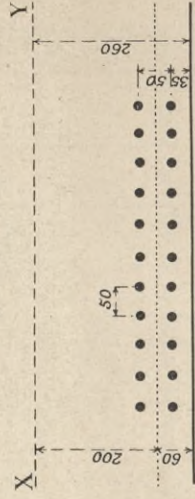
F = 0<sup>m</sup>,40

20 barres par 1<sup>m</sup>



Poids du béton par m. q. = 587-kg,50

40 barres par 1<sup>m</sup>



Poids du béton par m. q. = 650kg

Portées	100			200			300			400			500			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,000003	0,001	1175,24 587,62	0,000006	0,001	1175,24 587,62	0,000005	0,001	1175,24 587,62	0,000125	0,001	1175,24 587,62	0,000115	0,001	1175,24 587,62	
2	0,0000125	0,001	1175,24 587,62	0,000025	0,002	1175,24 587,99	0,0000375	0,002	1175,24 587,99	0,00005	0,002	1175,24 587,99	0,000065	0,003	1177,20 588,60	

3	0,000028	0,002	1175,98 587,99	0,000056	0,002	1175,98 587,99	0,000081	0,003	1177,20 588,60	0,000125	0,003	1177,20 588,60	0,0001405	0,003	1177,20 588,60
4	0,00005	0,002	1175,98 587,99	0,0001	0,003	1179,90 589,45	0,00015	0,004	1179,90 589,45	0,000185	0,004	1179,90 589,45	0,0002505	0,004	1179,90 589,45
5	0,000078	0,003	1177,20 588,60	0,0001565	0,004	1179,90 589,45	0,0002345	0,004	1179,90 589,45	0,000313	0,005	1181,12 590,56	0,0003915	0,005	1181,12 590,56
6	0,000152	0,003	1177,20 588,60	0,0002255	0,004	1179,90 589,45	0,0003375	0,005	1179,90 589,45	0,000449	0,006	1183,80 591,90	0,000564	0,006	1183,80 591,90
7	0,0002535	0,004	1181,12 590,56	0,000307	0,005	1181,12 590,56	0,0004367	0,006	1181,12 590,56	0,0006145	0,007	1186,96 593,48	0,0007685	0,007	1186,96 593,48
8	0,000379	0,004	1181,12 590,56	0,0003975	0,005	1183,80 591,90	0,0006025	0,007	1183,80 591,90	0,0008015	0,008	1190,64 595,32	0,001005	0,008	1190,64 595,32
9	0,000533	0,005	1181,12 590,56	0,0005075	0,006	1186,96 593,48	0,000815	0,008	1186,96 593,48	0,0010175	0,009	1194,80 597,40	0,001283	0,010	1194,80 597,40
10	0,0006313	0,005	1181,12 590,56	0,000627	0,007	1186,96 593,48	0,000942	0,008	1186,96 593,48	0,001275	0,009	1194,80 597,40	0,001575	0,011	1204,56 602,28
11	0,00079	0,005	1183,80 591,90	0,000759	0,007	1186,96 593,48	0,001144	0,009	1186,96 593,48	0,001524	0,010	1194,80 597,40	0,001909	0,012	1210,16 605,08
12	0,000949	0,006	1183,80 591,90	0,000905	0,008	1190,64 595,32	0,001359	0,010	1190,64 595,32	0,0018165	0,011	1204,56 602,28	0,002276	0,013	1216,28 608,14
13	0,000995	0,006	1183,80 591,90	0,0011615	0,009	1194,80 597,40	0,0016125	0,011	1194,80 597,40	0,002135	0,012	1210,16 605,08	0,0026765	0,014	1222,88 611,44
14	0,000615	0,007	1186,96 593,48	0,0012325	0,009	1194,80 597,40	0,0018545	0,011	1194,80 597,40	0,0024805	0,013	1216,28 608,14	0,0031105	0,015	1229,96 614,98
15	0,0007555	0,007	1186,96 593,48	0,001416	0,010	1199,44 599,72	0,002132	0,012	1199,44 599,72	0,002853	0,014	1232,88 611,44	0,0035795	0,016	1237,52 618,76

Portées	600			700			800			900			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,0000185	0,002	1175,98 587,99	0,000022	0,002	1175,98 587,99	0,000025	0,002	1175,98 587,99	0,00028	0,002	1175,98 587,99	
2	0,000075	0,003	1177,20 588,60	0,0000875	0,003	1177,20 588,60	0,0001	0,003	1177,20 588,60	0,000125	0,003	1177,20 588,60	
3	0,000169	0,004	1178,90 589,45	0,000197	0,004	1178,90 589,45	0,0002255	0,004	1178,90 589,45	0,0002525	0,005	1181,12 590,56	
4	0,0003005	0,005	1181,12 590,56	0,000351	0,005	1181,12 590,56	0,0003975	0,005	1181,12 590,56	0,0004515	0,006	1183,80 591,90	
5	0,00047	0,006	1183,80 591,90	0,0005485	0,006	1183,80 591,90	0,00067	0,007	1186,96 593,48	0,0007055	0,007	1186,96 593,48	
6	0,0006825	0,007	1186,96 593,48	0,000793	0,008	1190,64 595,32	0,000905	0,008	1190,64 595,32	0,0010175	0,009	1194,80 597,40	
7	0,000923	0,008	1190,64 595,32	0,0010825	0,009	1194,80 597,40	0,0012325	0,009	1194,80 597,40	0,0013875	0,010	1199,44 599,72	
8	0,001249	0,009	1194,80 597,40	0,00141	0,010	1199,44 599,72	0,001613	0,011	1204,56 602,28	0,0018165	0,011	1204,56 602,28	
9	0,0014985	0,010	1199,44 599,72	0,001788	0,011	1204,56 602,28	0,002046	0,012	1210,16 605,08	0,0023045	0,013	1216,28 608,14	
10	0,001893	0,011	1204,56 602,28	0,002212	0,012	1210,16 605,08	0,002532	0,013	1216,28 608,14	0,002853	0,014	1222,88 611,44	
11	0,002295	0,013	1216,28 605,14	0,0026825	0,014	1222,88 611,44	0,003072	0,014	1229,96 614,98	0,0034625	0,015	1237,52 618,76	
12	0,002737	0,014	1222,88 611,44	0,003201	0,015	1237,52 618,76	0,003667	0,016	1245,60 622,80	0,004135	0,017	1245,60 622,80	
13	0,0032205	0,015	1237,52 618,98	0,0037675	0,016	1245,60 622,80	0,0043205	0,017	1254,16 627,08	0,004871	0,018	1254,16 627,08	
14	0,0037445	0,016	1245,60 622,80	0,004382	0,017	1254,16 627,08	0,005025	0,018	1272,72 636,36	0,0056745	0,020	1272,72 636,36	
15	0,0043125	0,017	1254,16 622,80	0,005048	0,018	1272,72 636,36	0,005791	0,020	1282,72 641,36	0,0065395	0,021	1282,72 641,36	

Portées	1000			1500			2000			2500			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,000031	0,002	1175,98	0,000047	0,002	1175,98	0,000065	0,003	1177,20	0,000078	0,003	1177,20	1
2	0,0001250	0,003	588,60	0,0001875	0,004	587,99	0,0002505	0,004	588,60	0,000313	0,005	588,60	2
3	0,0002815	0,005	318,12	0,00042	0,006	318,80	0,000564	0,006	318,80	0,0007555	0,007	318,80	3
4	0,000501	0,006	199,44	0,000753	0,007	199,44	0,001005	0,008	199,44	0,0012275	0,009	199,44	4
5	0,0007845	0,008	1210,16	0,001179	0,009	1210,16	0,001575	0,010	1210,16	0,0019725	0,012	1210,16	5
6	0,0011315	0,009	605,08	0,001703	0,011	602,28	0,002276	0,013	608,14	0,002853	0,014	611,44	6
7	0,001543	0,010	337,52	0,002324	0,013	337,52	0,0031105	0,015	337,52	0,003904	0,016	337,52	7
8	0,002021	0,012	1210,16	0,003046	0,014	1210,16	0,0040825	0,017	1210,16	0,0051305	0,019	1210,16	8
9	0,002564	0,013	605,08	0,0038715	0,015	605,08	0,005196	0,019	605,08	0,0065395	0,021	605,08	9
10	0,0031755	0,015	1210,16	0,004802	0,018	1210,16	0,006456	0,021	1210,16	0,008139	0,023	1210,16	10
11	0,003855	0,016	614,98	0,0058405	0,020	614,98	0,007868	0,023	614,98	0,009939	0,026	614,98	11
12	0,0046055	0,018	327,08	0,006915	0,022	327,08	0,0094385	0,025	327,08	0,011195	0,028	327,08	12
13	0,005427	0,019	1263,20	0,008258	0,023	1263,20	0,0111755	0,027	1263,20	0,01385	0,028	1263,20	13
14	0,006323	0,021	614,98	0,0096455	0,025	614,98	0,0135125	0,030	614,98	0,014185	0,022	614,98	14
15	0,007394	0,022	646,02	0,011158	0,027	646,02	0,0151865	0,022	646,02	0,016662	0,024	646,02	15

Portées	3000			3500			4000			4500			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,000094	0,003	1177,20 588,60 1183,80	0,0001095	0,003	1177,20 588,60 1183,80	0,0001250	0,003	1177,20 588,60 1183,80	0,0001405	0,003	1177,20 588,60 1183,80	1
2	0,0003755	0,005	590,56 1199,64 595,32	0,0004385	0,006	591,90 1199,64 595,32	0,000501	0,006	591,90 1199,64 595,32	0,000564	0,006	591,90 1199,64 595,32	2
3	0,0008475	0,008	1199,44 599,72 1216,28	0,000989	0,008	1199,44 599,72 1216,28	0,0011315	0,009	1199,44 599,72 1216,28	0,001283	0,010	1199,44 599,72 1216,28	3
4	0,0015115	0,010	608,14 1222,88 611,44	0,0017605	0,011	602,28 1222,88 611,44	0,002021	0,012	605,08 1229,96 614,98	0,002276	0,013	608,14 1237,52 618,76	4
5	0,002322	0,013	627,08 1237,52 631,60	0,002725	0,014	618,76 1237,52 631,60	0,0031755	0,015	627,08 1237,52 631,60	0,0035795	0,016	627,08 1237,52 631,60	5
6	0,0034365	0,015	1237,52 636,36 1272,72	0,0040175	0,016	1237,52 636,36 1272,72	0,0046055	0,018	1237,52 636,36 1272,72	0,005196	0,019	1237,52 636,36 1272,72	6
7	0,0047035	0,018	670,08 1304,24 676,54	0,00556	0,019	670,08 1304,24 676,54	0,006313	0,021	676,54 1304,24 683,84	0,0071425	0,022	683,84 1327,68 688,26	7
8	0,0061895	0,020	683,26 1366,52 683,26	0,0072605	0,022	683,26 1366,52 683,26	0,008127	0,023	683,26 1366,52 683,26	0,0094385	0,025	683,26 1366,52 683,26	8
9	0,0080535	0,023	670,08 1366,52 683,26	0,0092835	0,025	670,08 1366,52 683,26	0,0106855	0,027	676,54 1394,88 697,44	0,012109	0,028	683,26 1366,52 683,26	9
10	0,009998	0,026	683,26 1366,52 683,26	0,011597	0,027	676,54 1353,08 676,54	0,0133745	0,030	697,44 1394,88 697,44	0,014109	0,028	683,26 1366,52 683,26	10
11	0,012056	0,028	683,26 1366,52 683,26	0,0142215	0,028	683,26 1366,52 683,26	0,016139	0,030	697,44 1394,88 697,44	0,015187	0,022	683,26 1366,52 683,26	11
12	0,014536	0,022	683,26 1366,52 683,26	0,0171845	0,024	683,26 1366,52 683,26	0,019087	0,025	683,26 1366,52 683,26	0,0187115	0,025	683,26 1366,52 683,26	12
13	0,017297	0,024	683,26 1366,52 683,26	0,020459	0,026	683,26 1366,52 683,26	0,023858	0,028	683,26 1366,52 683,26	0,022737	0,027	683,26 1366,52 683,26	13
14	0,0203815	0,026	683,26 1366,52 683,26	0,0242615	0,028	683,26 1366,52 683,26	0,023858	0,028	683,26 1366,52 683,26	0,022737	0,027	683,26 1366,52 683,26	14
15	0,0238175	0,028	683,26 1366,52 683,26	0,0242615	0,028	683,26 1366,52 683,26	0,023858	0,028	683,26 1366,52 683,26	0,022737	0,027	683,26 1366,52 683,26	15

F = 0<sup>m</sup>,40

Portées	5000			5500			6000			6500			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,0001565	0,004	1179,90 589,45	0,000172	0,004	1179,90 589,45	0,0001875	0,004	1179,90 589,45	0,0002035	0,004	1178,90 589,45	1
2	0,000642	0,007	1186,96 593,48	0,00069	0,007	1186,96 593,48	0,000753	0,007	1186,96 593,48	0,0008155	0,008	1204,56 602,28	2
3	0,001416	0,010	1199,44 599,72	0,001559	0,010	1199,44 599,72	0,001703	0,011	1202,88 602,28	0,001824	0,011	1222,88 611,44	3
4	0,002532	0,013	1216,28 608,14	0,002783	0,014	1216,28 608,14	0,003046	0,014	1254,16 611,44	0,003055	0,014	1263,20 631,60	4
5	0,003985	0,016	1237,52 618,76	0,004325	0,017	1237,52 618,76	0,004802	0,018	1293,24 627,08	0,005213	0,019	1293,24 646,62	5
6	0,005791	0,020	1304,24 636,36	0,0063895	0,021	1304,24 636,36	0,006915	0,022	1327,68 663,84	0,0075975	0,022	1340,16 670,08	6
7	0,007969	0,023	1340,16 652,12	0,0088035	0,024	1340,16 652,12	0,0096455	0,025	1380,44 683,26	0,010494	0,026	1394,88 697,44	7
8	0,0105465	0,026	1394,88 670,08	0,0116675	0,028	1394,88 670,08	0,0128025	0,029	1536,48 768,24	0,0130505	0,030	1558,48 779,24	8
9	0,013554	0,030	1536,48 768,24	0,015022	0,022	1536,48 768,24	0,0165135	0,023	1630,32 802,68	0,0180395	0,024	1683,04 841,52	9
10	0,0170345	0,024	1630,32 802,68	0,018921	0,025	1630,32 802,68	0,0208475	0,026	1710,88 855,44	0,0229525	0,028	1710,88 855,44	10
11	0,0210425	0,026	1710,88 855,44	0,0234355	0,028	1710,88 855,44	0,0258955	0,029					11
12	0,025654	0,029											12

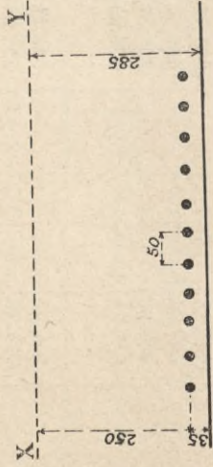
Portées	7000			7500			8000			8500			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,000219	0,004	1178,00	0,0002345	0,004	1178,90	0,0002505	0,004	1178,90	0,0002605	0,005	1181,12	
2	0,000879	0,008	589,45	0,000942	0,008	589,45	0,001005	0,008	589,45	0,001068	0,009	590,56	
3	0,001985	0,012	1190,64	0,0021325	0,012	1190,64	0,002276	0,012	1190,64	0,00242	0,013	1194,80	
4	0,003563	0,016	595,32	0,0038225	0,016	595,32	0,0040825	0,016	595,32	0,0043435	0,017	597,40	
5	0,0056255	0,019	1210,16	0,00604	0,020	1210,16	0,006456	0,021	1216,28	0,006874	0,021	1216,28	
6	0,008207	0,023	605,08	0,0088495	0,024	605,08	0,0094385	0,025	608,14	0,01006	0,026	608,14	
7	0,011351	0,027	1237,52	0,012215	0,028	1237,52	0,0130825	0,029	1245,60	0,0139685	0,030	1245,60	
8	0,015113	0,022	618,76	0,016291	0,026	618,76	0,017484	0,027	622,80	0,0186915	0,025	622,80	
9	0,0195715	0,025	1263,20	0,02114	0,026	1263,20	0,022737	0,027	1282,72	0,0240265	0,028	1282,72	
10	0,02483	0,029	631,60	0,025525	0,029	631,60	0,02737	0,029	636,36	0,02865	0,028	641,36	
		40 barres	1304,24		40 barres	1315,72		40 barres	1327,68		40 barres	1340,16	
			652,12			657,86			663,84			670,08	
			1353,08			1366,56			1380,44			1394,88	
			676,54			683,28			690,22			697,44	
		40 barres	1536,48		40 barres	1558,48		40 barres	1581,44		40 barres	1605,36	
			768,24			779,24			790,72			802,68	
			1605,36			1630,32			1656,16			1683,04	
			802,68			815,16			828,08			841,52	
			1710,88			1710,88							
			855,44			855,44							

F = 0<sup>m</sup>,40

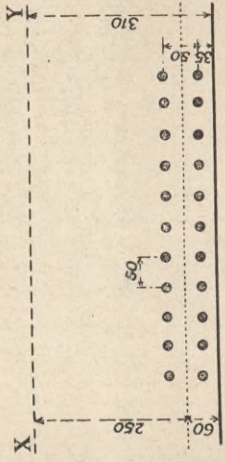
Portées	9000			9500			10000			11000			12000			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,0002815	0,005	1181.12	0,0002975	0,005	1181.12	0,000313	0,005	1181.12	0,0003445	0,005	1181.12	0,0003755	0,005	1181.12	
2	0,0011315	0,009	1194.80	0,001195	0,009	1194.80	0,001258	0,009	1194.80	0,0013215	0,010	1199.44	0,0013845	0,010	1199.44	
3	0,002364	0,013	1216.28	0,0027085	0,014	1222.88	0,002853	0,014	1222.88	0,003143	0,015	1229.96	0,0034365	0,015	1229.96	
4	0,0046055	0,018	1254.16	0,0048675	0,018	1254.16	0,0051305	0,019	1263.20	0,0055855	0,019	1263.20	0,0061895	0,020	1272.72	
5	0,007294	0,022	1293.24	0,0077155	0,023	1304.24	0,008139	0,023	1304.24	0,008992	0,024	1315.72	0,009998	0,026	1340.16	
6	0,010686	0,027	1353.08	0,0113155	0,027	1353.08	0,01195	0,028	1366.52	0,01231	0,030	1394.88	0,01323	0,030	1394.88	
7	0,014639	0,022	1536.48	0,015737	0,023	1536.48	0,016602	0,024	1581.44	0,0185025	0,025	1605.36	0,014536	0,022	1536.48	
8	0,019597	0,025	1630.32	0,0208345	0,026	1630.32	0,022419	0,027	1656.16	0,025061	0,029	1710.88	0,0203815	0,026	1630.32	
9	0,0260195	0,029	1710.88			815.16			828.08			855.44			815.16	
			768.24			779.24			790.72			802.68			768.24	
			1630.32			1630.32			1656.16			1710.88			1630.32	
			815.16			815.16			828.08			855.44			815.16	

$l' = 0^m,50$

20 barres par 1<sup>m</sup>



40 barres par 1<sup>m</sup>



Poids du béton par m. q. = 775<sup>kg</sup>

Poids du béton par m. q. = 712<sup>kg</sup>,50

Portées	100			200			300			400			500			Portées	
	Surface métallique	Poids 20 barres	Poids	Surface métallique	Poids 20 barres	Poids	Surface métallique	Poids 20 barres	Poids	Surface métallique	Poids 20 barres	Poids	Surface métallique	Poids 20 barres	Poids		
1	0,000025	0,001	1425,24 712,62	0,001	1425,24 712,62	0,000007	0,001	1425,24 712,62	0,000001	0,001	1425,24 712,62	0,000001	0,001	1425,24 712,62	0,000125	0,001	1425,24 712,62
2	0,00001	0,001	1425,24 712,62	0,002	1425,24 712,62	0,00003	0,002	1425,24 712,62	0,00004	0,002	1425,24 712,62	0,00005	0,002	1425,24 712,62	0,00005	0,002	1425,24 712,62

3	0,0000225	0,002	1425,98 712,99	0,002	1425,98 712,99	0,000045	0,002	1425,98 712,99	0,0000675	0,003	1427,20 713,60	0,00009	0,003	1427,20 713,60	0,0001125	0,003	1427,20 713,60
4	0,00004	0,002	1425,98 712,99	0,003	1427,20 713,60	0,00008	0,003	1427,20 713,60	0,00012	0,003	1428,90 714,45	0,00016	0,004	1428,90 714,45	0,0002	0,004	1428,90 714,45
5	0,000025	0,002	1425,98 712,99	0,003	1427,20 713,60	0,000125	0,003	1427,20 713,60	0,0001875	0,004	1428,90 714,45	0,00025	0,004	1428,90 714,45	0,000313	0,005	1428,90 714,45
6	0,00009	0,003	1427,20 713,60	0,004	1428,90 714,45	0,0001805	0,004	1428,90 714,45	0,00027	0,005	1431,12 715,56	0,0003605	0,005	1431,12 715,56	0,0004505	0,006	1431,12 715,56
7	0,0001225	0,003	1427,20 713,60	0,004	1428,90 714,45	0,000245	0,004	1428,90 714,45	0,000368	0,005	1431,12 715,56	0,000491	0,006	1431,12 715,56	0,000614	0,007	1431,12 715,56
8	0,00016	0,004	1428,90 714,45	0,005	1431,12 715,56	0,00032	0,005	1431,12 715,56	0,000481	0,006	1433,80 716,90	0,0006415	0,007	1433,80 716,90	0,0008025	0,008	1433,80 716,90
9	0,0002025	0,004	1428,90 714,45	0,006	1433,80 716,90	0,0004055	0,006	1433,80 716,90	0,000609	0,007	1436,96 718,48	0,0008125	0,008	1436,96 718,48	0,0010165	0,009	1436,96 718,48
10	0,00025	0,004	1428,90 714,45	0,006	1433,80 716,90	0,000501	0,006	1433,80 716,90	0,0007025	0,007	1436,96 718,48	0,001004	0,008	1436,96 718,48	0,001256	0,009	1436,96 718,48
11	0,000313	0,005	1431,12 715,56	0,007	1436,96 718,48	0,000605	0,007	1436,96 718,48	0,0009275	0,008	1440,64 722,40	0,0012075	0,009	1440,64 722,40	0,0015215	0,010	1440,64 722,40
12	0,0003605	0,005	1431,12 715,56	0,007	1436,96 718,48	0,000722	0,007	1436,96 718,48	0,001085	0,009	1440,64 722,40	0,001449	0,010	1440,64 722,40	0,001763	0,011	1440,64 722,40
13	0,000423	0,006	1433,80 716,90	0,008	1440,64 722,40	0,000848	0,008	1440,64 722,40	0,001255	0,009	1444,80 727,28	0,0017015	0,011	1444,80 727,28	0,0021255	0,012	1444,80 727,28
14	0,000491	0,006	1433,80 716,90	0,008	1440,64 722,40	0,000984	0,008	1440,64 722,40	0,0014785	0,010	1444,80 727,28	0,001955	0,011	1444,80 727,28	0,0024745	0,013	1444,80 727,28
15	0,0005635	0,006	1433,80 716,90	0,009	1444,80 727,40	0,00113	0,009	1444,80 727,40	0,001698	0,011	1448,80 733,14	0,0022705	0,013	1448,80 733,14	0,002845	0,014	1448,80 733,14



Portes	600			700			800			900			Portes
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,000015	0,001	1425,24	0,0000175	0,002	1425,98	0,00002	0,002	1425,98	0,0000225	0,002	1425,98	1
2	0,00006	0,002	712,62	0,00007	0,002	712,99	0,00008	0,003	712,99	0,00009	0,003	712,99	2
3	0,000135	0,003	1425,98	0,0001575	0,004	1428,90	0,0001805	0,004	1428,90	0,0002025	0,004	1428,90	3
4	0,00024	0,004	712,99	0,0002805	0,005	714,45	0,00032	0,005	714,45	0,0003605	0,005	714,45	4
5	0,0003755	0,005	1427,20	0,0004385	0,006	715,56	0,000501	0,006	715,56	0,0005635	0,006	715,56	5
6	0,000541	0,006	1431,12	0,0006315	0,007	716,90	0,000722	0,007	716,90	0,0008125	0,008	716,90	6
7	0,000737	0,007	1436,96	0,0008605	0,008	718,48	0,000984	0,008	718,48	0,001108	0,009	718,48	7
8	0,0009635	0,008	718,48	0,001125	0,009	720,32	0,0012865	0,010	720,32	0,001449	0,010	720,32	8
9	0,001223	0,009	1440,64	0,0014255	0,010	722,40	0,001631	0,011	722,40	0,001836	0,011	722,40	9
10	0,001509	0,010	722,40	0,0017625	0,011	724,72	0,002016	0,012	724,72	0,0023705	0,013	724,72	10
11	0,0018285	0,011	1449,44	0,0021355	0,012	1454,56	0,002445	0,013	1454,56	0,0027525	0,014	1454,56	11
12	0,002179	0,012	727,28	0,002546	0,013	727,28	0,002914	0,014	727,28	0,003283	0,015	727,28	12
13	0,002561	0,013	1460,16	0,002993	0,014	1466,28	0,0034265	0,015	1466,28	0,003862	0,016	1466,28	13
14	0,002975	0,014	730,08	0,003478	0,015	730,08	0,003983	0,016	730,08	0,00449	0,017	730,08	14
15	0,0034215	0,015	1466,28	0,004001	0,016	1472,88	0,0045835	0,018	1472,88	0,0051635	0,019	1472,88	15

Portées	1000			1500			2000			2500			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,000025	0,002	1425,98	0,0000375	0,002	1425,98	0,00005	0,002	1425,98	0,0000625	0,002	1425,98	1
2	0,0001	0,003	1427,20	0,00015	0,003	1427,20	0,0002	0,004	1428,90	0,00025	0,004	1428,90	2
3	0,000225	0,004	1428,90	0,000338	0,005	1431,12	0,0004505	0,006	1433,80	0,0005635	0,006	1433,80	3
4	0,0004005	0,006	1433,80	0,0005995	0,007	1436,96	0,0008035	0,008	1440,64	0,001004	0,008	1440,64	4
5	0,0006265	0,007	1436,96	0,000941	0,008	1440,64	0,001256	0,009	1444,80	0,001561	0,009	1444,80	5
6	0,000903	0,008	1440,64	0,0013575	0,010	1449,44	0,001763	0,011	1454,56	0,0022705	0,013	1466,28	6
7	0,001231	0,009	1444,80	0,001851	0,011	1454,56	0,0024745	0,013	1466,28	0,003025	0,014	1472,88	7
8	0,0016105	0,011	1454,56	0,0024235	0,013	1466,28	0,003242	0,015	1479,96	0,004066	0,017	1495,60	8
9	0,002042	0,012	1460,16	0,003027	0,014	1472,88	0,0041175	0,017	1495,60	0,00517	0,019	1513,20	9
10	0,0025255	0,013	1466,28	0,0038075	0,016	1487,40	0,0051035	0,018	1504,16	0,0064125	0,021	1532,72	10
11	0,003051	0,014	1472,88	0,0046225	0,018	1504,16	0,006378	0,021	1532,72	0,0078035	0,023	1554,24	11
12	0,003653	0,016	1487,40	0,0055291	0,019	1513,20	0,007413	0,022	1543,24	0,009345	0,025	1577,68	12
13	0,0042985	0,017	1495,60	0,0060055	0,020	1522,72	0,008753	0,024	1565,72	0,011043	0,027	1603,08	13
14	0,0049995	0,018	1504,16	0,007377	0,022	1543,24	0,0102115	0,026	1590,16	0,012905	0,029	1630,44	14
15	0,0057565	0,019	1513,20	0,0087395	0,024	1565,72	0,011981	0,028	1616,52	0,014937	0,022	1630,44	15
			756,60			782,86			808,26			830,26	
			1786,48			1830,26			1874,04			1917,82	
			893,24			926,52			960,52			995,04	

Portes	3000			3500			4000			4500			Portes
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,000075	0,003	1427,20	0,0000875	0,003	1427,20	0,0001	0,003	1427,20	0,0001125	0,003	1427,20	1
2	0,0003005	0,005	713,60	0,0003505	0,005	713,60	0,0004005	0,006	713,60	0,0004505	0,006	713,60	2
3	0,000677	0,007	1431,12	0,00079	0,008	1431,12	0,000903	0,008	1431,12	0,0010165	0,009	1431,12	3
4	0,0012055	0,009	715,56	0,001408	0,010	715,56	0,0016105	0,011	715,56	0,001813	0,011	715,56	4
5	0,001889	0,011	1436,96	0,002207	0,012	1436,96	0,0025255	0,013	1436,96	0,002845	0,014	1436,96	5
6	0,0027805	0,014	718,48	0,0031905	0,015	718,48	0,003653	0,016	718,48	0,0041775	0,017	718,48	6
7	0,0037305	0,016	1472,88	0,004363	0,017	1472,88	0,0049995	0,018	1472,88	0,0056385	0,019	1472,88	7
8	0,0048955	0,018	736,44	0,00573	0,019	736,44	0,0065715	0,021	736,44	0,007412	0,022	736,44	8
9	0,006229	0,021	1487,40	0,007298	0,022	1487,40	0,0083775	0,024	1487,40	0,0094665	0,025	1487,40	9
10	0,007737	0,023	752,08	0,0090255	0,024	752,08	0,010429	0,026	752,08	0,0118165	0,028	752,08	10
11	0,009372	0,025	1504,16	0,0110705	0,027	1504,16	0,012738	0,029	1504,16	0,0144295	40 barres	1504,16	11
12	0,0113035	0,027	771,62	0,0132945	0,030	771,62	0,0153195	0,023	771,62	0,01738	0,024	771,62	12
13	0,013378	0,030	1532,72	0,01576	0,022	1532,72	0,0181915	0,025	1532,72	0,020675	0,026	1532,72	13
14	0,0156605	0,023	788,84	0,018483	0,023	788,84	0,0211365	0,026	788,84	0,0243435	0,028	788,84	14
15	0,0181605	0,025	1554,24	0,0214805	0,027	1554,24	0,024897	0,029	1554,24	0,028421	0,031	1554,24	15
			1577,68			1577,68			1577,68			1577,68	
			788,84			788,84			788,84			788,84	
			1603,08			1603,08			1603,08			1603,08	
			801,54			801,54			801,54			801,54	
			1614,88			1614,88			1614,88			1614,88	
			822,44			822,44			822,44			822,44	
			1808,48			1808,48			1808,48			1808,48	
			904,24			904,24			904,24			904,24	
			1855,36			1855,36			1855,36			1855,36	
			927,68			927,68			927,68			927,68	
			2019,64			2019,64			2019,64			2019,64	
			1009,82			1009,82			1009,82			1009,82	

Portées	5000			5500			6000			6500			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,000125	0,003	1427,20	0,0001375	0,003	1427,20	0,00015	0,003	1427,20	0,0001625	0,004	1428,90	1
2	0,000501	0,006	713,60	0,000551	0,006	713,60	0,000595	0,007	713,60	0,0006515	0,007	714,45	2
3	0,00113	0,009	433,80	0,0012435	0,009	433,80	0,0013575	0,010	433,80	0,001471	0,010	436,96	3
4	0,002016	0,012	244,80	0,0022195	0,012	244,80	0,0024235	0,013	244,80	0,0026275	0,013	249,44	4
5	0,003165	0,015	162,16	0,003486	0,015	162,16	0,0038075	0,016	162,16	0,004305	0,017	166,28	5
6	0,0045835	0,018	104,16	0,0050515	0,018	104,16	0,005521	0,019	104,16	0,005975	0,020	109,60	6
7	0,0062815	0,021	72,08	0,0069275	0,021	72,08	0,007577	0,022	72,08	0,0082305	0,023	73,14	7
8	0,0083075	0,023	52,24	0,0091295	0,025	52,24	0,009994	0,026	52,24	0,0108655	0,027	54,70	8
9	0,010565	0,026	37,12	0,011674	0,028	37,12	0,0127935	0,029	37,12	0,013724	0,030	38,80	9
10	0,013183	0,029	26,44	0,014584	40 barres	26,44	0,0159845	40 barres	26,44	0,017438	40 barres	27,72	10
11	0,016145	0,023	18,48	0,0178865	0,022	18,48	0,0196545	0,022	18,48	0,0214505	0,024	19,16	11
12	0,019178	0,025	13,36	0,021615	0,024	13,36	0,0237925	0,026	13,36	0,0260125	0,027	14,08	12
13	0,023214	0,028	9,68	0,0258105	0,027	9,68	0,028469	0,028	9,68	0,03260125	0,029	10,44	13
14	0,0284145	0,031	7,08	0,0318105	0,029	7,08	0,0358469	0,031	7,08	0,04060125	0,031	7,82	14

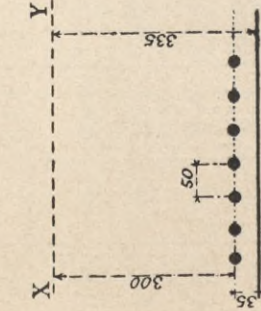
Portées	7000			7500			8000			8500			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,000175	0,004	1428,90	0,0001875	0,004	1428,90	0,0002	0,004	1428,90	0,0002125	0,004	1428,90	1
2	0,000702	0,007	714,45	0,000752	0,007	714,45	0,0008025	0,008	714,45	0,000853	0,008	714,45	2
3	0,001585	0,011	476,30	0,001698	0,011	476,30	0,001813	0,011	476,30	0,0019275	0,011	476,30	3
4	0,002832	0,014	355,72	0,0030365	0,014	355,72	0,003242	0,015	355,72	0,0034475	0,015	355,72	4
5	0,004454	0,018	283,66	0,00478	0,018	283,66	0,0051035	0,018	283,66	0,0054295	0,019	283,66	5
6	0,006466	0,021	230,72	0,006941	0,022	230,72	0,007413	0,022	230,72	0,008075	0,023	230,72	6
7	0,008875	0,024	193,52	0,0090475	0,024	193,52	0,0102115	0,026	193,52	0,010879	0,027	193,52	7
8	0,011793	0,028	162,26	0,012627	0,029	162,26	0,0135175	0,030	162,26	0,014415	40 barres	162,26	8
9	0,0150645	0,022	138,48	0,0162185	0,023	138,48	0,0173865	40 barres	138,48	0,0185555	0,022	138,48	9
10	0,0188915	0,025	118,68	0,0203635	0,026	118,68	0,021855	0,024	118,68	0,023371	0,025	118,68	10
11	0,0232745	0,028	103,04	0,0251285	0,029	103,04	0,027014	0,027	103,04	0,028371	0,028	103,04	11
12	0,028278	0,030	94,98	0,02844	0,029	94,98	0,0297014	0,030	94,98	0,030371	0,030	94,98	12

F = 0<sup>m</sup>,50

Portées	9000			9500			10000			11000			12000			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,000225	0,004	1428,90 714,45	0,000238	0,004	1428,90 714,45	0,00025	0,004	1428,90 714,45	0,000255	0,005	1431,12 715,56	0,0003005	0,005	1431,12 715,56	
2	0,000903	0,008	1440,64 720,32	0,0009535	0,008	1440,64 720,32	0,001004	0,008	1440,64 720,32	0,001105	0,009	1444,80 722,40	0,0012055	0,009	1444,80 722,40	
3	0,002042	0,012	1462,16 731,08	0,002156	0,012	1462,16 731,08	0,0022705	0,013	1466,28 733,14	0,0025	0,013	1466,28 733,14	0,0027805	0,014	1472,88 736,44	
4	0,003653	0,016	1487,40 743,70	0,003859	0,016	1487,40 743,70	0,004066	0,017	1495,60 747,80	0,00448	0,017	1495,60 747,80	0,0048955	0,018	1504,16 752,08	
5	0,0057565	0,019	1513,20 756,60	0,0060845	0,020	1522,72 761,36	0,0064125	0,021	1532,72 766,36	0,007073	0,022	1543,24 771,62	0,007737	0,023	1554,24 777,12	
6	0,0083775	0,024	1565,72 782,86	0,0088425	0,024	1565,72 782,86	0,009345	0,025	1577,68 788,84	0,01032	0,026	1590,16 795,08	0,0113035	0,027	1603,08 801,54	
7	0,0115505	0,028	1616,52 808,26	0,012255	0,028	1616,52 808,26	0,012905	0,029	1630,44 815,22	0,012905	0,029	1630,44 815,22	0,013035	0,027	1603,08 801,54	
8	0,0153195	0,023	1808,48 904,24	0,016231	0,023	1808,48 904,24	0,0171495	0,024	1831,44 915,72	0,0142745	0,022	1786,48 893,24	0,0156605	0,023	1808,48 904,24	
9	0,019743	0,026	1880,32 940,16	0,020945	0,026	1880,32 940,16	0,0221555	0,027	1906,16 953,08	0,0190085	0,024	1831,44 915,72	0,020898	0,025	1880,32 940,16	
10	0,024897	0,029	1989,96 994,98	0,0264515	0,030	1989,96 994,98	0,0280235	0,030	1989,96 994,98	0,02462	0,030	1989,96 994,98	0,027145	0,030	1989,96 994,98	

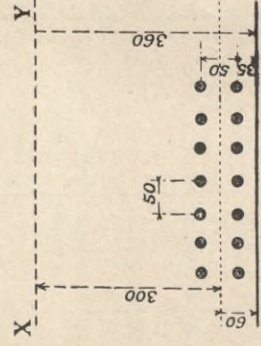
F = 0,6

20 barres par 1<sup>m</sup>



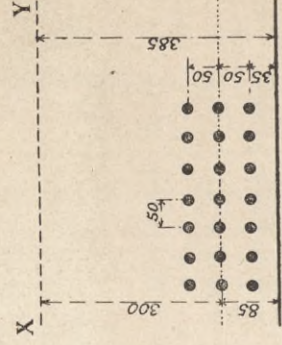
Poids du béton par m. q. 837-kg,5

40 barres par 1<sup>m</sup>



Poids du béton par m. q. 900kg

60 barres par 1<sup>m</sup>



Poids du béton par m. q. 950kg

Portées	100			200			300			400			500			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,000002	0,001	1675,24 837,62 1675,24	0,000045	0,001	1675,24 837,62 1675,24	0,000006	0,001	1675,24 837,62 1675,24	0,000085	0,001	1675,24 837,62 1675,24	0,000105	0,001	1675,24 837,62 1675,24	
2	0,000085	0,001	837,62	0,000165	0,002	837,99	0,000025	0,002	837,99	0,0000335	0,002	837,99	0,0000415	0,002	837,99	

3	0,000019	0,002	1675,98 837,99 1675,98	0,0000375	0,002	1675,98 837,99 1675,98	0,000056	0,002	1675,98 837,99 1675,98	0,000075	0,003	1677,20 838,60 1677,20	0,0000935	0,003	1677,20 838,60 1677,20
4	0,0000335	0,002	837,99	0,0000665	0,003	838,60	0,0001005	0,003	838,60	0,0001335	0,003	838,60	0,0001665	0,004	839,45
5	0,000052	0,002	1675,98 837,99 1675,98	0,000104	0,003	1678,90 839,45 1678,90	0,0001565	0,004	1678,90 839,45 1678,90	0,0002085	0,004	1678,90 839,45 1678,90	0,0002605	0,005	1681,12 840,56 1681,12
6	0,000075	0,003	838,60	0,00015	0,004	839,45	0,000225	0,004	839,45	0,0003065	0,005	840,56	0,0003755	0,005	840,56
7	0,0001035	0,003	1677,20 838,60 1677,20	0,0002045	0,004	1681,12 840,56 1681,12	0,0003065	0,005	1681,12 840,56 1681,12	0,000409	0,006	1683,80 841,90 1683,80	0,000511	0,006	1683,80 841,90 1683,80
8	0,0001335	0,003	838,60	0,000267	0,005	840,56	0,0004005	0,006	841,90	0,000546	0,006	841,90	0,000668	0,007	843,48
9	0,000169	0,004	1678,90 839,45 1678,90	0,0003385	0,005	1683,80 840,56 1683,80	0,00051	0,006	1686,96	0,0006765	0,007	1690,64	0,0008465	0,008	1690,64
10	0,0002085	0,004	839,45	0,000417	0,006	841,90	0,000622	0,007	843,48	0,0008355	0,008	845,32	0,001045	0,008	845,32
11	0,000252	0,005	1681,12 840,56 1681,12	0,000505	0,006	1686,96	0,0009025	0,007	1690,64	0,001115	0,009	1694,80	0,0013655	0,009	1694,80
12	0,000300	0,005	840,56	0,0005875	0,007	843,48	0,001025	0,008	845,32	0,001305	0,009	847,40	0,0015075	0,010	849,72
13	0,000351	0,005	1681,12 840,56 1683,80	0,000706	0,007	1686,96	0,001061	0,009	1694,80	0,001415	0,010	1704,56	0,0017845	0,011	1704,56
14	0,000409	0,006	841,90	0,000814	0,008	845,32	0,00123	0,009	847,40	0,001625	0,011	852,28	0,0020555	0,012	855,08
15	0,0004695	0,006	1683,80 841,90 1683,80	0,000941	0,008	1690,64 845,32 1690,64	0,001413	0,010	1699,44	0,001887	0,011	1704,56 852,28 1704,56	0,00248	0,013	858,14

Portées	600			700			800			900			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,0000125	0,001	1675,24	0,0000145	0,001	1675,24	0,0000165	0,002	1675,98	0,0000185	0,003	1675,98	
2	0,000051	0,002	837,99	0,0000585	0,002	837,99	0,0000665	0,003	1677,20	0,000075	0,003	837,99	
3	0,0001125	0,003	1677,20	0,0001315	0,003	1677,20	0,00015	0,004	1678,90	0,000169	0,004	1678,90	
4	0,0002	0,004	838,60	0,0002335	0,004	838,60	0,000267	0,005	839,45	0,0003005	0,005	839,45	
5	0,000313	0,005	1678,90	0,000365	0,005	1678,90	0,000417	0,006	1681,12	0,0004695	0,006	1681,12	
6	0,0004505	0,006	840,56	0,000526	0,006	840,56	0,0005875	0,007	841,90	0,0006765	0,007	841,90	
7	0,0006135	0,007	1683,80	0,000716	0,007	1683,80	0,000814	0,008	1686,96	0,00091	0,008	1686,96	
8	0,000752	0,007	843,48	0,000937	0,008	843,48	0,00102	0,009	845,32	0,001205	0,009	845,32	
9	0,001016	0,009	1690,64	0,001174	0,009	1690,64	0,001356	0,010	1694,80	0,0015265	0,010	1694,80	
10	0,001255	0,009	847,40	0,0014655	0,010	847,40	0,001676	0,011	849,72	0,001887	0,011	849,72	
11	0,00152	0,010	1699,44	0,001775	0,011	1699,44	0,002031	0,012	1704,56	0,002386	0,013	1704,56	
12	0,001811	0,011	849,72	0,002115	0,012	849,72	0,002302	0,013	852,28	0,0027245	0,014	852,28	
13	0,0021275	0,012	1710,16	0,002485	0,013	1710,16	0,002862	0,014	1716,28	0,003203	0,015	1716,28	
14	0,00247	0,013	855,08	0,002886	0,014	855,08	0,003303	0,015	858,14	0,003721	0,016	858,14	
15	0,002859	0,014	1722,88	0,0035455	0,016	1722,88	0,003798	0,016	1737,52	0,0042795	0,017	1737,52	
			861,44			861,44			868,76			868,76	



Portées	1000			1500			2000			2500			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,000091	0,002	1675,98	0,000031	0,002	1675,98	0,0000415	0,002	1675,98	0,000052	0,002	1675,98	
2	0,000083	0,003	1677,20	0,000135	0,003	1677,20	0,0001665	0,004	1678,90	0,0002085	0,004	1678,90	
3	0,0001875	0,004	1678,90	0,0002865	0,005	1681,12	0,0003755	0,005	1681,12	0,0004695	0,006	1683,80	
4	0,0003335	0,005	1683,80	0,0005005	0,006	1683,80	0,000668	0,007	1686,96	0,0008355	0,008	1690,64	
5	0,0005215	0,006	1688,80	0,0007835	0,008	1690,64	0,001045	0,008	1690,64	0,001308	0,010	1699,44	
6	0,0007505	0,007	1694,80	0,001129	0,009	1694,80	0,0015075	0,010	1699,44	0,001887	0,011	1704,56	
7	0,0010245	0,009	1699,44	0,001539	0,010	1710,16	0,0020555	0,012	1710,16	0,002574	0,013	1716,28	
8	0,0013405	0,010	1704,56	0,0020135	0,012	1716,28	0,0026905	0,014	1722,88	0,003371	0,015	1729,96	
9	0,001697	0,011	1710,16	0,002553	0,013	1716,28	0,0034135	0,015	1729,96	0,0042795	0,017	1745,60	
10	0,002098	0,012	1716,28	0,003158	0,015	1729,96	0,004225	0,017	1745,60	0,0053015	0,019	1763,20	
11	0,0025425	0,013	1722,88	0,00383	0,016	1737,52	0,005129	0,019	1763,20	0,0064395	0,021	1782,72	
12	0,0030305	0,014	1737,52	0,004567	0,018	1754,16	0,006125	0,020	1772,72	0,0076955	0,023	1804,24	
13	0,003563	0,016	1754,16	0,005377	0,019	1763,20	0,0072135	0,022	1793,24	0,0090735	0,024	1815,60	
14	0,0041405	0,017	1772,72	0,0062885	0,020	1772,72	0,0083995	0,024	1815,60	0,0105765	0,026	1840,16	
15	0,0047625	0,018	1793,24	0,007203	0,022	1793,24	0,0096845	0,025	1827,68	0,0122085	0,028	1866,40	
			877,08			877,08			896,62			913,84	

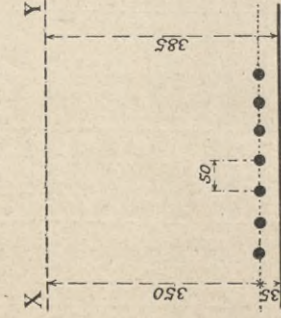
Portées	3000			3500			4000			4500			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,000063	0,003	1677,20 838,60	0,000073	0,003	1677,20 838,60	0,000083	0,003	1677,20 838,60	0,0000935	0,003	1677,20 838,60	1
2	0,0002505	0,004	1678,90 839,45	0,000292	0,006	1683,80 841,90	0,0003335	0,005	1681,12 840,56	0,0003755	0,005	1686,96 843,48	2
3	0,0005635	0,006	1683,80 841,90	0,0006575	0,007	1686,96 843,48	0,0007505	0,007	1686,96 843,48	0,0008465	0,008	1690,64 849,70	3
4	0,001004	0,008	1690,64 845,32	0,001288	0,010	1699,44 849,70	0,0013405	0,010	1699,44 849,70	0,0015075	0,010	1710,16 855,08	4
5	0,0015705	0,010	1699,44 849,72	0,001834	0,011	1704,56 852,28	0,002098	0,012	1710,16 855,08	0,0023825	0,013	1722,88 861,44	5
6	0,002267	0,013	1716,28 858,14	0,0026435	0,013	1716,28 858,14	0,0030305	0,014	1722,88 861,44	0,0034135	0,015	1737,52 864,98	6
7	0,0030945	0,015	1729,96 864,98	0,003614	0,016	1737,52 868,76	0,0041405	0,017	1745,60 872,80	0,004678	0,018	1754,16 877,08	7
8	0,0040545	0,017	1745,60 872,80	0,004742	0,018	1754,16 877,08	0,005431	0,019	1763,20 881,60	0,006125	0,020	1772,72 886,36	8
9	0,0051455	0,019	1763,20 881,60	0,006265	0,020	1772,72 886,36	0,006908	0,021	1782,72 891,36	0,0077945	0,023	1804,24 902,12	9
10	0,006385	0,021	1782,72 891,36	0,007586	0,022	1793,24 896,62	0,008331	0,024	1815,60 907,80	0,0096845	0,025	1827,68 913,84	10
11	0,0077115	0,023	1804,24 902,12	0,009096	0,025	1827,68 913,84	0,010319	0,026	1840,16 920,08	0,011802	0,028	1866,40 933,20	11
12	0,0094075	0,025	1827,68 913,84	0,010879	0,027	1853,08 926,54	0,012513	0,029	1880,44 940,22	0,014575	0,022	2036,48 1018,24	12
13	0,01221	0,028	1866,40 933,20	0,012862	0,029	1880,44 940,22	0,0148015	0,022	2036,48 1018,24	0,016763	0,024	2081,44 1040,72	13
14	0,0127875	0,029	1880,44 940,22	0,0150325	0,022	2036,48 1018,24	0,0173135	0,024	2081,44 1040,72	0,0196315	0,025	2105,36 1052,68	14
15	0,0147785	0,024	2036,48 1018,24	0,0173955	0,024	2081,44 1040,72	0,020035	0,026	2130,32 1065,16	0,0227795	0,027	2156,16 1078,08	15



Portées	7000			7500			8000			8500			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,000146	0,004	1678,90	0,0001565	0,006	1683,80	0,0001665	0,004	1678,90	0,000177	0,004	1678,90	
2	0,0005845	0,007	839,45	0,000622	0,007	841,90	0,000663	0,007	839,45	0,00071	0,007	839,45	
3	0,0013185	0,010	1686,96	0,001413	0,010	1686,96	0,0015075	0,010	1686,96	0,001602	0,011	1686,96	
4	0,0023515	0,013	843,48	0,002521	0,013	843,48	0,0026905	0,014	843,48	0,0028605	0,014	843,48	
5	0,003691	0,016	1699,44	0,0039585	0,016	1699,44	0,004225	0,017	1699,44	0,004494	0,017	1699,44	
6	0,0053445	0,019	849,72	0,005734	0,020	849,72	0,006125	0,020	849,72	0,0065155	0,021	849,72	
7	0,007323	0,022	1716,28	0,0078605	0,023	1716,28	0,0083995	0,024	1716,28	0,008941	0,024	1716,28	
8	0,00964	0,025	858,14	0,010303	0,026	858,14	0,0110455	0,027	858,14	0,0117905	0,028	858,14	
9	0,012341	0,029	1737,52	0,013231	0,030	1737,52	0,014575	0,031	1737,52	0,0155	0,031	1737,52	
10	0,015356	0,023	868,76	0,0165175	0,033	868,76	0,01769	0,024	868,76	0,0188705	0,025	868,76	
11	0,0188255	0,025	1763,20	0,020241	0,026	1763,20	0,021698	0,027	1763,20	0,0231705	0,028	1763,20	
12	0,02267	0,027	881,60	0,0244365	0,028	881,60	0,026226	0,029	881,60	0,028194	0,030	881,60	
13	0,0270035	0,030	1772,72	0,029146	0,030	1772,72	0,0313255	0,031	1772,72	0,0333365	0,031	1772,72	
14	0,031638	0,026	886,36	0,034424	0,038	886,36	0,037055	0,029	886,36	0,03974	0,030	886,36	
15	0,037245	0,029	1785,72	0,0403365	0,030	1785,72	0,0435035	0,031	1785,72	0,046974	0,031	1785,72	
			1815,60			1815,60			1815,60			1815,60	
			907,80			907,80			907,80			907,80	
			1866,40			1866,40			1866,40			1866,40	
			933,20			933,20			933,20			933,20	
			2036,48			2036,48			2036,48			2036,48	
			1018,24			1018,24			1018,24			1018,24	
			2105,36			2105,36			2105,36			2105,36	
			1052,68			1052,68			1052,68			1052,68	
			2183,04			2183,04			2183,04			2183,04	
			1091,52			1091,52			1091,52			1091,52	
			2239,64			2239,64			2239,64			2239,64	
			1119,82			1119,82			1119,82			1119,82	
			2516,32			2516,32			2516,32			2516,32	
			1258,16			1258,16			1258,16			1258,16	
			2559,64			2559,64			2559,64			2559,64	
			1279,82			1279,82			1279,82			1279,82	
			1302,23			1302,23			1302,23			1302,23	

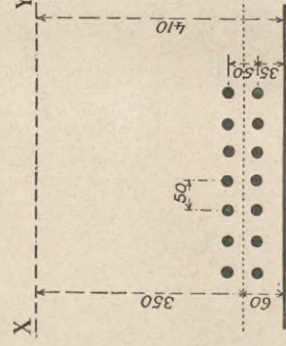
Portées	9000			9500			10000			11000			12000			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,0001875	0,004	1678,90	0,0001965	0,004	1678,90	0,0002085	0,004	1678,90	0,0002295	0,004	1678,90	0,0002505	0,004	1678,90	
2	0,0007505	0,007	839,45	0,0007935	0,008	839,45	0,0008355	0,008	839,45	0,0008775	0,008	839,45	0,0009195	0,008	839,45	
3	0,001697	0,011	1678,90	0,001792	0,011	1678,90	0,001887	0,011	1678,90	0,001982	0,011	1678,90	0,002077	0,012	1678,90	
4	0,0032025	0,014	839,45	0,0031935	0,015	839,45	0,003371	0,015	839,45	0,003549	0,015	839,45	0,003727	0,016	839,45	
5	0,0047625	0,018	1678,90	0,005032	0,018	1678,90	0,0053015	0,019	1678,90	0,005571	0,020	1678,90	0,005841	0,020	1678,90	
6	0,006908	0,021	839,45	0,0073015	0,022	839,45	0,007695	0,023	839,45	0,008088	0,024	839,45	0,008481	0,024	839,45	
7	0,0094855	0,025	1678,90	0,0100295	0,026	1678,90	0,0105785	0,026	1678,90	0,0111275	0,028	1678,90	0,0116765	0,028	1678,90	
8	0,012513	0,029	839,45	0,0132425	0,030	839,45	0,013974	0,030	839,45	0,014706	0,030	839,45	0,015438	0,030	839,45	
9	0,0160285	0,023	2058,48	0,0169735	0,024	2058,48	0,0179245	0,024	2058,48	0,0188755	0,024	2058,48	0,0198265	0,026	2058,48	
10	0,0200615	0,026	1029,24	0,021263	0,027	1029,24	0,022475	0,027	1029,24	0,023687	0,027	1029,24	0,024899	0,029	1029,24	
11	0,024659	0,029	2130,32	0,0260245	0,029	2130,32	0,027336	0,030	2130,32	0,028648	0,030	2130,32	0,029961	0,030	2130,32	
12	0,0298225	0,026	1105,46	0,0317395	0,026	1105,46	0,033290	0,027	1105,46	0,034841	0,027	1105,46	0,036392	0,027	1105,46	
13	0,0368355	0,028	2395,48	0,0379245	0,029	2395,48	0,039015	0,029	2395,48	0,040090	0,029	2395,48	0,041165	0,029	2395,48	
14	0,0424815	0,031	1197,74	0,0445283	0,031	1197,74	0,046575	0,031	1197,74	0,048622	0,031	1197,74	0,050669	0,031	1197,74	
		40 barres	2081,44		40 barres	2081,44		40 barres	2081,44		40 barres	2081,44		40 barres	2081,44	
		60 barres	1040,72		60 barres	1040,72		60 barres	1040,72		60 barres	1040,72		60 barres	1040,72	

20 barres pour 1<sup>m</sup>



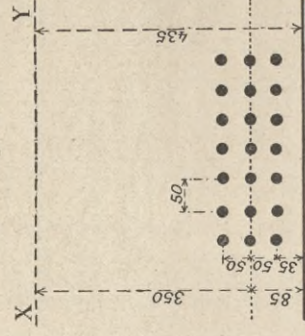
Poids de béton par m. q. = 962,50

40 barres pour 1<sup>m</sup>



Poids de béton par m. q. = 1025,4g

60 barres pour 1<sup>m</sup>



Poids de béton par m. q. = 1087,60

Portées	100			200			300			400			500		
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids
1	0,0000015	0,001	1925,24 962,62	0,0000035	0,001	1925,24 962,62	0,0000055	0,001	1925,24 962,62	0,0000070	0,001	1925,24 962,62	0,0000090	0,001	1925,24 962,62
2	0,0000070	0,001	1925,24 965,62	0,0000145	0,001	1925,24 962,62	0,0000215	0,002	1925,98 962,99	0,0000285	0,002	1925,98 962,99	0,0000365	0,002	1925,98 962,99

3	0,0000185	0,002	1925,98 962,99	0,0000340	0,002	1925,98 962,99	0,0000480	0,002	1925,98 962,99	0,0000645	0,003	1927,20 963,60	0,0000800	0,003	1927,20 963,60
4	0,0000285	0,002	1925,98 962,99	0,0000570	0,002	1925,98 962,99	0,0000865	0,003	1927,20 963,60	0,0001145	0,003	1927,20 963,60	0,0001380	0,003	1927,20 963,60
5	0,0000445	0,002	1925,98 962,99	0,0000890	0,003	1927,20 963,60	0,0001340	0,003	1927,20 963,60	0,0001785	0,004	1928,90 964,45	0,0002235	0,004	1928,90 964,45
6	0,0000640	0,003	1927,20 963,60	0,0001285	0,003	1927,20 963,60	0,0001930	0,004	1928,90 964,45	0,0002575	0,005	1931,12 965,56	0,0003215	0,005	1931,12 965,56
7	0,0000850	0,003	1927,20 963,60	0,0001750	0,004	1927,20 963,60	0,0002625	0,005	1928,90 964,45	0,0003505	0,005	1931,12 965,56	0,0004385	0,006	1933,80 966,90
8	0,0001145	0,003	1927,20 963,60	0,0002285	0,004	1928,90 964,45	0,0003430	0,005	1931,12 965,56	0,0004685	0,006	1933,80 966,90	0,0005725	0,007	1936,96 968,48
9	0,0001435	0,004	1928,90 964,45	0,0002895	0,005	1931,12 965,56	0,0004345	0,006	1933,80 966,90	0,0005935	0,007	1936,96 968,48	0,0007245	0,007	1944,80 972,40
10	0,0001785	0,004	1928,90 964,45	0,0003575	0,005	1933,80 966,90	0,0005365	0,006	1936,96 968,48	0,0007330	0,007	1940,64 970,32	0,0009380	0,009	1944,80 972,40
11	0,0002105	0,004	1928,90 964,45	0,0004325	0,006	1933,80 966,90	0,0006495	0,007	1936,96 968,48	0,0008775	0,008	1944,80 972,40	0,0010835	0,009	1949,44 974,72
12	0,0002575	0,005	1931,12 965,56	0,0005150	0,006	1936,96 968,48	0,0007730	0,008	1940,64 970,32	0,0010565	0,009	1944,80 972,40	0,0012915	0,010	1949,44 974,72
13	0,0003020	0,005	1931,12 965,56	0,0006035	0,007	1936,96 968,48	0,0009880	0,008	1944,80 972,40	0,0012445	0,009	1949,44 974,72	0,0015155	0,010	1954,56 977,28
14	0,0003505	0,005	1931,12 965,56	0,0007015	0,007	1936,96 968,48	0,0010530	0,009	1944,80 972,40	0,0014545	0,010	1949,44 974,72	0,0017590	0,011	1954,56 977,28
15	0,0004020	0,005	1931,12 965,56	0,0008055	0,008	1940,64 970,32	0,0011240	0,009	1944,80 972,40	0,0016540	0,011	1954,56 977,28	0,0020305	0,012	1960,16 980,08

Portées	600			700			800			900			1000			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,0000105	0,001	1925,24	0,0000130	0,001	1925,24	0,0000145	0,001	1925,24	0,0000160	0,001	1925,24	0,0000180	0,002	1925,98	
2	0,0000430	0,002	1925,98	0,0000500	0,002	1925,98	0,0000570	0,002	1925,98	0,0000640	0,003	1927,20	0,0000715	0,003	1927,80	
3	0,0000965	0,003	1927,20	0,0001125	0,003	1927,20	0,0001285	0,003	1927,20	0,0001435	0,004	1928,90	0,0001610	0,004	1928,90	
4	0,0001715	0,004	1928,90	0,0002000	0,004	1928,90	0,0002285	0,004	1928,90	0,0002575	0,005	1931,12	0,0002895	0,005	1931,12	
5	0,0002680	0,005	1931,12	0,0003125	0,005	1931,12	0,0003575	0,005	1931,12	0,0004020	0,005	1933,80	0,0004515	0,006	1933,80	
6	0,00039	0,006	1933,80	0,0004505	0,006	1933,80	0,0005150	0,006	1933,80	0,0005795	0,007	1936,96	0,0006440	0,007	1936,96	
7	0,0005255	0,006	1936,96	0,0006135	0,007	1936,96	0,0007015	0,007	1936,96	0,0007895	0,008	1940,64	0,0008770	0,008	1940,64	
8	0,0006865	0,007	1940,64	0,0008010	0,008	1940,64	0,0009250	0,008	1940,64	0,0010310	0,009	1944,80	0,0011445	0,009	1944,80	
9	0,0008615	0,008	1944,80	0,0010155	0,009	1944,80	0,0011610	0,009	1944,80	0,0013065	0,010	1949,44	0,0014525	0,010	1949,44	
10	0,0011015	0,009	1944,80	0,0013545	0,009	1944,80	0,0014345	0,010	1949,44	0,0016145	0,011	1954,56	0,0017950	0,011	1954,56	
11	0,0013010	0,010	1949,44	0,0015190	0,010	1949,44	0,0017305	0,011	1954,56	0,0019555	0,012	1960,16	0,0021740	0,012	1960,16	
12	0,0015470	0,010	1949,44	0,0017900	0,011	1954,56	0,0020695	0,012	1960,16	0,0023300	0,013	1966,28	0,0025905	0,013	1966,28	
13	0,0018205	0,011	1954,56	0,0021255	0,012	1960,16	0,0024310	0,013	1966,28	0,0027375	0,014	1972,88	0,0030440	0,014	1972,88	
14	0,0021130	0,012	1960,16	0,0024700	0,013	1966,28	0,0028225	0,014	1972,88	0,0031795	0,015	1979,96	0,0035355	0,015	1979,96	
15	0,0024465	0,013	1966,28	0,0028345	0,014	1972,88	0,0032445	0,015	1979,96	0,0036540	0,016	1987,52	0,0040650	0,017	1987,52	
			1983,14			1988,44			1993,98			1999,76			1999,76	

Portées	1500			2000			2500			3000			3500			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,0000265	0,002	1925,98 962,99	0,0000355	0,002	1925,98 962,99	0,0000445	0,002	1925,98 962,99	0,0000535	0,002	1925,98 962,99	0,0000625	0,002	1925,98 962,99	
2	0,0001025	0,003	1927,20 963,60	0,0001435	0,004	1928,90 964,45	0,0001785	0,004	1928,90 964,45	0,0002145	0,004	1928,90 964,45	0,000253	0,005	1931,12 965,56	
3	0,000241	0,004	1928,90 964,45	0,0003215	0,005	1931,12 965,56	0,000402	0,005	1931,12 965,56	0,000499	0,006	1933,80 966,90	0,0005635	0,006	1933,80 966,90	
4	0,0004385	0,006	1933,80 966,90	0,0005725	0,007	1936,96 968,48	0,000716	0,007	1936,96 968,48	0,0008595	0,008	1940,64 970,32	0,001006	0,008	1940,64 970,32	
5	0,000671	0,007	1936,96 968,48	0,000895	0,008	1940,64 970,32	0,00112	0,009	1944,80 972,40	0,001345	0,010	1949,44 974,72	0,0015695	0,010	1949,44 974,72	
6	0,000967	0,008	1940,64 970,32	0,0012905	0,010	1944,80 972,40	0,001645	0,011	1954,56 977,28	0,002015	0,012	1960,16 980,08	0,0023645	0,013	1966,28 983,14	
7	0,00143	0,010	1949,44 974,72	0,001759	0,011	1954,56 977,28	0,0022015	0,012	1960,16 980,08	0,002645	0,013	1966,28 983,14	0,0030895	0,015	1979,96 989,98	
8	0,00172	0,011	1954,56 977,28	0,002301	0,013	1960,16 980,08	0,0028805	0,014	1972,88 986,44	0,0034645	0,015	1979,96 989,98	0,0040685	0,017	1995,60 997,80	
9	0,002133	0,012	1960,16 980,08	0,0029445	0,014	1972,88 986,44	0,003654	0,016	1987,52 993,76	0,004307	0,017	1995,60 997,80	0,0051375	0,019	2013,20 1006,60	
10	0,0026995	0,014	1972,88 986,44	0,003685	0,016	1987,52 993,76	0,0045225	0,017	1995,60 997,80	0,0054615	0,019	2013,20 1006,60	0,006374	0,021	2032,72 1016,36	
11	0,0032715	0,015	1979,96 989,98	0,004376	0,017	1995,60 997,80	0,0054875	0,019	2013,20 1006,60	0,0066035	0,021	2032,72 1016,36	0,00773	0,023	2054,24 1027,12	
12	0,0039005	0,016	1987,52 993,76	0,0052205	0,019	2013,20 1006,60	0,0065505	0,021	2032,72 1016,36	0,007891	0,023	2054,24 1027,12	0,009244	0,025	2077,68 1038,84	
13	0,0045865	0,018	2004,16 1002,08	0,006143	0,020	2032,72 1016,36	0,007835	0,023	2054,24 1027,12	0,0092985	0,025	2077,68 1038,84	0,01088985	0,027	2103,08 1051,54	
14	0,00533	0,019	2013,20 1006,60	0,007145	0,022	2032,72 1016,36	0,0089785	0,024	2065,72 1032,86	0,0108315	0,027	2103,08 1051,54	0,0127055	0,029	2130,44 1065,22	
15	0,006136	0,020	2032,72 1016,36	0,0082275	0,023	2054,24 1027,12	0,0103475	0,026	2090,16 1045,08	0,0124945	0,029	2130,44 1065,22	0,0146685	0,022	2286,48 1143,24	



Portées	4000			4500			5000			5500			6000			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,0000715	0,003	1937,20 1931,12	0,00008	0,003	1937,20 1931,12	0,0000895	0,003	1937,20 1931,12	0,000098	0,003	1937,20 1933,80	0,000107	0,003	1937,20 1933,80	
2	0,0002895	0,005	1936,96 1931,12	0,0003215	0,005	1936,96 1931,12	0,0003575	0,005	1936,96 1931,12	0,0003945	0,006	1936,96 1933,80	0,000429	0,006	1936,96 1933,80	
3	0,000644	0,007	1936,96 1931,12	0,0007245	0,007	1936,96 1931,12	0,0008055	0,008	1936,96 1931,12	0,000886	0,008	1936,96 1933,80	0,000967	0,008	1936,96 1933,80	
4	0,0011445	0,009	1944,80 1931,12	0,0012905	0,010	1944,80 1931,12	0,0014335	0,010	1944,80 1931,12	0,001573	0,011	1944,80 1931,12	0,001723	0,011	1944,80 1931,12	
5	0,001795	0,011	1954,56 1931,12	0,0020205	0,012	1954,56 1931,12	0,0022465	0,012	1954,56 1931,12	0,002475	0,013	1954,56 1931,12	0,0026995	0,014	1954,56 1931,12	
6	0,0025905	0,013	1972,88 1931,12	0,0029017	0,014	1972,88 1931,12	0,0032445	0,015	1972,88 1931,12	0,003572	0,016	1972,88 1931,12	0,0039005	0,016	1972,88 1931,12	
7	0,0033355	0,015	1979,96 1931,12	0,0039825	0,016	1979,96 1931,12	0,004431	0,017	1979,96 1931,12	0,0048775	0,018	1979,96 1931,12	0,0053305	0,019	1979,96 1931,12	
8	0,004657	0,018	2004,16 1931,12	0,0052205	0,019	2004,16 1931,12	0,00581	0,020	2004,16 1931,12	0,0063135	0,021	2004,16 1931,12	0,006955	0,022	2004,16 1931,12	
9	0,0060265	0,020	2032,72 1931,12	0,006634	0,021	2032,72 1931,12	0,007387	0,022	2032,72 1931,12	0,0081435	0,024	2032,72 1931,12	0,0089035	0,024	2032,72 1931,12	
10	0,0074715	0,022	2054,24 1931,12	0,0082275	0,023	2054,24 1931,12	0,009169	0,025	2054,24 1931,12	0,0101105	0,026	2054,24 1931,12	0,01106	0,027	2054,24 1931,12	
11	0,0090825	0,025	2077,68 1931,12	0,0100065	0,026	2077,68 1931,12	0,011155	0,027	2077,68 1931,12	0,012312	0,029	2077,68 1931,12	0,0133845	0,030	2077,68 1931,12	
12	0,0108645	0,027	2103,08 1931,12	0,0119765	0,028	2103,08 1931,12	0,0133605	0,030	2103,08 1931,12	0,0146635	0,033	2103,08 1931,12	0,01607	0,033	2103,08 1931,12	
13	0,012823	0,029	2130,44 1931,12	0,014144	0,022	2130,44 1931,12	0,015791	0,023	2130,44 1931,12	0,017454	0,024	2130,44 1931,12	0,019134	0,025	2130,44 1931,12	
14	0,015038	0,022	2286,48 1931,12	0,0165175	0,024	2286,48 1931,12	0,018456	0,025	2286,48 1931,12	0,020918	0,026	2286,48 1931,12	0,0224035	0,027	2286,48 1931,12	
15	0,017945	0,024	2331,44 1931,12	0,019104	0,025	2331,44 1931,12	0,021705	0,027	2331,44 1931,12	0,0237115	0,028	2331,44 1931,12	0,0259915	0,029	2331,44 1931,12	

Portées	6500			7000			7500			8000			8500			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,000116	0,003	1927,20 963,60 1933,80	0,000125	0,003	1927,20 963,60 1933,80	0,000134	0,003	1927,20 963,60 1933,80	0,0001435	0,004	1928,90 964,45 1936,96	0,000152	0,004	1928,90 964,45 1936,96	
2	0,000465	0,006	1944,80 972,40 1954,56	0,0005005	0,006	1944,80 972,40 1954,56	0,0005365	0,006	1944,80 972,40 1954,56	0,0005725	0,007	1949,44 974,72 1966,28	0,000608	0,007	1949,44 974,72 1966,28	
3	0,001048	0,009	1972,88 987,28 1995,60	0,001285	0,009	1972,88 987,28 1995,60	0,00156	0,009	1972,88 987,28 1995,60	0,001905	0,010	1987,52 993,76 2013,20	0,002447	0,010	1987,52 993,76 2013,20	
4	0,001867	0,011	1995,60 997,80 2023,72	0,002011	0,012	1995,60 997,80 2023,72	0,002383	0,012	1995,60 997,80 2023,72	0,002801	0,013	2004,16 1002,08 2032,72	0,003605	0,013	2004,16 1002,08 2032,72	
5	0,0029325	0,014	2023,72 1011,36 2054,24	0,0031535	0,015	2023,72 1011,36 2054,24	0,003883	0,015	2023,72 1011,36 2054,24	0,0048895	0,018	2077,68 1038,84 2116,52	0,005605	0,018	2077,68 1038,84 2116,52	
6	0,0042295	0,017	2054,24 1021,62 2090,16	0,004559	0,018	2054,24 1021,62 2090,16	0,00579	0,024	2054,24 1021,62 2090,16	0,007145	0,022	2103,08 1051,54 2144,88	0,0076095	0,022	2103,08 1051,54 2144,88	
7	0,0057825	0,020	2090,16 1032,86 2103,08	0,006355	0,020	2090,16 1032,86 2103,08	0,00879	0,024	2090,16 1032,86 2103,08	0,011205	0,027	2130,44 1065,22 2172,44	0,009997	0,026	2130,44 1065,22 2172,44	
8	0,007592	0,022	2103,08 1038,84 2116,52	0,00819	0,026	2103,08 1038,84 2116,52	0,011205	0,027	2103,08 1038,84 2116,52	0,014912	0,022	2144,88 1072,44 2186,48	0,0137535	0,029	2144,88 1072,44 2186,48	
9	0,0096665	0,025	2116,52 1045,08 2130,44	0,010433	0,026	2116,52 1045,08 2130,44	0,01205	0,027	2116,52 1045,08 2130,44	0,018365	0,025	2172,44 1085,84 2216,88	0,015889	0,023	2172,44 1085,84 2216,88	
10	0,012015	0,028	2130,44 1058,26 2172,44	0,012975	0,029	2130,44 1058,26 2172,44	0,013041	0,030	2130,44 1058,26 2172,44	0,023365	0,025	2216,88 1108,84 2258,32	0,019329	0,025	2216,88 1108,84 2258,32	
11	0,014649	0,022	2172,44 1085,84 2216,88	0,01583	0,023	2172,44 1085,84 2216,88	0,0170195	0,024	2172,44 1085,84 2216,88	0,025365	0,025	2258,32 1123,84 2300,16	0,023325	0,028	2258,32 1123,84 2300,16	
12	0,0175835	0,024	2216,88 1108,84 2258,32	0,019014	0,025	2216,88 1108,84 2258,32	0,020458	0,026	2216,88 1108,84 2258,32	0,029315	0,029	2300,16 1138,84 2350,76	0,03325	0,028	2300,16 1138,84 2350,76	
13	0,02084	0,026	2258,32 1123,84 2300,16	0,022449	0,027	2258,32 1123,84 2300,16	0,0328	0,028	2258,32 1123,84 2300,16	0,04315	0,029	2350,76 1168,84 2419,20	0,038015	0,030	2350,76 1168,84 2419,20	
14	0,024435	0,028	2300,16 1138,84 2350,76	0,026485	0,030	2300,16 1138,84 2350,76	0,04502	0,030	2300,16 1138,84 2350,76	0,05702	0,030	2419,20 1208,84 2479,20	0,048015	0,030	2419,20 1208,84 2479,20	
15	0,0285975	0,025	2350,76 1168,84 2419,20	0,030747	0,026	2350,76 1168,84 2419,20	0,06312	0,027	2350,76 1168,84 2419,20	0,08555	0,027	2479,20 1248,84 2519,20	0,0581615	0,029	2479,20 1248,84 2519,20	

Portées	9000			9500			10000			11000			12000			Portées
	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	Surface métallique	20 barres	Poids	
1	0,000161	0,004	1928,90 984,45	0,0001695	0,004	1928,90 984,45	0,0001785	0,004	1928,90 984,45	0,0001965	0,004	1928,90 984,45	0,0002145	0,004	1928,90 984,45	
2	0,000644	0,007	1936,96 988,48	0,00068	0,007	1936,96 988,48	0,000716	0,007	1936,96 988,48	0,000785	0,008	1940,64 970,32	0,0008595	0,008	1940,64 970,32	
3	0,00146	0,010	1949,44 974,72	0,001535	0,010	1949,44 974,72	0,001645	0,011	1954,56 977,28	0,001777	0,011	1961,16 979,96	0,001925	0,012	1961,16 979,96	
4	0,002595	0,013	1966,28 988,44	0,002735	0,014	1972,88 986,44	0,002885	0,014	1972,88 986,44	0,003135	0,015	1979,96 989,98	0,003465	0,015	1979,96 989,98	
5	0,004038	0,017	1995,60 997,80	0,004293	0,017	1995,60 997,80	0,004525	0,017	1995,60 997,80	0,004981	0,018	2004,16 1002,08	0,005465	0,019	2004,16 1002,08	
6	0,005871	0,020	2023,72 1011,36	0,006217	0,020	2023,72 1011,36	0,006555	0,021	2032,72 1016,36	0,0072195	0,022	2043,24 1021,62	0,007891	0,023	2054,24 1027,12	
7	0,008057	0,023	2054,24 1027,12	0,008518	0,024	2065,72 1032,86	0,0089785	0,024	2065,72 1032,86	0,009925	0,024	2085,72 1032,86	0,0108315	0,027	2103,08 1051,54	
8	0,010603	0,026	2090,16 1045,08	0,011215	0,027	2103,08 1051,54	0,011835	0,028	2116,52 1058,26	0,013052	0,029	2130,44 1065,22	0,014055	0,030	2144,88 1072,44	
9	0,0135345	0,030	1072,44	0,014319	40 barres	2286,48	0,015107	40 barres	2286,48	0,0166945	40 barres	2331,44	0,018397	40 barres	2355,36	
10	0,0168715	0,024	2331,44	0,01786	0,022	1143,24	0,0188545	0,022	1143,24	0,0208615	0,024	1165,72	0,022894	0,025	1177,68	
11	0,0206395	0,026	2386,32	0,0218585	0,024	1165,72	0,023098	0,025	1177,68	0,025663	0,026	1190,16	0,028556	0,027	1203,08	
12	0,024858	0,029	2460,88	0,026365	0,026	1190,16	0,027855	0,028	1216,52	0,0309405	0,029	1230,44	0,034838	0,031	1259,82	
13	0,029592	0,026	2670,48	0,031403	60 barres	2709,24	0,033345	60 barres	2709,24	0,0369625	60 barres	2791,32	0,041507	60 barres	2791,32	
14	0,034856	0,028	2749,56	0,0370285	0,026	1395,24	0,0392335	0,027	1395,24	0,043738	0,029	1439,73	0,04838	0,030	1473,32	
15	0,040713	0,030	2834,64	0,043307	0,029	1439,73	0,045946	0,029	1462,74	0,051421	0,031	1511,10	0,0569785	0,033	1536,50	
		0,030	1417,32		0,031	1439,73		0,032	1462,74		0,032	1511,10		0,035	1536,50	

### CHAPITRE III

#### 46. Désignation des colonnes des divers tableaux —

Nous allons, par quelques exemples, donner la marche à suivre pour calculer, à l'aide des tableaux qui précèdent, différents ouvrages, dans les meilleures conditions d'économie et d'encombrement.

Nous désignerons par la lettre H le tableau des hourdis simples, dans lesquels le plan des fibres neutres est situé dans le hourdis lui-même ; chaque colonne sera désignée par la charge en kilogrammes, et chaque ligne par la portée :

$$H - 400 - 5$$

indiquera la partie supérieure du hourdis simple capable de supporter 400 kilogrammes sur une portée de 5 mètres.

Nous désignerons par :

$$HS - 400 - 5$$

les mêmes données pour la partie supérieure du hourdis à nervures.

Les tableaux servant à calculer les hourdis armés seront désignés par la valeur de F, la charge, et la portée ; ainsi :

$$0,4 - 400 - 5$$

déterminera le hourdis capable de supporter 400 kilogrammes, avec une portée de 5 mètres, et dans lequel les axes des barres d'armature se trouveront à  $\frac{0^m,4}{2}$  du plan des fibres neutres.

**47. Exemples de calculs.** — Ceci posé, cherchons la meilleure solution qui conviendra pour un plafond de 5 mètres de portée, 6 mètres

de longueur, pouvant supporter une surcharge de 250 kilogrammes par mètre carré. C'est le cas d'une chambre à coucher.

Faisons d'abord le projet pour un plafond, sans nervures, d'épaisseur uniforme :

La partie située au-dessus du plan des fibres neutres sera donnée par :

$$H - 900 - 5.$$

La portion de hourdis ainsi définie a une hauteur de  $0^m,130$ , pesant 325 kilogrammes, et peut supporter une surcharge de  $900 - 650 = 250$ .

Nous en faisons un croquis, avec indication des dimensions et des poids (fig. 9).

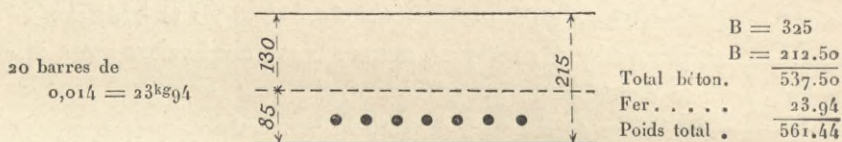


FIG. 9

Cherchons maintenant la solution pour la partie inférieure ; il faudra chercher naturellement la moindre épaisseur, nous trouverons une solution dans la colonne :

$$0,1 - 800 - 5.$$

Le poids de ce hourdis inférieur est de  $236^{kg},44$ , dont  $23^{kg},94$  de fer, il peut supporter une surcharge de :

$$800 - 472,88 = 327,12 > 250.$$

Sa hauteur est  $0^m,085$ .

Le poids total de ce hourdis est de  $561^{kg},44$ , dont  $23^{kg},94$  pour 20 barres de  $0,014$  diamètre.

Ce poids est trop élevé.

48. — Cherchons maintenant la solution que donnera un plafond à nervures.

Nous trouvons :

$$HS - 600 - 5$$

hourdis de  $0^m,057$  hauteur, pesant  $142^{kg},50$ , et pouvant porter une surcharge de  $600 - 285 = 315 > 250$ .

Nous calculerons les nervures en supposant qu'elles sont placées à des distances de 1 mètre, et que leur largeur est égale à 0<sup>m</sup>,10, ou un dixième de la portée entre nervures. Ces nervures seront la dixième partie du hourdis armé, pouvant porter 250 × 10 = 2 500 kilogrammes par mètre carré sur 5 mètres de portée. Cherchons encore la solution dans le tableau 0,10, nous la trouverons dans la colonne :

$$0,1 - 3500 - 5$$

qui correspond à un hourdis armé pesant 329<sup>kg</sup>,91, et pouvant supporter par mètre carré une surcharge de 3500 - 659,82 = 2840,18 > 2500 avec 20 barres de 0<sup>m</sup>,031. Prenant le dixième de ce hourdis, nous aurons une nervure de 0<sup>m</sup>,085 de hauteur, armée de deux barres de 0,031.

Cette nervure pèsera 32<sup>kg</sup>,99, et l'armature 11<sup>kg</sup>,74 (*fig. 10*).

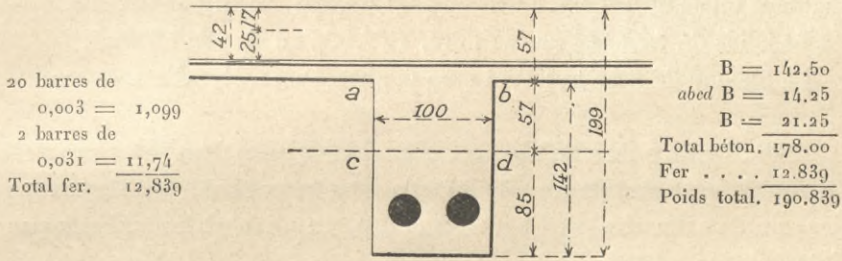


FIG. 10

49. — Il reste à calculer l'armature du hourdis supérieur, qui devra supporter une surcharge de 250 kilogrammes, sur une portée de 1 mètre ; on trouvera la solution dans la colonne :

$$H - 400 - 1$$

indiquant un hourdis de 0<sup>m</sup>,017 hauteur, pesant 42<sup>kg</sup>,50 et pouvant porter :

$$400 - 85 = 315^{\text{kg}} > 250^{\text{kg}}.$$

Le plan des fibres neutres sera compris dans l'épaisseur du hourdis. La hauteur de ce hourdis étant déjà fixée à 0<sup>m</sup>,057, si nous plaçons le plan des fibres neutres à 0<sup>m</sup>,017 du plan supérieur, il reste 0<sup>m</sup>,040 pour la partie à armer.

On trouvera la solution dans la colonne :

$$0,05 - 500 - 1$$

hourdis de 0<sup>m</sup>,040 hauteur, pesant 101<sup>kg</sup>,10, pouvant porter :

$$500 - 202,20 = 297^{\text{kg}},80 > 250^{\text{kg}}$$

comprenant 20 barres de 0<sup>m</sup>,003, du poids de 1<sup>kg</sup>,090. Les barres, jusqu'au diamètre 0,003, pourront être remplacées par un tissu métallique (89).

Il n'y aura que ce dernier poids à ajouter aux poids déjà déterminés puisque le hourdis de 0<sup>m</sup>,057 est déjà compté.

Il y a lieu d'ajouter aussi le poids de la poutre, située entre le hourdis et la nervure inférieure, au-dessus du plan des fibres neutres, indiqué par les lettres *a, b, c, d*. Ce poids est de 14<sup>kg</sup>,25 (fig. 10). Le poids total de cette disposition est 190<sup>kg</sup>,839 par mètre carré, au lieu de 585<sup>kg</sup>,38, donné par la première solution. L'encombrement même est moindre, puisque la hauteur totale du plafond à nervures est 0<sup>m</sup>,199, au lieu de 0<sup>m</sup>,215.

Le poids du fer aussi est moindre, 12<sup>kg</sup>,839 au lieu de 23<sup>kg</sup>,94.

Le plafond de 6 mètres aura cinq poutres à un mètre d'axe en axe (1).

**48<sup>bis</sup>. Usage des tableaux par interpolation et corrections des résistances du béton et du métal.** — Reprenons les solutions données par les n<sup>os</sup> 48 et 49, en utilisant les tableaux par interpolation : (32)

$$\text{HS} - 600 - 5$$

correspond à une surcharge de 315 kilogrammes au lieu de 250 kilogrammes et à une hauteur de 0,057 (48),

$$\text{HS} - 500 - 5$$

ne permettrait, pour une hauteur de 0,052, qu'une surcharge de

$$500 - 260 = 240 \text{ kilogrammes}$$

au lieu de 250 kilogrammes.

La différence est de 10 kilogrammes.

La différence entre 315 et 240 étant de 75 et celle des hauteurs

$$0,057 - 0,052 = 0,005,$$

---

(1) Voir, plus loin, pour le calcul des « Efforts tranchants », et celui des « Armatures transversales », les paragraphes qui portent ces titres (n<sup>os</sup> 90 et 93).

il y a lieu d'ajouter à la hauteur donnée par

$$HS - 500 - 5$$

la différence

$$0,005 \times \frac{\sqrt{10}}{\sqrt{75}} = 0,00182.$$

La hauteur du hourdis serait donc 0,05382 au lieu de 0,057 (1).

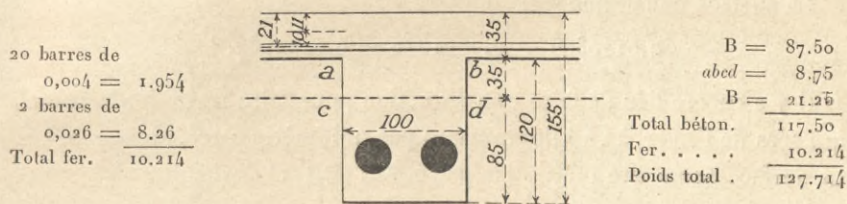


FIG. 10<sup>bis</sup>

Il y a lieu de faire une autre correction, si l'on admet, comme l'indique la circulaire ministérielle, qu'on puisse faire travailler le béton à la compression jusqu'à 56 kilogrammes par centimètre carré. La hauteur 0,05382 sera réduite à (23)

$$0,05382 \times 0,648 = 0,03488.$$

Soit 0<sup>m</sup>,035.

Pour le calcul des nervures, la solution sera placée entre

$$0,1 - 3500 - 5$$

qui permet une surcharge de 2840<sup>kg</sup>,18, au lieu de 2500, et

$$0,1 - 3000 - 5$$

qui donne :

$$3000 - 616,52 = 2483,48.$$

La différence est

$$2840,18 - 2483,48 = 356,70.$$

(1) Dans l'interpolation des surfaces de béton, il est plus exact de multiplier la différence  $\sigma$  par la racine carrée du rapport  $\frac{P' - P}{n}$ , soit :

$$\sigma \sqrt{\frac{P' - P}{n}}.$$



Pour répondre à la surcharge de 2500, il faut ajouter 16,52 à 2483,48.

D'un autre côté la différence des surfaces métalliques est :

$$0,0149745 - 0,0120395 = 0,0029350.$$

Il faudra ajouter à 0,0120395 la différence

$$0,0029350 \times \frac{16,52}{356,70} = 0,0001342,$$

La surface métallique sera

$$0,0120395 + 0,0001342 = 0,0121737.$$

Il y a encore lieu de faire une réduction pour faire travailler le métal, qui sera de l'acier, à 12 kilogrammes par millimètre carré, au lieu de 10.

La surface devra être multipliée par 0,885 (21) et deviendra

$$0^m,0121737 \times 0,885 = 0,0107738$$

correspondant à 20 barres de 0,026, soit, pour la nervure de 0<sup>m</sup>,10, 2 barres de 0,026, pesant 8<sup>kg</sup>,26.

**49<sup>bis</sup>.** — Calculons maintenant l'armature du hourdis :

La colonne

$$H - 400 - 1$$

permettant une surcharge de 315 kilogrammes avec une hauteur de 0,017, il y aura lieu de prendre la différence entre cette surcharge et celle donnée par :

$$H - 300 - 1$$

qui est de

$$300 - 75 = 225$$

avec 0,015 de hauteur.

La différence entre les surcharges est de :

$$315 - 225 = 90.$$

La différence des hauteurs est :

$$0,019 - 0,015 = 0,004.$$

Il faut obtenir 250 kilogrammes au lieu de 225, soit 25 kilogrammes de plus ; il faudra augmenter 0,015 de

$$0,004 \times \frac{\sqrt{25}}{\sqrt{90}} = 0,00210818.$$

La hauteur sera  $0^m,0171$  ;

Faisant la correction de la résistance du béton de 25 kilogrammes à 56 kilogrammes, nous aurons :

$$0,0171 \times 0,648 = 0,011.$$

Il restera au-dessous du plan des fibres neutres

$$0,035 - 0,011 = 0,024.$$

pour la partie à armer :

$$0,02 - 400 - 1$$

donnerait une solution en permettant une surcharge de :

$$400 - 103,90 = 296,10.$$

En interpolant entre

$$0,02 - 400 - 1$$

et

$$0,02 - 300 - 1$$

nous obtiendrons par les mêmes calculs que précédemment, une surface métallique suffisante :

$$0,02 - 300 - 1$$

permet une surcharge de

$$300 - 103,90 = 196,10.$$

Différence entre les surcharges :

$$296,10 - 196,10 = 100.$$

La différence entre 250 et 196,10 est :

$$250 - 196,10 = 53,90.$$

La différence entre les surfaces métalliques est :

$$0,00024155 - 0,00019115 = 0,0000504.$$

Il faudra ajouter à 0,00019115

$$0,0000504 \times \frac{53,90}{100} = 0,0000271656 ;$$

nous aurons

$$0,00019115 + 0,0000272 = 0,0002183156$$

surface qui, multipliée par 0,885, pour faire travailler l'acier à 12 kilogrammes, au lieu de 10 kilogrammes (24), nous donnera 0,00019321 correspondant à 20 barres de 0,004 pesant 1<sup>kg</sup>,954 ; au lieu de 20 barres de 0,003 pesant 1<sup>kg</sup>,099.

La diminution des épaisseurs de ciment amène naturellement une augmentation du poids de métal.

Les résultats obtenus dans les exemples qui suivent pourront être modifiés d'après les mêmes considérations ; toutefois, il faudra considérer qu'en faisant travailler le béton à 56 kilogrammes, les décintrements ne pourront être faits que très tardivement, un ou deux mois après confection, et que les ouvrages ne pourront être éprouvés et mis en service qu'au bout de trois mois.

**50.** — Souvent on sera forcé, si les poutres sont perpendiculaires à la façade, d'augmenter la distance de 1 mètre adoptée ci-dessus entre les nervures. Les calculs seront les mêmes, la largeur des nervures changera et sera augmentée, ainsi que son armature, en proportion de l'écartement ; il n'y aura que l'armature du hourdis, perpendiculairement aux nervures, qui sera augmentée pour répondre à une portée plus élevée.

**51.** — Supposons, par exemple, qu'on porte à 2 mètres l'écartement des nervures.

Elles auront 0<sup>m</sup>,20 de largeur, et seront armées de quatre barres de 0<sup>m</sup>,031. Quant à l'armature du hourdis, on la calculera en déterminant d'abord la hauteur de la partie supérieure, qui se trouvera dans la colonne

$$H - 500 - 2$$

qui comprend un hourdis de 0<sup>m</sup>,039 hauteur, du poids de 97<sup>kg</sup>,50 permettant une surcharge de

$$500 - 195 = 305^{\text{kg}} > 250$$

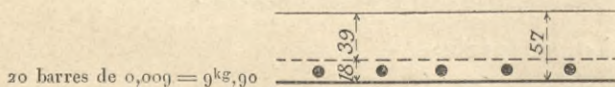


FIG. 11

Il restera, au-dessous du plan des fibres neutres 0<sup>m</sup>,18 pour la partie inférieure du hourdis à armer (*fig. 11*).



nervures principales, que nous appellerons poutres, tandis que nous donnerons le nom de poutrelles à ces nervures secondaires.

Ces nervures auront à supporter le poids du hourdis, sur 2 mètres de portée, et la surcharge :

La colonne

$$\text{HS} - 400 - 2$$

indiquerait un hourdis de  $0^{\text{m}},019$  du poids de  $42^{\text{k}},5$  qui laisserait une surcharge possible de  $400 - 95 = 305 > 250$ , mais il y aurait au dessous de ces  $0^{\text{m}},019$ , dans le hourdis de  $0^{\text{m}},057$ , une hauteur de  $0^{\text{m}},038$  de béton qui pèse 95 kilos qu'il faut aussi supporter, et qui viennent s'ajouter à la surcharge, pour la porter à  $345^{\text{k}} > 305$ . Il faudra appliquer la solution qui sera donnée par la colonne

$$\text{HS} - 500 - 2$$

qui laissera une surcharge disponible

$$500 - 105 = 395^{\text{k}} > 345^{\text{k}}$$

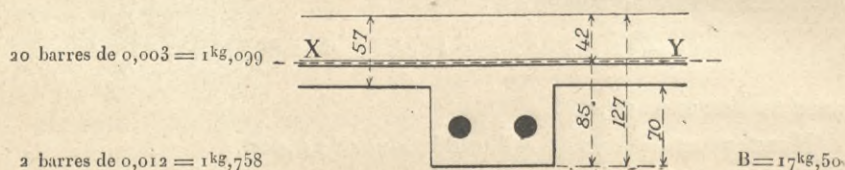


FIG. 13

La hauteur du hourdis sera  $0^{\text{m}},021$ , et le plan des fibres neutres sera  $0^{\text{m}},042$  au-dessous de la surface supérieure du hourdis (*fig. 13*). Si, de  $0^{\text{m}},057$ , nous retranchons  $0^{\text{m}},021$ , il restera en réalité, à soutenir, en plus de la surcharge de 250 kilos, un poids de béton de  $0^{\text{m}},036$  de hauteur, soit 90 kilos, en tout 340 kilogrammes.

La poutrelle se composera du dixième du hourdis armé capable de supporter 3 400 kilogrammes,

C'est la colonne

$$0,1 - 4000 - 2$$

qui donnera la solution en offrant une surcharge de

$$4000 - 460,16 = 3539,84 > 3400$$

avec 20 barres de  $0^{\text{m}},012$ .

La poutrelle aura 0<sup>m</sup>,10 de largeur, 0<sup>m</sup>,085 de hauteur au-dessous de XY et 0<sup>m</sup>,070 sous le hourdis, elle sera munie de deux barres de 0<sup>m</sup>,012, pesant 1<sup>kg</sup>,758.

Le poids du plafond ne sera augmenté que de 1<sup>kg</sup>,758 de fer, et du béton de la poutrelle, soit 17<sup>kg</sup>,50, en tout 19<sup>kg</sup>,258.

L'armature du hourdis de 0<sup>m</sup>,057 restera la même, elle sera dirigée perpendiculairement à la première, et parallèlement aux poutres.

**54.** — On pourrait trouver des solutions plus économiques en augmentant la hauteur des poutres ce qui diminuerait surtout les dimensions des armatures, mais il faut considérer qu'en augmentant l'encombrement, on est amené à surélever d'autant tout l'édifice, et que la dépense totale serait certainement plus grande.

Dans les ponts, la même raison n'existe pas, et on est libre de chercher l'économie dans de grandes hauteurs de poutres.

**55. Poids isolés.** — Supposons que, sur le plancher précédemment décrit (46 à 50), nous placions un poids de 800 kilogrammes, à 1<sup>m</sup>,50 d'un des appuis, et entre deux poutres, à 0<sup>m</sup>,25 et 0<sup>m</sup>,75, de ces deux poutres A et B (*fig. 14*).

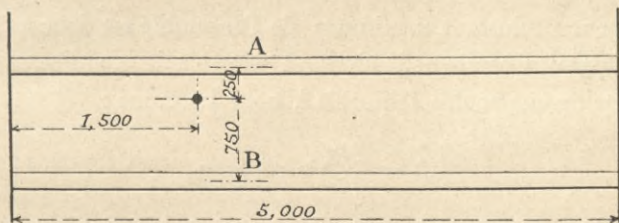


FIG. 14

Les fractions de cette charge portées par chaque poutre seront :  
pour la poutre A :

$$800 \times 0,75 = 600^{\text{kg}}$$

pour la poutre B :

$$800 \times 0,25 = 200^{\text{kg}}$$

La poutre A peut supporter 285 kilogrammes par mètre courant (48); son moment fléchissant maximum est, au centre, de

$$-\frac{285^{\text{kg}} \times 5^2}{8} = -890,625.$$

Le moment fléchissant maximum déterminé par la charge de 600 kilogrammes à 1<sup>m</sup>,50 de l'appui est (39)

$$- \frac{600 \times 1,50 \times 3,50}{5} = - 630$$

appliqué à 1<sup>m</sup>,50 de l'appui.

Le moment fléchissant de cette charge, au milieu de la poutre, est (39)

$$- \frac{600 \times 1,50}{2} = - 450.$$

Le moment fléchissant de la surcharge, par mètre courant, est, à 1<sup>m</sup>,50 de l'appui, pour la poutre A (38)

$$- \frac{285}{2} \times 1,50 \times (5 - 1,50) = - 748,12.$$

Ajoutons les deux moments fléchissants : au milieu de la poutre, nous aurons :

$$890,625 + 450 = 1340,625$$

et à 1<sup>m</sup>,50 de l'appui :

$$630 + 748,12 = 1378,12$$

Le moment fléchissant maximum de l'ensemble est donc 1378,12 à 1<sup>m</sup>,50 de l'appui. Cherchons la charge P' capable de produire ce moment fléchissant pour une poutre de portée l, nous poserons :

$$\frac{P'l^2}{8} = \frac{Pl^2}{n} = 1378,12$$

On aura

$$P' = \frac{P}{n} 8$$

$$\frac{P}{n} = \frac{1378,12}{25} = 55,12$$

et

$$P' = 55,12 \times 8 = 440,96$$

La poutre ayant 0,10 de largeur, il faut chercher la solution pour un hourdis armé pouvant porter 4409,6 sur 1 mètre de largeur.

1<sup>re</sup> solution. Nous la trouverons à la colonne

$$0,2 - 5500 - 5$$

hourdis de 0,135 hauteur qui peut porter

$$5500 - 827,68 = 4672,32 > 4409,6$$

avec 20 barres de 0,025 soit pour la poutre 2 barres de 0,025 (fig. 15).

**56.** — Une autre solution consistera, si l'on ne veut augmenter la hauteur de la poutre, à la mettre plus large, de 0<sup>m</sup>,20 de largeur, par exemple (fig. 16). La surcharge sera alors de moitié, soit

$$\frac{4409,6}{2} = 2204,8.$$

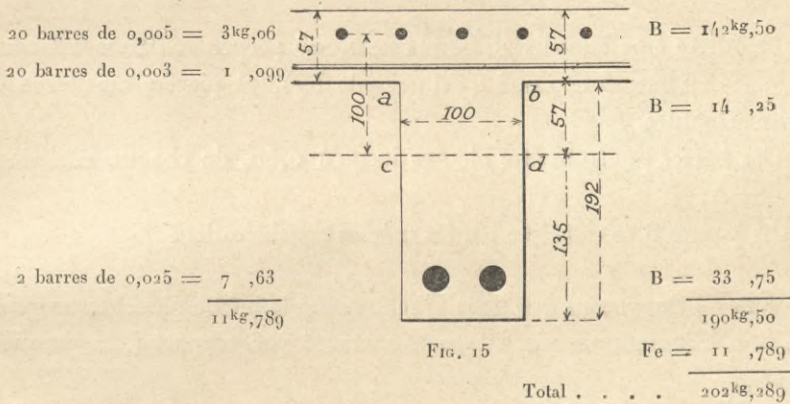


FIG. 15

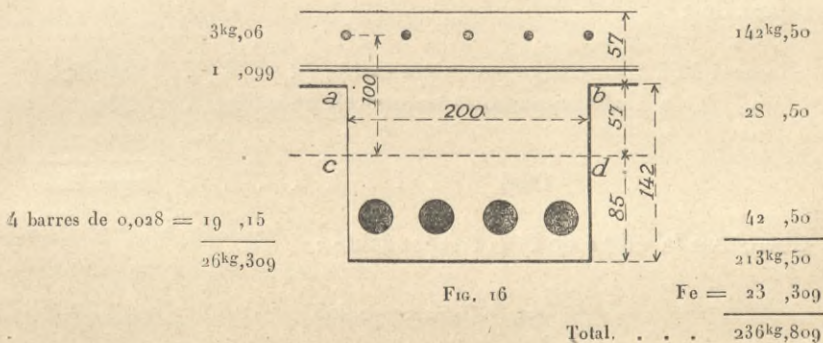


FIG. 16

2<sup>e</sup> solution. La colonne

$$0,1 - 3000 - 5$$

donnera la solution avec un hourdis pouvant supporter

$$3000 - 616,62 = 2383,38 > 2204,8$$



On aura une poutre de 0<sup>m</sup>,20 de largeur et 4 barres de 0,028 (*fig.* 16).  
On peut aussi dans ce cas placer une poutre intermédiaire.

Il y a lieu également de renforcer le hourdis supérieur pour qu'il puisse supporter 440<sup>kg</sup>,96.

Celui qui est prévu (48) ne peut porter que 315 kilogrammes, il faut supporter la différence, soit :

$$440,96 - 315 = 125,96$$

Afin de ne pas changer l'épaisseur de ce hourdis, on emploiera une armature supérieure :

$$0,2 - 200 - 5$$

qui ajoutera à ce hourdis 20 barres de 0,005 perpendiculaires à l'armature des 20 barres de 0,004 qu'il possède déjà, et placées au-dessus de cette armature.

Ces barres pourront être placées jusqu'à 0,50, de chaque côté de la poutre A.

La poutre B se calculera par les mêmes considérations.

**57.** — Supposons que nous ajoutions sur le même plancher un poids de 800 kilogrammes placé symétriquement par rapport à la première charge.

Le moment fléchissant maximum sera au centre de la poutre, il se compose de :

Moment dû à la surcharge par mètre carré . . . . .	890,625
» » 1 <sup>re</sup> charge isolée transportée au milieu . . . . .	450
» » 2 <sup>e</sup> » » » . . . . .	450
Total . . . . .	1 790,625

Cherchons la valeur de P' correspondante :

$$\frac{P'l^2}{8} = \frac{P}{n} l^2 = 1 790,625$$

$$\frac{P}{n} = \frac{1 790,625}{25} = 71,625$$

$$P' = 71,625 \times 8 = 573$$

La solution sera donnée par

$$0,2 - 7000 - 5$$

pouvant porter sur 1 mètre de largeur

$$7000 - 880,44 = 6119,56 > 5730$$

et, sur 0,10, largeur de la poutre, 611<sup>kg</sup>,95, avec deux barres de 0,029.

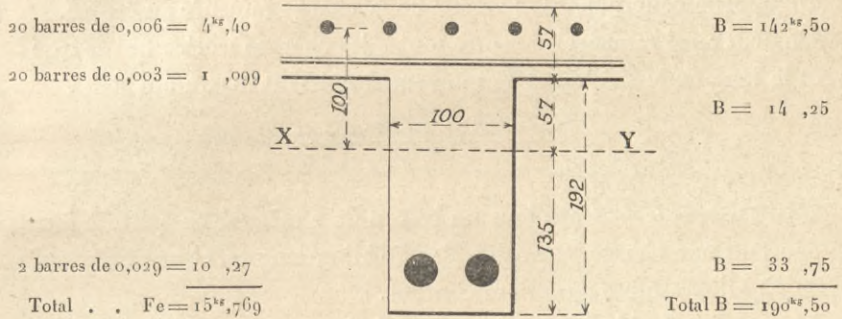


Fig. 17

Fe = 15 ,769
Poids total, . . . 206 <sup>kg</sup> ,269

On renforcera le hourdis qui, au lieu de 315 kilogrammes, devra porter 573 kilogrammes. Soit une différence :

$$573 - 315 = 258$$

La colonne

$$0,2 - 300 - 5$$

donnera la solution, avec 20 barres de 0,006, à placer à droite et à gauche de l'axe de la poutre A à 0<sup>m</sup>,50 de chaque côté.

**58.** — Dans la plupart des cas, lorsqu'il y aura des charges isolées, surtout de chaque côté du milieu de la portée, le moment fléchissant maximum sera au milieu de la poutre.

La valeur du moment fléchissant de ces charges  $p_1 p_2 p_3$  etc... a pour expression, au milieu de la poutre : (39)

$$\mu_1 = -\frac{p_1 d'}{2}$$

$d'$  étant la distance de  $p_1$ , à l'appui le plus rapproché. Ecrivons :

$$\mu_1 = -\frac{p_1 d'}{2} \times \frac{\frac{l}{4}}{\frac{l}{4}} = \frac{p_1 d'}{2} \times \frac{l}{4}$$

le moment fléchissant s'obtiendra en multipliant par  $\frac{l}{4}$  la quantité :

$$\frac{p_1 d'}{\frac{1}{2} l} = p_{1c}.$$

On appelle cette quantité : valeur de la charge ramenée au centre.

On peut ainsi ramener au centre toutes les charges isolées qui se trouvent le long de la poutre, et le moment fléchissant maximum sera :

$$\frac{p_{1c} + p_{2c} + p_{3c} + \dots}{2}.$$

**59. Balcon.** — Calculons un balcon de 2 mètres, en porte à faux, supportant une charge P par mq, de 250 kilogrammes, et une balustrade p de 25 kilogrammes par mètre courant.

Le moment fléchissant maximum est à l'encastrement, il est la somme des moments dus à la charge par mq, et au poids de la balustrade (44).

Cette somme a pour expression :

$$\mu = \frac{Pl^2}{2} + pl = 550.$$

Posons :

$$\frac{P'l^2}{8} = \frac{P}{n} l^2 = 550 \quad \frac{P}{n} = 137,50$$

et

$$P' = \frac{P}{n} \times 8 = 1100$$

P' est la charge par mètre carré d'un hourdis de 2 mètres de longueur capable de produire un moment fléchissant maximum égal à 550. On obtiendra ce hourdis au moyen de deux demi hourdis armés :

$$0,1 - 2000 - 2$$

donnera la solution en supportant :

$$2800 - 444,80 = 1555,20 > 1100$$

On aura ainsi un hourdis d'une hauteur de 0<sup>m</sup>,170, armé de 20 barres de 0<sup>m</sup>,009, en haut, et 20 barres semblables en bas (fig. 18).

Le poids du béton sera . . . . .	212,50 × 2 = 425
» de fer . . . . .	9,90 × 2 = 19,80
Total par mq . . . . .	444,80

Ce balcon serait très lourd.

**60.** — On peut placer un hourdis plus mince sur des poutres distantes de 1 mètre et formant le dixième d'un hourdis d'un mètre capable de supporter  $1100 \times 10 = 11000$  kilogrammes.

$$0,1 - 12000 - 2$$

donnera un hourdis pouvant porter :

$$12000 - 532,72 = 11467^{\text{kg}},28 > 11000$$

soit un supplément de  $467^{\text{kg}},28$ .

Doublons ce hourdis, prenons-en le dixième, nous aurons une poutre de 0,170 de hauteur, 0,10 de largeur, armée de 2 barres, de 0,021 en haut, et autant en bas. Cette poutre pèsera :

Pour le béton. . . . .	$21,05 \times 2 = 42,50$
Pour le fer . . . . .	$5,39 \times 2 = 10,78$
Total . . . . .	<u>53,08</u>

**61.** — Le hourdis s'étendra entre deux poutres, il portera une surcharge de 250 kilogrammes sur 1 mètre de portée ; il sera donné par :

$$H - 400 - 1$$

pour la partie supérieure, avec 0,017 hauteur, et pesant  $42^{\text{kg}},50$  par mètre carré (*fig. 19*). L'armature inférieure est donnée par :

$$0,1 - 400 - 1$$

avec 0<sup>m</sup>,10 hauteur pesant 25 kilogrammes et 20 barres de 0,006 pesant  $4^{\text{kg}},40$ . La hauteur totale de ce hourdis est 0,027, et il pèsera :

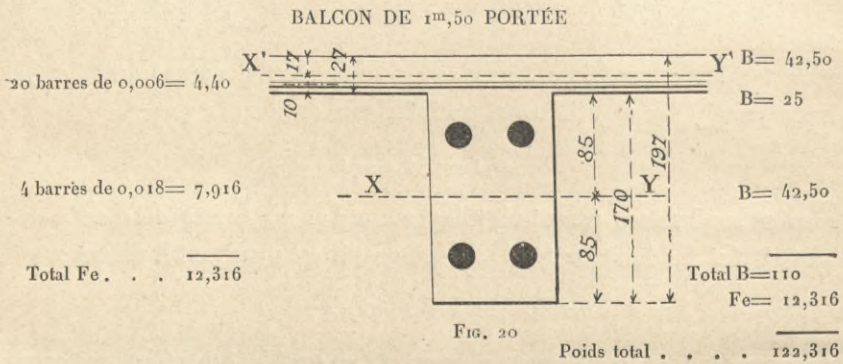
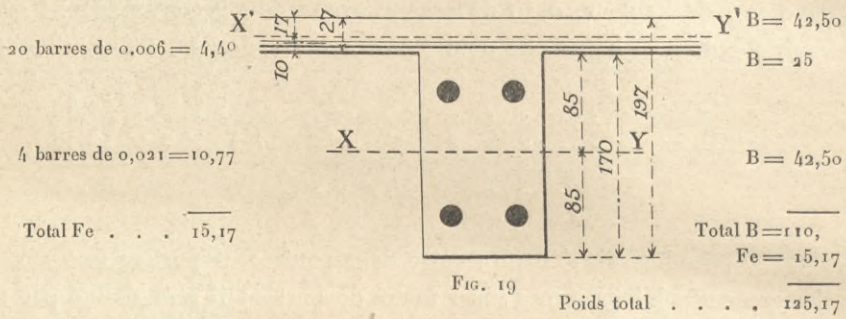
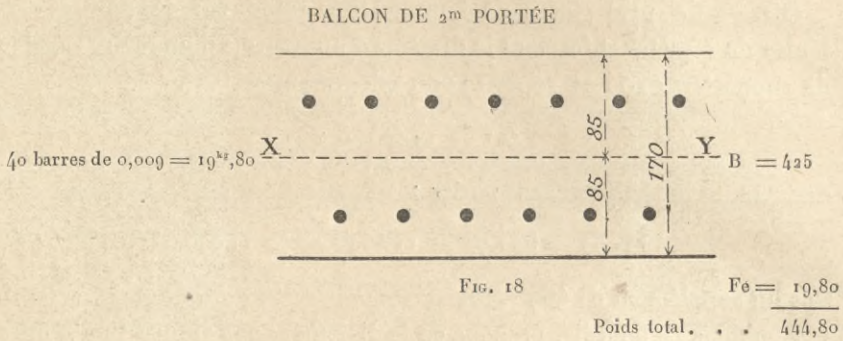
$$42,50 + 25 + 4,40 = 71,90$$

La poutre prévue ci-dessus n'ayant qu'un excédent de résistance capable de supporter  $467^{\text{kg}},28 \times 0,10 = 46^{\text{kg}},73$  ne suffira peut-être pas à porter le poids du hourdis, qui est de  $71^{\text{kg}},90$  ; il manquera

$$71,90 - 46,73 = 25,17.$$

Il y aurait donc lieu d'augmenter les armatures de la poutre..

Nous sommes conduits à faire une interpolation.



et chercher la surface suffisante métallique pour soutenir, sur 2 mètres de portée :

$$11\,467,28 + 251,70 = 11\,719,98.$$

Prenons la différence des surfaces métalliques entre :

$$0,1 - 12\,000 - 2 \quad \text{et} \quad 0,1 - 11\,000 - 2$$

elle est de

$$0,0069115 - 0,00624 = 0,0006715$$

Les charges correspondantes sont :

$$12\ 000 \quad \text{et} \quad 11\ 000$$

La différence est 1 000.

La surface métallique à ajouter à 0,00624 pour 719,98 sera donnée par (32)

$$\frac{719,98}{1000} \times 0,0006715 = 0,000494728.$$

On aura :

$$0,00624 + 0,00049728 = 0,006734728$$

correspondant à 20 barres de 0,021

L'armature de quatre barres de 0,021 sera donc suffisante.

Les piliers de la balustrade seront scellés, dans les poutres, à 0<sup>m</sup>,10 de l'extrémité.

**62.** — Supposons que la largeur du balcon ne soit que 1<sup>m</sup>,50, nous ferons le calcul des dimensions, en employant l'interpolation, entre 1 mètre et 2 mètres, des résultats donnés par les tableaux.

Le moment fléchissant maximum sera à l'encastrement, et aura pour valeur :

$$\mu = \frac{Pl^2}{2} + pl = 318,75$$

Posons :

$$\frac{P'l^2}{8} = \frac{P}{n} l^2 = 318,75 \quad \frac{P}{n} = 141,6$$

$$P' = \frac{P}{n} \times 8 = 1\ 132,80.$$

Prenons la colonne :

$$0,1 - 12\ 000.$$

En interpolant entre les surfaces métalliques 0,0069115 et 0,0017625, indiquées pour 12 000 — 1 et 12 000 — 2, nous aurons, pour 1<sup>m</sup>,50, une surface moyenne de 0<sup>m</sup>,004337, qui correspond à 20 barres de 0<sup>m</sup>,017, avec un excès de 0<sup>m</sup>,0002426, et le hourdis pèsera 247<sup>kg</sup>,80 (*fig.* 20).

Ce hourdis pourra donc supporter une charge de :

$$12\ 000 - 495,60 = 11\ 504,40 > 11\ 328$$

Doublons ce hourdis, et prenons le dixième, nous aurons une poutre de 0,170 hauteur, 0,10 largeur, armée en haut et en bas, à 0,05 du plan des fibres neutres, de quatre barres de 0,017.

Cette poutre pèsera :

pour le béton . . . . .	21,25 × 2 = 42,50
pour l'armature . . . . .	3,53 × 2 = 7,06
Total . . . . .	49,56

**63.** — Le hourdis supérieur sera le même que dans l'exemple précédent, il pèsera 71<sup>kg</sup>,90. Mais l'excès de résistance, entre la poutre qui peut supporter 1150<sup>kg</sup>,44, et la charge, qui est de 1132,80, n'est que de 17,64 < 71,90.

La poutre ne pourrait supporter ce hourdis.

L'insuffisance est de 54,26.

L'interpolation entre les surfaces métalliques

$$0,1 - 11000 - 1 \quad \text{et} \quad 0,1 - 11000 - 2$$

donne pour 1<sup>m</sup>,50 une surface métallique de 0,003827.

La différence avec 0,1 — 12000 — 1,50 est de

$$0,004337 - 0,003827 = 0,000510.$$

On aurait la même différence entre

$$0,1 - 13000 - 1,50 \quad \text{et} \quad 0,1 - 12000 - 1,50$$

et l'augmentation de surface métallique, pour une insuffisance de 542,60, serait de :

$$\frac{0,000510 \times 542,60}{1000} = 0,000276726.$$

Les 20 barres de 0,017 n'ayant qu'un excès de 0,0002426, il y aura lieu d'avoir recours à des barres de 0,018.

**64. Pont.** — Calculons un pont de trois travées égales (*fig. 21*), de 10 mètres, portant une surcharge de 400 kilogrammes par mètre carré.

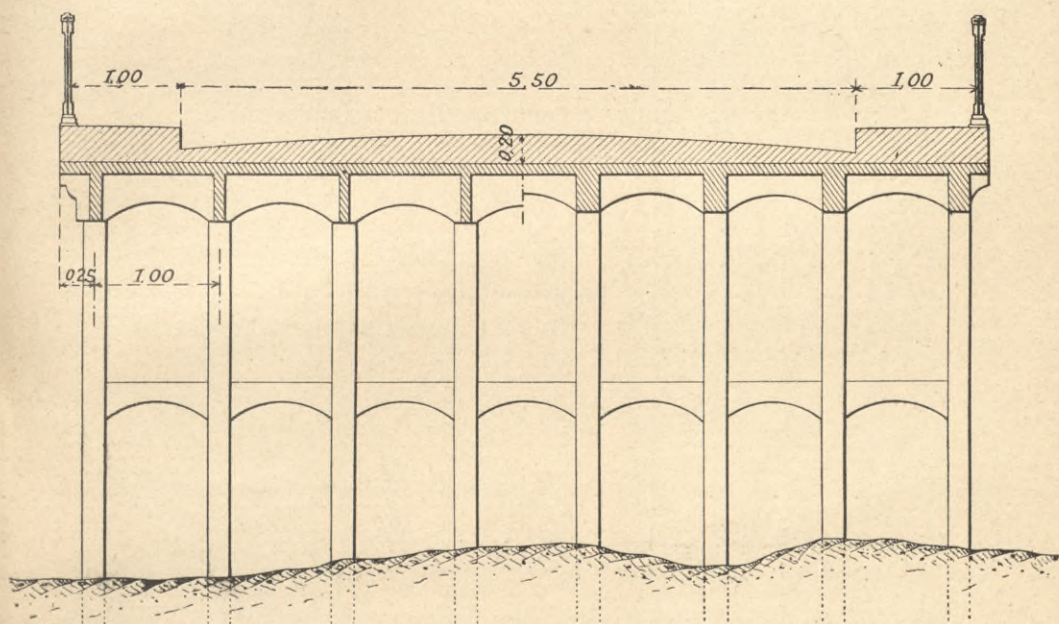
La charge permanente se compose, outre le poids des poutres, du poids de l'empierrement, que nous supposons de 0<sup>m</sup>,20 d'épaisseur, pesant 500 kilogrammes par mètre carré.

La surcharge, fixée à 400 kilogrammes par mètre carré, suivant les exigences de la circulaire ministérielle du 29 août 1891, suffit pour tenir compte des charges roulantes.

Nous aurons donc une charge totale de 900 kilogrammes par mètre carré sur la chaussée.

Les trottoirs pèseront 600 kilogrammes par mètre carré, mais comme la surcharge n'y dépasse pas 300 kilogrammes, la charge totale sera la même que sur la chaussée, soit  $P = 900$  kilogrammes.

FIG. 21



**65.** — Il y a lieu, dans un pont à plusieurs travées, de proportionner l'armature aux différents moments fléchissants auxquels les poutres sont soumises dans leurs différentes sections.

Calculons ces moments :

Soient :  $\mu_0, \mu_1, \mu_2, \mu_3$ , les moments fléchissants aux appuis : ils sont liés par les relations (formule de Clapeyron) :

$$\mu_1 + 4\mu_2 + \mu_3 = \frac{Rl^2}{2}$$

$$\mu_0 + 4\mu_1 + \mu_2 = \frac{Rl^2}{2}$$



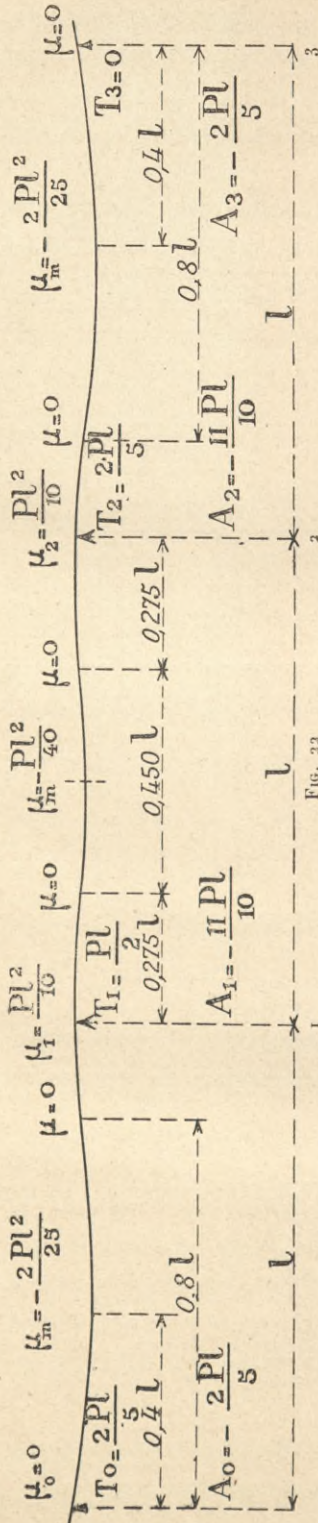


FIG. 32

Multiplions par 4 les deux membres de la première de ces équations. nous aurons,  $\mu_0$  et  $\mu_3$  étant nuls, en retranchant la 2<sup>e</sup> équation :

$$4\mu_1 + 16\mu_2 = \frac{4Pl^2}{2}$$

$$4\mu_1 + \mu_2 = \frac{Pl^2}{2}$$


---


$$15\mu_2 = \frac{3Pl^2}{2}$$

d'où

$$\mu_2 = \frac{Pl^2}{10}$$

Par symétrie nous aurons aussi :

$$\mu_1 = \frac{Pl^2}{10}$$

**66.** — Calculons maintenant les efforts tranchants aux appuis  $T_0, T_1, T_2, T_3$ .

Ils sont donnés par les formules suivantes,  $\mu_0$  et  $\mu_3$  étant nuls :

$$T_0 l = \mu_0 + \frac{Pl^2}{2} - \mu_1 \quad T_0 = \frac{2Pl}{5}$$

$$T_1 l = \mu_1 + \frac{Pl^2}{2} - \mu_2 \quad T_1 = \frac{Pl}{2}$$

$$T_2 l = \mu_2 + \frac{Pl^2}{2} - \mu_3 \quad T_2 = \frac{2Pl}{5}$$

$$T_3 = 0.$$

**67.** — La valeur, en un point  $x$  quelconque, des moments fléchissants, est, entre 0 et 1 :

$$\mu = \mu_0 - T_0 x + \frac{Px^2}{2}$$

entre 1 et 2 :

$$\mu = \mu_1 - T_1 x + \frac{Px^2}{2}$$

entre 2 et 3

$$\mu = \mu_2 - T_2 x + \frac{Px^2}{2}$$

**68.** — Cherchons les points où ces moments fléchissants sont nuls :  
Nous aurons de 0 à 1,  $\mu_0$  étant nul ;

$$\frac{Px^2}{2} - T_0x = 0$$

d'où

$$x = \frac{2T_0}{P} = \frac{4l}{5}.$$

Le maximum de  $\mu$  aura lieu, dans cette travée pour :

$$x = \frac{2l}{5}$$

et sera égal à

$$-\frac{2Pl^2}{25}.$$

Entre 1 et 2, nous aurons, pour  $\mu = 0$

$$\frac{Px^2}{2} - \frac{Pl}{2}x + \frac{Pl^2}{10} = 0$$

et

$$x = \frac{\frac{Pl}{2} \pm \sqrt{\frac{P^2l^2}{4} - 4 \frac{P}{2} \times \frac{Pl^2}{10}}}{P}$$

on obtient deux valeurs de  $x$

$$x' = 0,725 l$$

$$x'' = 0,275 l$$

Le moment fléchissant maximum sera, dans cette travée, pour  $x = \frac{l}{2}$

$$\mu_m = -\frac{Pl^2}{40}.$$

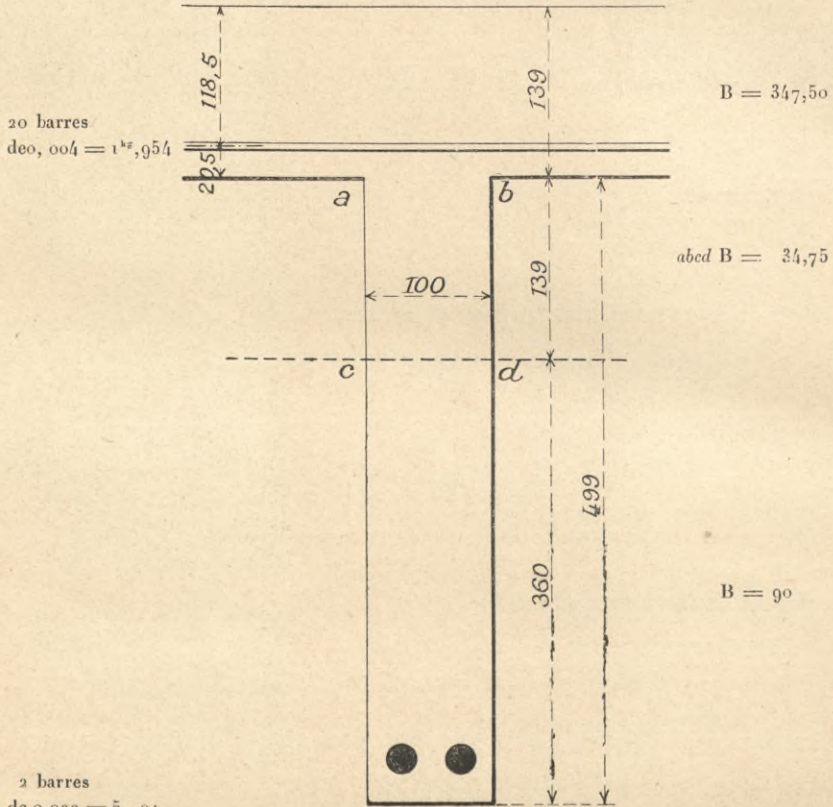
**69. Hourdis.** — Calculons le hourdis :

Pour n'avoir pas de trop fortes épaisseurs de béton, nous chercherons à obtenir une partie importante de la résistance par des armatures supérieures, et à n'attribuer à la résistance propre du hourdis qu'une fraction de la charge.

Nous proportionnerons les surfaces d'armatures aux moments fléchissants.

Calculons d'abord les sections pour le moment fléchissant correspondant au milieu de la travée centrale, et qui a pour valeurs  $\frac{Pl^2}{40}$ , nous ajouterons ensuite les armatures nécessaires pour résister aux moments fléchissants positifs des valeurs  $\frac{Pl^2}{10}$  qui correspondent aux appuis (fig. 23).

POUTRE MÉDIANE



20 barres  
de 0,004 = 1<sup>re</sup>,954

2 barres  
de 0,022 = 5 ,91

Total fer 7<sup>es</sup>864

FIG. 23

Total béton	472 <sup>es</sup> ,25
Fer	7 ,864
Poids total . . . . .	480 <sup>es</sup> ,114

Posons :

$$\frac{P'l^2}{8} = \frac{Pl^2}{40}$$

on trouve

$$P' = \frac{P \times 8}{40} = \frac{P}{5} = 180^{\text{kg}}$$

Cherchons le hourdis :

$$HS - 900 - 10.$$

nous donnera un hourdis de 0,139 hauteur, pouvant supporter

$$900 - 695 = 205 > 180.$$

Il pèsera  $347^{\text{kg}},50$  par mètre carré.

Ce hourdis régnera sur toute la longueur du pont.

**70. Poutre sur les appuis intermédiaires.** — Pour calculer la poutre, nous chercherons la charge  $P'$  correspondant au moment fléchissant maximum qui est sur les appuis, nous aurons :

$$\frac{P'l^2}{8} = \frac{P}{10} l^2$$

et

$$P' = \frac{P \times 8}{10} = 720^{\text{kg}}$$

Cherchons le hourdis armé qui pourra supporter 7 200 kilogrammes avec une portée de 10 mètres :

$$0,6 - 9500 - 10$$

donnera la solution, avec une poutre de 0<sup>m</sup>,10 largeur sur 0<sup>m</sup>,360 hauteur, armée de quatre barres de 0,027 pouvant porter

$$950 - 215,61 = 734,39 > 720$$

Elle pèsera  $107^{\text{kg}},81$  dont 90 kilogrammes béton et  $17^{\text{kg}},81$  fer (*fig. 24*)

Ces armatures seront prolongées jusqu'à 2<sup>m</sup>,75 de l'appui, sur la travée centrale, et jusqu'à 2 mètres sur les travées extrêmes.

**71. Poutre au milieu.** — Pour le milieu de la poutre centrale dont le moment fléchissant est  $\frac{Pl^2}{40}$  et  $P' = 180$  kilogrammes

$$0,6 - 3500 - 10$$

donne la solution avec un hourdis pouvant supporter

$$3500 - 1793,24 = 1806,76 > 1800$$

La poutre aura 0<sup>m</sup>,10 largeur, 2 barres de 0,022, et ne devrait avoir que 0,335 hauteur au-dessous du plan des fibres neutres (*fig. 23*),

mais, afin d'avoir partout une poutre d'égale hauteur, on maintiendra la hauteur 0<sup>m</sup>,360, et l'on mettra les deux barres d'armature à la suite des barres inférieures de la poutre calculée pour les points d'appui ; ces deux barres, qui auront 0<sup>m</sup>,022 diamètre, se trouveront ainsi abaissées de 0<sup>m</sup>,025, ce qui augmentera la résistance.

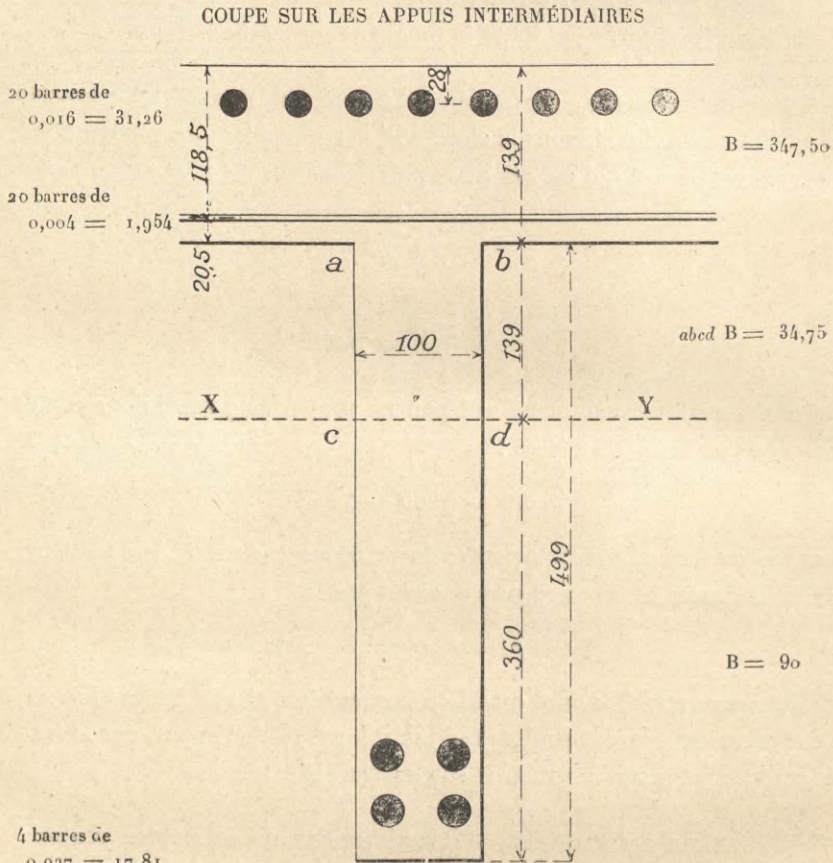


FIG. 24

Fer total 51,024

Béton total 473,25  
Fer 51,024

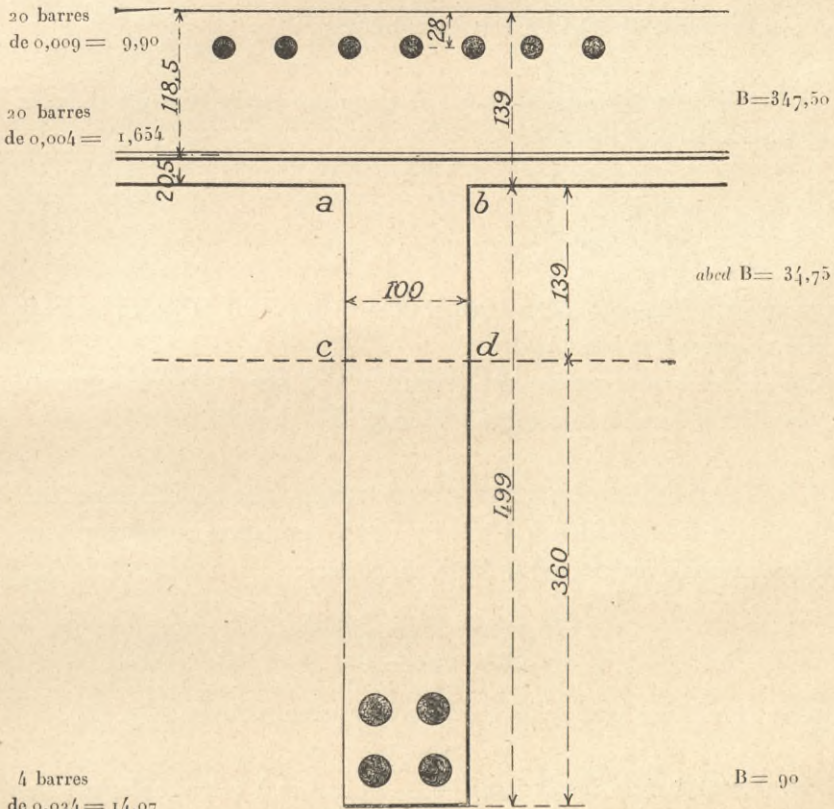
Poids total. . . . . 523,274

Dans cette partie médiane du pont, sur une longueur de 4<sup>m</sup>,50, la poutre pèsera 124<sup>kg</sup>,75 béton, plus 5<sup>kg</sup>,91 fer, et suffira, avec le hourdis supérieur déjà calculé, à assurer la résistance.

**72. Poutres des travées extrêmes.**— Dans les travées extrêmes, la charge  $P'$  sera :

$$\frac{P'l^2}{8} = \frac{2Pl^2}{25} P' = 576.$$

POUTRE DES TRAVÉES EXTRÊMES



4 barres  
de 0,024 = 14,07  
Total fer 25,924

FIG. 25

	B = 90
Total béton	472,25
fer	25,924
Poids total.	498,174

Le hourdis armé, dont le dixième donnera la poutre, devra supporter 5 760 kilogrammes.

donnera la solution avec un hourdis armé pouvant porter, avec 40 barres de 0,024 (*fig. 25*) :

$$8000 - 2081,44 = 5918,56 > 5760$$

dont on prendra le dixième.

**73.** — Calculons maintenant les armatures à placer dans le hourdis supérieur, au dessus du plan neutre, pour résister aux moments fléchissants aux appuis, et dans les travées extrêmes.

**Hourdis sur les appuis.** — La surface supérieure du hourdis est à 0,278 du plan neutre.

La charge à supporter est 900 kilogrammes plus le poids de hourdis  $347,50 = 1247,50$ .

$$0,5 - 1500 - 10$$

donnera la solution avec 20 barres, de 0,016, pesant  $31^{\text{kg}}26$ , placées à 0,250 au dessus du plan neutre.

Ces barres seront prolongées jusqu'à  $2^{\text{m}},75$  sur la travée centrale et jusqu'à  $2^{\text{m}}$ , vers les extrémités (*fig. 24*).

**74. Hourdis des travées extrêmes.** — Le hourdis supérieur résistant par compression à  $180^{\text{kg}},67$  (**71**), l'armature supérieure des poutres, aux travées extrêmes, devra supporter :

$$576 - 180,67 = 395,33$$

$$0,5 - 500 - 10$$

donnera la solution avec 20 barres de 0,009 pesant  $9^{\text{kg}},900$  (*fig. 25*).

**75. Armatures du Hourdis.** — Il restera à calculer l'armature du hourdis de 0,139 de hauteur sur 1 mètre portée.

La surcharge est 900 kilogrammes : outre cette surcharge, il y a lieu de soutenir le poids permanent du hourdis, soit  $347,50$  en tout  $1247,50$ .

$$H - 1300 - 1$$

donne une hauteur de hourdis de 0,031 pouvant supporter  $1300 > 1247,50$ . Il pèse 78 kilogrammes mais le poids de cette partie du hourdis a été compté dans la charge de  $1247,50$ .

L'armature inférieure sera donnée par

$$0,1 - 1500 - 1$$

hourdis de 0,085 avec 20 barres de 0,004, pesant 1<sup>kg</sup>,954.

La hauteur disponible sous le plan neutre est de

$$0,139 - 0,031 = 0,108 > 0,085$$

Ces barres pourront être abaissées de 0,0385, pour être portées à 0,05 au dessous du plan médian (78).

**76. Porte à faux des trottoirs.** — Calculons le porte à faux des trottoirs de chaque côté des poutres de rive.

Si nous prévoyons 7 poutres, ce porte à faux sera de 0,25, avec surcharge de 900 kilogrammes, et charge de la balustrade évaluée à 50 kilogrammes par mètre courant.

Le moment fléchissant, en supposant que ce porte à faux soit encastré, serait :

$$\mu = \frac{Pl^2}{2} + pl$$

soit

$$\frac{900 \times 0,25^2}{2} + 50 \times 0,25 = 70,75.$$

**77.** — Pour que ce porte à faux soit considéré comme encastré, il faut que le moment fléchissant que peut donner le hourdis soit au moins égal à 70,75 pour une portée de 1 mètre. Calculons P' :

$$\frac{P'l^2}{8} = \frac{P}{n} l^2 = 70,75$$

$$l = 1 \quad \frac{P}{n} = 70,75 \quad P' = \frac{70,75 \times 8}{1} = 566$$

Cherchons la hauteur de hourdis simple, travaillant à la compression, qui donne ce moment fléchissant, sur 1 mètre de portée.

$$H = 700 - 1$$

donnera un hourdis pouvant supporter

$$700 - 115 = 585 > 566$$



et la face inférieure du hourdis sera à 0<sup>m</sup>,023 du plan neutre ; il restera au dessus de ce plan.

$$0^m,139 - 0^m,023 = 0,116$$

Si nous cherchons la hauteur de béton, travaillant à la traction, qui peut donner le même moment fléchissant, nous trouvons (7) cette hauteur égale à

$$0,023 \times 3,162 = 0,075 < 0,116$$

Le hourdis, même sans armatures inférieures ni supérieures suffira. Nous prolongerons d'ailleurs dans l'intérieur de ce hourdis, les armatures du porte à faux, ce qui augmentera la sécurité.

**78.** — Nous pouvons donc calculer le porte à faux comme encasté. Posons

$$\frac{P'l^2}{8} = \frac{P}{n} l^2 = 68,75$$

$$l = 0,25 \quad \frac{P}{n} = 1100 \text{ et } P' = 1292 \times 8 = 8800$$

Nous faisons passer le plan des fibres neutres au milieu du hourdis, de 0<sup>m</sup>,139 que nous prolongeons pour former le porte à faux.

$$0,09 - 9000 - \frac{1}{4}$$

donnera la solution, par interpolation, avec une surface d'armatures de 0,0003204, soit 20 barres de 0,005, qu'on prolongera à 0<sup>m</sup>,50 au delà de la poutre de rive. Ces barres seront placées à 0,045 au dessus du plan médian, ou plus haut. Pour l'armature inférieure, nous avons déjà 20 barres de 0,004 dans le hourdis que nous continuerons, et dont la surface métallique qui est de 0<sup>m</sup> 0002514 à son centre de gravité situé à 0<sup>m</sup>,050 du plan médian du hourdis.

Cherchons la surface nécessaire pour compléter l'armature.

La Colonne

$$0,1 - 9000 - \frac{1}{4}$$

donnera, en interpolant, une surface métallique de

	0,00028675
Retranchant. . . . .	0,00025140
Il reste. . . . .	0,00003535

correspondant à 20 barres de 0,001 à intercaler entre les barres de 0,004. On prolongera en barres de 0,001 à 0,25 au delà de la poutre de rive.

Cette partie en porte à faux pèsera, outre le poids du hourdis du tablier, par mètre courant :

20 barres de 0,005 sur 0,75 longueur. . . . .	}	2 <sup>kg</sup> ,356
20 » » 0,001 sur 0,50 » (1) . . . . .	}	50 <sup>kg</sup> .
Main courante. . . . .		50 <sup>kg</sup> .
Total. . . . .		52 <sup>kg</sup> ,356

**79. Réactions des appuis.** — Les réactions des appuis  $A_0$ ,  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ , sont données par les formules :

$$A_0 = - T_0 = - \frac{2Pl}{5}$$

$$A_1 = T_0 - T_1 - Pl = - \frac{11Pl}{10}$$

$$A_2 = T_1 - T_2 - Pl = - \frac{11Pl}{10}$$

$$A_3 = T_2 - T_3 - Pl = - \frac{2Pl}{5}$$

Les appuis intermédiaires sont plus chargés, et supportent :

$$\frac{11Pl}{10}$$

Il y a lieu, pour le calcul des réactions des appuis, d'ajouter le poids du hourdis supérieur et des poutres, qui ne sont pas compris dans la charge de 900 kilogrammes.

En effet, les charges que nous avons choisies dans les tableaux étaient augmentées du poids des éléments de hourdis et de poutres, dont les moitiés ont composé les différentes parties du tablier, et les dimensions de ces divers éléments suffisent, et au delà, pour supporter la surcharge et le poids du tablier.

**80.** — C'est cette somme totale qui va être soutenue par les appuis, il y a donc lieu d'ajouter, à la charge de 900 kilogrammes par mètre carré, le poids moyen du mètre carré du tablier.

---

(1) On pourra remplacer les armatures de 0,001 par une toile métallique (89).

Nous avons tous les éléments pour calculer ce poids. En réunissant tous ces éléments, nous arrivons, pour le poids total de un mètre de largeur de tablier au chiffre de  $15102^{\text{kg}},63$ , soit par mètre carré :

$$503^{\text{kg}},414$$

en chiffres ronds :

$$500$$

P sera donc :

$$900 + 500 = 1400$$

La charge sur l'appui intermédiaire sera :

$$\frac{11Pl}{10} \text{ ou } \frac{11 \times 1400 \times 10}{10} = 15400$$

**81. Pieux intermédiaires.** — Supposons que nous posions le pont sur des pieux en béton armé.

Quelles seront la section et l'armature de ces pieux ?

Ils auront une résistance de 25 kilogrammes par centimètre carré de béton, ce qui donnerait, en supposant qu'on n'emploie pas d'armatures, une surface de béton :

$$\frac{15400}{25} = 616^{\text{cm}^2},00$$

Faisons porter par le béton les deux tiers de la charge, nous aurons, pour le béton, une surface de 0,04107. La différence

$$0,0616 - 0,04107 = 0,02053$$

devra être remplacée par une surface métallique équivalente quinze fois plus petite (36), soit :

$$\frac{0,02053}{15} = 0,001369$$

Nous aurons comme surface totale :

$$0,04107 \times 0,001369 = 0,042439$$

et pour côté du pieu :

$$\sqrt{0,042439} = 0,2059$$

Ce pieu sera armé de 4 barres de :

$$\frac{0,001369}{4} = 0,000342$$

soit 4 barres de 0<sup>m</sup>,021.

Le pieu pèsera par mètre courant

Béton.. . . . .	106
Fer . . . . .	10,77

**82. Pieux extrêmes.** — Les pieux des culées auront les dimensions suivantes :

Ils supporteront :

$$\frac{2Pl}{5} = \frac{2 \times 1400 \times 10}{5} = 5600$$

et auront, à 25 kilogrammes par centimètre carré, une surface de béton de :

$$\frac{5600}{25} = 224^{\text{cm}^2}$$

Conservons pour le béton les deux tiers de cette surface, soit 0,01494, ajoutons le tiers de cette surface divisé par 15, qui donne une surface métallique de :

$$\frac{0,00747}{15} = 0,000498$$

Nous aurons pour le côté du pieu :

$$\sqrt{0,01494 + 0,000498} = 0,132$$

L'armature se composera de quatre barres, dont la surface sera  $\frac{0,000498}{4} = 0,0001245$ , correspondant à un diamètre de 0,013.

Ce pieu pèsera par mètre courant :

Béton . . . . .	38 <sup>kg</sup> ,6
Fer.. . . . .	4 ,12

**83.** — Ces pieux seront entretoisés, après enfoncement, par un chapeau général qui entretoisera également les poutres : il sera bon de les relier aussi, à mi-hauteur, par des traverses horizontales, auxquelles on

pourra donner, ainsi qu'au chapeau, la forme de voûtelettes, dans un but d'ornementation ; les porte-à faux, en face la ligne des pieux, pourront être, dans le même but, supportés par des corbelets.

Ces nouveaux organes pourront être légèrement armés, quoiqu'il n'y ait pas nécessité.

**84. Emplois des barèmes pour des charges doubles.**— Si l'on veut éviter l'emploi de poutres de 0<sup>m</sup>,10 de largeur, qui, pour des hauteurs dépassant 0<sup>m</sup>,40, semblent disproportionnées, on peut employer des poutres de 0<sup>m</sup>,20 de largeur, en supposant que l'on ait deux poutres de 0<sup>m</sup>,10 accolées, chacune supportant la moitié de la charge par mètre carré.

C'est aussi un moyen de permettre de se servir de barèmes précédents pour des charges doubles de celles pour lesquelles ils sont prévus.

Faisons l'application de cette méthode pour le pont que nous venons de calculer.

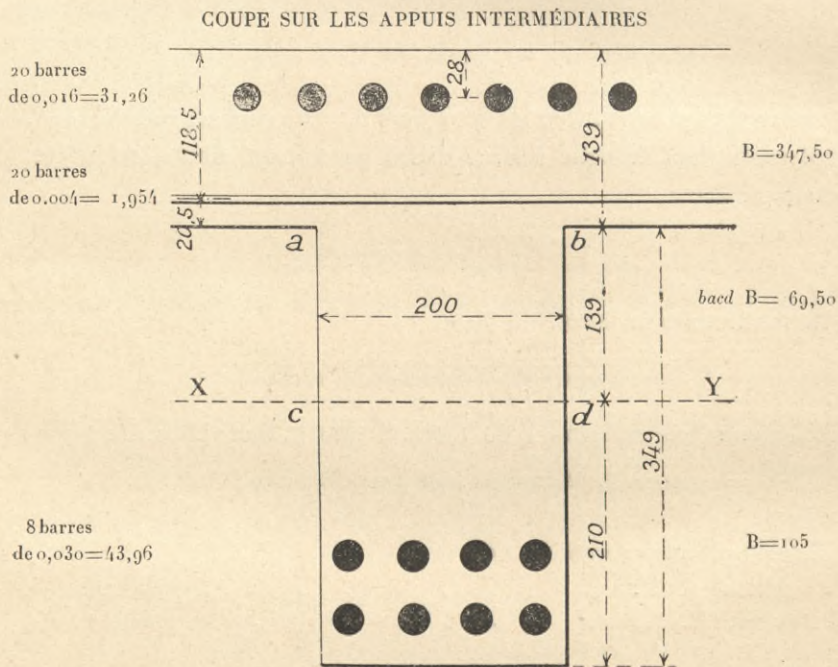


Fig. 26

Total fer  $\frac{76\ 774}{}$

Béton total  $\frac{522}{}$

fer  $\frac{76,774}{}$

Poids total. . .  $\frac{598,774}{}$

La partie supérieure ne change pas.

Nous avons trouvé, pour le calcul de la poutre sur les appuis : (70).

$$P' = 720 \text{ kilogrammes.}$$

En employant deux poutres de  $0^m, 10$ , chacune aura à soutenir

$$\frac{720}{2} = 360 \text{ kilogrammes.}$$

La Colonne

$$0,3 - 5500 - 10$$

donnera la solution avec une poutre de  $0,21$  de hauteur sous le plan neutre, pouvant supporter  $550 - 148,98 = 401,02 > 360$  elle sera armée de 4 barres de  $0,030$  (*fig. 26*).

Cette poutre doublée aura  $0^m, 20$  largeur,  $0,349$  hauteur, et pèsera :

Béton . . . . .	174,50
8 barres de $0,030$ . . . . .	43,98
Total . . . . .	<u>218,48</u>

La poutre  $0^m, 10$  largeur, et  $0^m, 499$  hauteur, primitivement prévue, ne pesait que  $124,75$  béton, et  $17,81$  fer, en tout  $142,56$ .

La dépense est sensiblement plus élevée.

**86.** — Appliquant la même méthode au moment fléchissant  $\frac{Pl^2}{40}$ , au milieu de la poutre centrale, nous aurons  $P' = 90$  kilogrammes au lieu de  $180$  (71).

$$0,3 - 2000 - 10$$

donnera

$$200 - 107,37 = 92,63 > 90$$

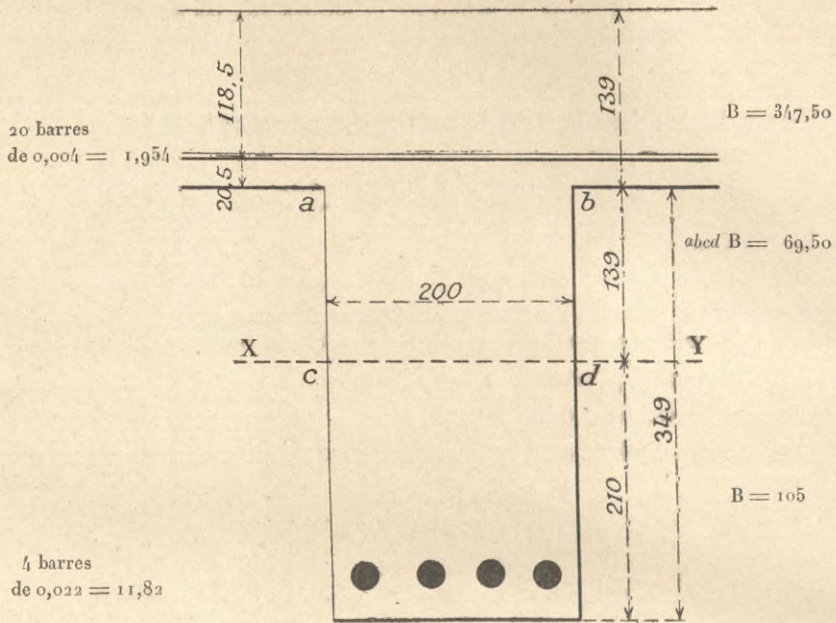
armé avec 2 barres de  $0,022$  (*fig. 27*).

La poutre aura  $0^m, 20$  largeur,  $0,349$  hauteur, et pèsera :

Béton . . . . .	= 174,50
4 barres de $0,022$ . . . . .	= 11,82
Total . . . . .	<u>186,32</u>

au lieu de  $124,75$  béton et  $5,90$  fer donnant un total de  $130^{\text{kg}}, 65$ .

POUTRE MÉDIANE



20 barres  
de 0,004 = 1,954

B = 347,50

abcd B = 69,50

4 barres  
de 0,022 = 11,82

B = 105

Total fer 13,774

FIG. 27

Béton total	522
fer	13,774

Poids total. . . . . 535,774

87. — La poutre, dans les travées extrêmes où le moment fléchissant est  $\frac{2Pl^2}{25}$ , donnera pour P la valeur 576 kilogrammes dont la moitié est 288 kilogrammes (72).

C'est

$$0,3 - 4500 - 10$$

qui donnera la solution, avec un hourdis dont le dixième supportera :

$$450 - 140,62 = 309,38 > 288.$$

Cette poutre sera armée de 4 barres de 0,027 (fig. 28).

La poutre aura donc 0<sup>m</sup>,20 largeur, 0<sup>m</sup>,349 hauteur,

8 barres de 0,027.

Béton . . . . .	174,50
Fer . . . . .	35,61
Total. . . . .	<u>210,11</u>

Au lieu de 124,75 béton plus 14,07 fer en tout 138,82.  
L'armature supérieure sera la même.

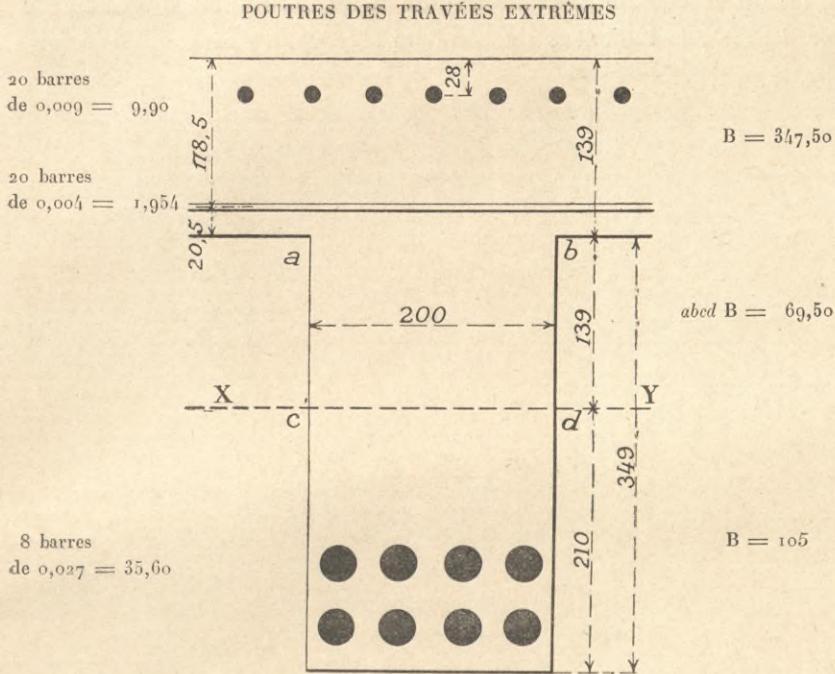


FIG. 28

88. — Les résultats précédents ont été facilement obtenus, presque sans calculs, par simple lecture, à l'aide des barèmes ; ces résultats sont trop élevés, puisque chacun est fourni par la charge supérieure à la charge exigée.

Ces tableaux serviront, en tout cas, de guides pour résoudre tous les problèmes avec approximation par excès.

Nous avons vu qu'ils donnent aussi le moyen de corriger les résultats, et de se rapprocher aussi près que possible de la solution théorique, par interpolation, et à l'aide des multiplicateurs dont il a été parlé précédemment (23 et 24), et de ceux qu'on peut calculer facilement dans chaque cas particulier.



Les exemples ci-dessus ont été choisis de façon à montrer toutes les solutions que peuvent faciliter les tableaux, et les ressources qu'ils offrent pour l'établissement des projets.

Lorsque l'on étudie un projet à l'aide de ces documents, il sera bon de faire des croquis indiquant les résultats obtenus, à mesure qu'ils seront calculés.

---

**88<sup>bis</sup>. Vérification et correction des calculs.** — Les calculs ci-dessus doivent être contrôlés par la formule théorique  $R = \frac{\nu\mu}{I}$ .

Ces calculs ont été faits en plaçant de chaque côté d'un plan origine, qu'on admet comme plan des fibres neutres, les moitiés de deux solides pouvant équilibrer le moment fléchissant. La partie comprimée de cet assemblage comprend un hourdis en béton, et la partie tendue se compose d'armatures métalliques, noyées dans une poutre du même béton. La somme des résistances des deux éléments devra être égale ou supérieure au moment fléchissant à chaque point.

Si le plan neutre se trouve dans le hourdis, soit  $\frac{H}{2}$  sa distance au plan qui termine ce hourdis vers les fibres comprimées, la formule  $R = \frac{\nu\mu}{I}$  prendra la forme :

$$\mu_b = \frac{aH^2R}{6}.$$

Si le plan est au-dessous du hourdis, à une distance  $\frac{H}{4}$  égale à la hauteur du hourdis lui-même, proportion adoptée dans le calcul des barèmes, la formule sera :

$$\mu_b = \frac{7aH^2R}{48}.$$

Enfin, pour les armatures métalliques, soit  $\frac{F-f}{2}$  l'épaisseur de la bande métallique remplacée par les barres, nous aurons la relation :

$$\mu_a = \frac{a(F^3 - f^3)R}{6F}.$$

Prenons pour exemple le plafond (48) (fig. 10).

Vérifions les calculs du hourdis : ce hourdis avec son armature et la surcharge supporte 393,60 sur une portée de 1 mètre, le moment fléchissant sera

$$\mu = \frac{393,60 \times 1}{8} = 49,20$$

La ligne neutre est à 0<sup>m</sup>,015 du plan supérieur, on a :

$$H = 0,03, \quad a = 1, \quad R = 250\,000$$

et

$$\mu_b = \frac{aH^2R}{6} = 37,50 < 49,20$$

Cherchons maintenant le moment fléchissant  $\mu_a$  dû à l'armature, on a

$$a = 1, \quad F = 0,05, \quad R = 10\,000\,000$$

L'armature se compose de 20 barres de 0,003 :

$$\frac{F - f}{2} = 0,00014138,$$

d'où

$$f = 0,04971724,$$

et

$$\mu_a = \frac{a(F^3 - f^3)R}{6F} = 70,3667.$$

Ajoutons  $\mu_b$  et  $\mu_a$  et prenons la moitié :

$$\frac{\mu_b + \mu_a}{2} = 58,9335 > 49,2.$$

Nous avons vu que  $\mu_b$  est faible, mais compensé par l'excès de  $\mu_a$ . Il y a lieu aussi de considérer que R peut être élevé, et qu'en portant sa valeur à 328 000 kilogrammes, résistance encore au-dessous des normes suisses, allemandes et françaises,  $\mu_b$  atteindrait  $\mu$ .

Vérifions la poutre elle-même : son poids et la surcharge ayant pour valeur 440<sup>kg</sup>,829 sur 5 mètres de portée, on a  $\mu = 1\,727,50$

$$\mu_b = \frac{7aH^2R}{48} = 1\,895,20 > 1\,727,50.$$

Vérifions l'armature, nous avons  $a = 0,1$ ,  $F = 0,1$ ,  $R = 10\,000\,000$  et  $\frac{F - f}{2} = 0,001509516$  d'où  $f = 0,03019$

$$\mu_a = \frac{a(F^3 - f^3)R}{6F} = 1\,545,81 < 1\,727,50$$

et

$$\frac{\mu_b + \mu_a}{2} = 1\,720,01 < 1\,727,50.$$

C'est presque l'égalité,  $\mu_a$  est faible, et, si l'on emploie du fer, on pourra augmenter légèrement le diamètre des barres, mais si l'on se sert d'acier, ce qui est le cas général, avec le coefficient  $R = 12\,000\,000$ ,  $\mu_a$  prendra la valeur  $1\,854,972 > 1\,727,50$ .

Tous les calculs doivent être contrôlés ainsi.

## CHAPITRE IV

**89. Armatures en toiles métalliques.**— On peut remplacer les armatures de petit diamètre par des toiles métalliques acier, dont les fils sont placés, soit parallèlement à l'axe des poutres, soit avec une inclinaison de 45°. Ces toiles doivent être à mailles assez grandes pour laisser passer les graviers dont se compose le béton, et ne pas former un plan de clivage.

Elles ont l'avantage d'armer le béton dans deux sens perpendiculaires, et, grâce aux ondulations formées par les croisements des fils, n'ont pas tendance au glissement : Elles sont plus faciles à placer et à caler, pendant le damage du béton, que de simples fils.

Nous en citons quelques exemples :

Ecartement des fils en mm.	Diamètre des fils en mm.	Poids au m. q.	Surfaces métalliques par 1 m. de largeur
10	1,8	3 <sup>kg</sup> ,40	0,000177
20	2,2	3, 20	0,000190
30	2,7	3, 30	0,000189
40	3	3	0,000177
50	3,4	3, 200	0,000182
75	3,9	2, 800	0,000159
100	4,4	2, 700	0 000152
125	4,9	2, 500	0,000151
150	5,4	2, 700	0,000153

Ces toiles peuvent remplacer les armatures de 0<sup>m</sup>,001 à 0<sup>m</sup>,003, l'armature de 0,003 donnant une surface de 0,000141.

## DES EFFORTS TRANCHANTS

**90.** — Si l'on consulte les épures sur lesquelles sont indiquées les formules générales des efforts tranchants (**38** à **44**), ainsi que leurs expressions aux points singuliers, où ces valeurs ont leur maximum, on verra que, dans la plupart des cas, les dimensions imposées par les moments fléchissants maximum, qui servent généralement à fixer les éléments des poutres et hourdis sur toute leur portée, sont plus que suffisantes pour assurer la résistance de l'ensemble au cisaillement produit par les efforts tranchants maximum.

Il n'y a donc pas lieu, en général, de se préoccuper de la valeur de l'effort tranchant, à moins que l'on ne proportionne les sections des poutres, et de leurs armatures, aux variations des moments fléchissants, ce qui arrive pour les poutres continues, reposant sur plusieurs appuis.

Dans ce cas, il y aura lieu de vérifier la résistance au cisaillement pour les sections réduites.

Cette résistance est la somme de la résistance au cisaillement de la surface de béton, et de celle des armatures, dans la coupe considérée.

**91.** — La résistance du béton au cisaillement peut-être évaluée, d'après plusieurs centaines d'essais faits par l'auteur, à 0,137 de la résistance à la compression.

Toute la section du béton coopère à cette résistance, qui représente  $0,137 \times 25$ , ou  $3^{kg},425$  par centimètre carré, lorsque l'on réduit à 25 kilogrammes la résistance du béton à la compression.

**92.** — La circulaire ministérielle indique le coefficient 0,1, chiffre un peu faible, si l'on considère qu'il multiplie une limite de résistance déjà réduite, et fixée, par la même circulaire, à 0,28 de la résistance de rupture.

A la résistance du béton vient s'ajouter celle des armatures longitudinales évaluées de 0,75 à 0,80 de la traction admise pour le métal.

Prenons, comme exemple de calcul de l'effort tranchant, le plancher calculé plus haut (**48**). L'effort tranchant maximum se trouvera au raccordement de ce plancher avec les murs, sur lesquels s'appuient les

poutres. Il a pour valeur  $\frac{Pl}{2}$  (38). Le poids du mètre carré de ce plancher est 191 kilogrammes, la surcharge 250 kilogrammes; nous avons donc  $P = 441^{\text{kg}}$ .

L'effort tranchant sera :

$$\frac{441 \times 5}{2} = 1120,5.$$

La coupe du plancher (*fig.* 10) donne une surface de béton de  $712^{\text{cm}^2}$ , qui résistera au cisaillement, en prenant le coefficient de la circulaire, à  $2^{\text{kg}},5$  par centimètre carré, soit 1780 kilogrammes.

La surface d'armature est de  $1509^{\text{mm}^2}$ ; elle résistera, par millimètre carré, à  $12^{\text{kg}} \times 0,8 = 9^{\text{kg}},60$ . Soit en tout

$$14486^{\text{kg}},4.$$

La résistance totale au cisaillement sera donc

$$16266^{\text{kg}},4 > 1180,5.$$

### ARMATURES TRANSVERSALES OU ÉTRIERS

**93.** — Les forces élastiques qui agissent dans les bétons armés sont complexes. L'équilibre existe, tant que les forces intérieures et extérieures ne dépassent pas l'adhérence du béton sur lui-même (91), et l'adhérence entre le fer et le béton qui l'enrobe, laquelle est évaluée à 9 kilogrammes environ par centimètre carré de surface extérieure des barres prismatiques.

Lorsque cette adhérence est détruite, les barres glissent dans la masse du béton, qui gonfle et se clive.

Il faut donc combattre la tendance aux glissements des armatures dans le béton, et le cisaillement du béton sur lui-même.

**94.** — Les forces intérieures sont produites par le retrait qui s'opère dans le ciment pendant la prise et le durcissement, retrait qui est de  $0^{\text{mm}},20$  à  $0^{\text{mm}},25$  par mètre. Le béton diminuant de longueur comprime l'armature, qui, réagissant, détermine une tension dans le béton.

Ces forces intérieures peuvent, suivant les rapports entre les surfaces de béton et de métal, atteindre des valeurs importantes. Dans une poutre de  $4^{\text{m}} \times 0,4 \times 0,2$ , armée de quatre barres de  $0^{\text{m}},0228$ , essayée au labo-

ratoire des Ponts et Chaussées, on a trouvé un raccourcissement de  $0^{\text{mm}},25$  à  $0^{\text{mm}},40$  par mètre, au milieu, correspondant à une compression de 8 à 9 kilogrammes par millimètre carré, pour le fer, équilibrée par une tension du béton, qui devait atteindre 15 kilogrammes par centimètre carré, c'est-à-dire, presque la tension de rupture à la traction du mortier du même ciment, au bout de 90 jours.

C'est une des raisons qui indiquent qu'il n'y a pas lieu de compter sur la résistance du béton à la traction, dans le calcul des bétons armés.

Quant à la compression des armatures, malgré son importance, la circulaire ministérielle n'en tient pas compte dans les calculs.

**95.** — Dans les pièces soumises à la flexion, les armatures longitudinales tendent à glisser dans leurs alvéoles. Pour les pièces reposant sur deux appuis, la tendance au descellement, qui est nulle près de ces appuis, devient considérable vers le milieu.

Dans ces poutres, l'effort tranchant tend non seulement à cisailer la pièce, mais il se produit, aux extrémités, une tendance au glissement des fibres comprimées sur les fibres tendues, dont la valeur est considérée comme égale à l'effort tranchant, et qui, composée avec la résistance de l'appui, donne une résultante oblique, qui peut produire des fissures inclinées, se dirigeant vers le centre de courbure de la pièce.

**96.** — Dans le cas de poutres continues, reposant sur plusieurs appuis, c'est sur les appuis que la tendance au descellement se manifeste le plus, et là, l'effort tranchant, qui est nul au milieu, a son expression la plus forte, et vient se composer avec la tension longitudinale, pour produire également des efforts obliques, et des fissures perpendiculaires à la direction de ces efforts.

Aussi doit-on placer, auprès des appuis, dans les deux cas, des armatures transversales, sous forme d'étriers qui embrassent les armatures longitudinales, et dont les branches s'étendent de chaque côté des barres, jusque dans les hourdis. Ces branches peuvent être inclinées l'une d'un côté, l'une de l'autre, près des appuis, afin de lutter contre les efforts obliques. Pour combattre ces efforts obliques, on relève aussi, vers les appuis, les armatures longitudinales.

La section totale des étriers devra être calculée de façon que la somme de leur résistance au cisaillement, de la résistance au cisaillement du

béton sur lui-même, et de l'adhérence des armatures longitudinales, soit supérieure à l'effort tranchant.

Ces armatures transversales servent aussi à relier les différentes couches superposées de béton ; elles sont surtout utiles, lorsque le damage a été interrompu.

Ainsi disposées, elles ont peu d'action sur les glissements des armatures longitudinales, qui peuvent se déplacer librement dans le repli de ces étriers.

Prenons, pour exemple de calcul, le même plancher (48). La tendance au glissement, près des murs, est égale à l'effort tranchant, soit 11205 kilogrammes.

Elle est combattue par :

1° La résistance au cisaillement du béton sur lui-même, dans une section horizontale de la poutre, soit sur un mètre :

$$0,10 \times 100 = 1000^{\text{cm}^2} \times 2,50 = 2500^{\text{kg}}.$$

2° L'adhérence au béton des armatures dont le périmètre est  $9^{\text{cm}^2},74$ , soit pour les deux armatures :

$$9,74 \times 2 \times 100 = 1948^{\text{cm}^2} \times 2,50 = 4870^{\text{kg}}.$$

Ces deux résistances ont pour somme 7370 kilogrammes qui, retranchés de 11205 kilogrammes, laissent une insuffisance de 3835 kilogrammes, à combattre par l'effort de cisaillement des armatures transversales, qui est de  $9^{\text{kg}},60$  par mètre carré.

Ces armatures devront avoir, sur 1 mètre de longueur de poutre, une section totale de  $\frac{3835}{9,60} = 399,47$ , soit  $400^{\text{mm}^2}$ . Si nous prenons pour armatures des fers plats de  $0^{\text{m}},040$  sur  $0^{\text{m}},001$ , nous aurons, dans le premier mètre, 3 étriers sur chaque armature, avec excès d'une armature.

On augmente généralement le nombre de ces armatures aux extrémités des poutres reposant sur deux appuis, parce qu'on ne peut pas compter absolument sur la liaison des armatures longitudinales et transversales.

**97.** — Il semble que ces armatures transversales pourraient être mieux utilisées, si elles étaient solidarisées avec les armatures longitudinales, de



façon à s'opposer par toute leur surface encastrée dans le béton aux glissements de ces dernières.

C'est dans ce but que l'auteur a pris des brevets pour une forme particulière de ces armatures, qui présentent des renflements de distance en distance, et, pour un système de liaison des étriers aux barres, par emboutissage de ces étriers sur les saillies, quelconques, que peuvent présenter les armatures longitudinales.

Les renflements des armatures longitudinales s'opposeront déjà à leur tendance à glisser dans le béton, qui entoure leur périphérie, et, en outre, leur liaison rigide avec les étriers fera participer à cette résistance au glissement, non seulement le mortier qui enrobe l'armature, mais la masse toute entière du béton.

**98.** — L'adhérence périphérique qui est, au plus, de 9 kilogrammes pour les barres unies, s'élèvera à des chiffres beaucoup plus élevés, par suite de cette double action, et l'on pourra obtenir du métal un effort qui tendra vers sa limite d'élasticité, tandis qu'avec des barres prismatiques, il glisse souvent avant d'avoir atteint tout l'effort qu'il peut donner, ou l'on est conduit à trop multiplier les barres pour augmenter la surface de contact.

Les renflements des étriers permettront une soudure plus intime des différentes couches de béton, qu'ils empêcheront de s'éloigner.

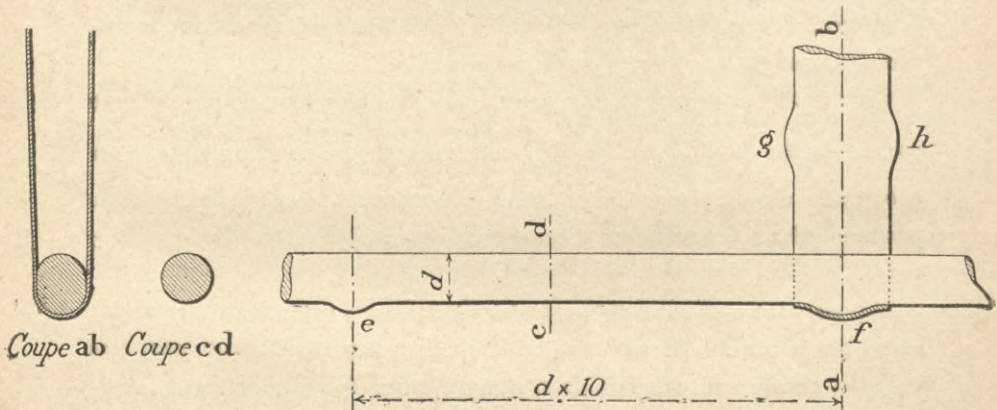


FIG. 29

**99.** — En outre, les armatures à renflements s'encastreront dans le béton, grâce à leurs formes, sans qu'il soit nécessaire de pratiquer à leurs

extrémités des crochets ou des queues de carpe ; elles pourront s'ajouter les unes aux autres, au moyen de manchons spéciaux, qui les relieront, soit rigidement entre elles, suivant le prolongement de leurs axes, soit en laissant un espace, qui permettra la dilatation, ou un certain jeu, qui peut être jugé utile, par exemple, dans les poutres interrompues sur les appuis.

Les formes de ces armatures spéciales, et leur assemblage sont indiqués dans le dessin ci-dessus (*fig. 29*).

#### FLÈCHES

**100.** — Les formules à l'aide desquelles on détermine les flèches sont de la forme

$$K \frac{Pl^n}{EI}$$

dans lesquelles  $E$  représente le coefficient d'élasticité,  $I$  le moment d'inertie ;  $K$  et  $n$  ont des valeurs qui changent suivant les cas.

Suivant qu'on considère les surfaces métalliques ou les surface de béton, le terme  $E$  prend les valeurs suivantes :

Pour le béton. . . . .	$E_b = 1,5 \times 10^9$
Pour l'acier . . . . .	$E_m = 22 \times 10^9$

**101.** — L'instruction ministérielle conseille de faire intervenir, pour le calcul des déformations, toute la surface du béton, celle qui travaille à la compression, et celle qui est soumise à des efforts de traction ; quant aux armatures parallèles aux poutres, elles peuvent être transformées en surface de béton, de 8 à 15 fois plus grandes, à ajouter à la surface du béton lui même, augmentant l'épaisseur des hourdis, et la hauteur des nervures.

On applique à la somme le coefficient d'élasticité.

$$E_b = 1,5 \times 10^9$$

Si nous appliquons cette règle au plafond calculé précédemment (**48**), nous obtiendrons une flèche de :

$$0^m,00538697$$

en multipliant par 8 la surface métallique.

Si nous donnons à la surface supplémentaire de béton une valeur égale à 15 fois la surface métallique, la flèche sera :

$$0^m,0047303$$

Si nous doublons le hourdis symétriquement de chaque côté du plan des fibres neutres, nous aurons une flèche de :

$$0,00377527$$

Si nous calculons la flèche en doublant l'armature métallique symétriquement de chaque côté du plan des fibres neutres, nous trouverons la valeur :

$$0^m,0040643$$

Ces résultats ne s'éloignent pas sensiblement les uns des autres.

Le premier indique la flèche maximum qui ne devra pas être dépassée.

C'est la solution conforme aux données de l'instruction ministérielle.

---

# ANNEXE

---

## INSTRUCTIONS RELATIVES A L'EMPLOI DU BÉTON ARMÉ

---

### CIRCULAIRE DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS DU 20 OCTOBRE 1906

---

#### I. — DONNÉES A ADMETTRE DANS LA PRÉPARATION DES PROJETS

##### A. — Surcharges

###### ARTICLE PREMIER

Les ponts en béton armé seront établis de manière à pouvoir supporter les surcharges verticales et les actions du vent imposées aux ponts métalliques de mêmes destinations par le règlement du 29 août 1891.

###### ART. 2.

Les combles en béton armé seront, sauf exception justifiée, soumis, au point de vue des surcharges, au règlement du 17 février 1903, relatif aux halles métalliques des chemins de fer.

###### ART. 3.

Les planchers et autres parties des bâtiments, les murs de soutènement, les murs de réservoirs, les conduites sous pression et tous autres ouvrages intéressant la sécurité publique seront calculés en vue des plus grandes surcharges qu'ils auront à supporter en service.

**B. — Limites de travail ou de fatigue****ART. 4.**

La limite de fatigue à la compression du béton armé à admettre dans les calculs de résistance des ouvrages ne devra pas dépasser les vingt-huit centièmes (0,28) de la résistance à l'écrasement acquise par le béton non armé de même composition, après quatre-vingt-dix jours de prise.

La valeur de cette résistance mesurée sur des cubes de vingt centimètres de côté sera spécifiée au devis de chaque projet.

**ART. 5**

Lorsque le béton sera fretté ou lorsque les armatures transversales ou obliques qu'il portera seront disposées de manière à s'opposer plus ou moins efficacement à son gonflement sous l'influence de la compression longitudinale qu'il supporte, la limite de fatigue à la compression prévue à l'article précédent pourra être majorée dans une mesure plus ou moins large suivant le volume et le degré d'efficacité des armatures transversales, sans que la nouvelle limite puisse, quel que soit le pourcentage du métal employé, dépasser les soixante-centièmes (0,60) de la résistance à l'écrasement du béton non armé telle qu'elle est définie à l'article 4.

**ART. 6.**

La limite de fatigue au cisaillement, au glissement longitudinal du béton sur lui-même et à son adhérence sur le métal des armatures sera prévue égale à dix centièmes (0,10) de celle spécifiée à l'article 4 pour la limite de fatigue à la compression.

**ART. 7.**

La limite de fatigue tant à l'extension qu'à la compression qui ne pourra pas être dépassée pour le métal employé aux armatures est la moitié de sa limite apparente d'élasticité telle qu'elle sera définie au devis de chaque projet. Toutefois pour les pièces supportant des chocs ou soumises à des efforts de sens alternés telles que les hourdis, cette limite sera réduite aux quarante centièmes (0,40) au lieu de moitié de la limite apparente d'élasticité.

## ART. 8

Pour les pièces soumises à des efforts très variables, les limites de travail ci-dessus définies seront abaissées d'autant plus que les variations seront plus grandes, sans que la diminution exigée puisse être de plus de 25 p. 100.

Les limites de travail seront également abaissées pour les pièces soumises à des causes de fatigue ou d'affaiblissement dont les calculs de résistance n'ont pas tenu compte, notamment à des actions dynamiques, comme celles que supportent les pièces placées directement sous les rails des voies ferrées.

## II. — CALCULS DE RÉSISTANCE

## ART. 9

Dans les calculs de résistance des ouvrages en béton armé, il sera tenu compte non seulement des plus grandes forces extérieures, y compris les actions du vent et de la neige, que ces ouvrages pourront avoir à supporter, mais aussi des effets thermiques et de ceux du retrait du béton, toutes les fois qu'il ne s'agira pas d'ouvrages librement dilatables dans le sens théorique du mot ou de ceux que l'expérience permet de regarder approximativement comme tels.

## ART. 10.

Les calculs de résistance seront faits selon des méthodes scientifiques appuyées sur les données expérimentales et non par des procédés empiriques. Ils seront déduits soit des principes de la résistance des matériaux, soit de principes offrant au moins les mêmes garanties d'exactitude.

## ART. 11

La résistance du béton à l'extension sera mise en compte dans le calcul des déformations. Mais pour déterminer la fatigue locale dans une section quelconque, cette résistance sera regardée comme nulle dans la section.

## ART. 12.

Pour les pièces comprimées on s'assurera qu'elles ne sont pas exposées à flamber. Toutefois, on pourra s'en dispenser pour les pièces dont l'élançement (rapport de la hauteur à la plus faible dimension transversale) est inférieur à 20 et dont la fatigue à la compression ne dépasse pas la limite définie par l'article 4.

## ART. 13.

Le devis devra indiquer les qualités et dosage des matières entrant dans la composition du béton ; quant à la proportion d'eau à employer pour le gâchage, elle devra être surveillée avec soin et strictement suffisante pour donner au béton la plasticité nécessaire pour le bon enrobage des armatures et le remplissage de tous les vides.

## III. — EXÉCUTION DES TRAVAUX

## ART. 14.

Les coffrages ainsi que l'arrimage des armatures présenteront une rigidité suffisante pour résister sans déformation sensible aux charges et aux chocs qu'ils seront exposés à subir pendant l'exécution du travail et jusqu'au décoffrage et au décintrement inclusivement.

## ART. 15.

Sauf dans le cas exceptionnel où le ciment serait coulé, il sera toujours à prise lente et damé avec le plus grand soin par couches dont l'épaisseur sera en rapport avec les dimensions des matériaux employés et les intervalles des armatures et ne dépassera pas 0<sup>m</sup>,05 après damage, à moins qu'on n'emploie des cailloux.

## ART. 16.

Les distances des armatures entre elles et aux parois des coffrages seront telles qu'elles permettent un parfait damage du béton et son serrage contre les armatures. Ces dernières distances, même quand on n'emploie que du mortier sans gravier, ni cailloux, devront toujours être

d'au moins 15 à 20 millimètres, de façon à mettre les armatures à l'abri des intempéries.

ART. 17.

Lorsqu'on emploiera, pour les armatures, des fers profilés et non des barres rondes, on prendra des dispositions spéciales pour que leur enrobage se fasse parfaitement sur tout leur périmètre et notamment dans les angles rentrants.

ART. 18

Lorsque l'exécution d'une pièce aura été interrompue, ce qu'on évitera autant que possible, on nettoiera à vif et on mouillera l'ancien béton assez longtemps pour qu'il soit bien imbibé avant d'être mis en contact avec du béton frais.

ART. 19

En temps de gelée le travail sera interrompu si l'on ne dispose pas de moyens efficaces pour en prévenir les effets nuisibles.

A la reprise du travail on opérera la démolition de tout ce qui aura subi les atteintes de la gelée, puis on procédera comme il est dit à l'article précédent.

ART. 20.

Pendant quinze jours au moins après son exécution, l'on entretiendra dans le béton l'humidité nécessaire pour en assurer la prise dans de bonnes conditions.

Le décoffrage et le décentrement seront faits sans chocs, par des efforts purement statiques et seulement après que le béton aura acquis la résistance nécessaire pour supporter sans dommage les efforts auxquels il est soumis.

---

IV. — EPREUVE DES OUVRAGES

ART. 21.

Les ouvrages en béton armé qui intéressent la sécurité publique seront éprouvés avant d'être mis en service. Les conditions des épreuves ainsi que les délais de mises en service seront insérées au cahier des charges.



Les flèches maximum que les ouvrages ne devront pas dépasser seront aussi, du moins autant qu'on le pourra, insérées au cahier des charges.

L'âge que le béton devra avoir au moment des épreuves sera de même fixé par le cahier des charges. Il sera d'au moins 90 jours pour les grands ouvrages, de 45 jours pour les ouvrages de moyenne importance et de 30 jours pour les planchers.

ART. 22.

Les ingénieurs profiteront des épreuves pour faire non seulement toutes les mesures de déformation ou de vérification des conditions du cahier des charges, mais aussi autant que possible celles qui peuvent intéresser la science de l'ingénieur.

Pour les ouvrages de quelque importance on emploiera des appareils enregistreurs.

ART. 23.

Les ponts en béton armé seront éprouvés de la manière prescrite pour les ponts métalliques par le règlement du 29 août 1891.

S'il paraissait convenable d'apporter certaines dérogations aux prescriptions de ce règlement, elles devront être justifiées et insérées au cahier des charges.

ART. 24.

Les combles seront éprouvés de la manière prescrite par le règlement du 17 février 1903 sauf dérogations à justifier.

ART. 25.

Les planchers seront soumis à une épreuve consistant à appliquer les charges et surcharges prévues soit à la totalité du plancher, soit au moins à une travée entière.

Les surcharges devront rester en place pendant 24 heures au moins. Les flèches ne devront plus augmenter au bout de 15 heures.

*Le Ministre des Travaux Publics,  
des Postes et des Télégraphes.*

LOUIS BARTHOU.

Paris, 20 Octobre 1906.

**BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW**

## TABLE DES MATIÈRES

	Pages
PRÉFACE. . . . .	1

### CHAPITRE PREMIER

Rapports entre la rupture à la flexion et les coefficients de traction et de compression . . . . .	3
Position du plan des fibres neutres dans les mortiers. . . . .	3
Formules théoriques . . . . .	5
Considérations qui ont conduit à l'emploi du Béton armé . . . . .	6
Application à un plancher à caisson . . . . .	12
Calcul du hourdis. . . . .	12
» des poutres. . . . .	13
» des poutrelles . . . . .	13
Armatures du hourdis . . . . .	15
Plancher sur poutres ou nervures. . . . .	16

### CHAPITRE II

Limites de portées et de charges adoptées pour les Barèmes. . . . .	19
Coefficients de résistance du Béton et du métal adoptés pour les Barèmes . . . . .	19
Normes suisses et allemandes . . . . .	20
Coefficients adoptés par les instructions du ministère des Travaux publics de France, en date du 20 octobre 1906 . . . . .	20
Tableaux de multiplicateurs permettant d'utiliser les Barèmes pour les différentes résistances autorisées . . . . .	20
Largeur efficace des hourdis . . . . .	21
Charges permanentes. Surcharges. . . . .	22
Armatures supérieures . . . . .	22
Disposition des tableaux. . . . .	23
Moments fléchissants . . . . .	23
Formule permettant d'utiliser les Barèmes pour des moments fléchissants différents de $\frac{Pl^2}{8}$ . . . . .	23
Des interpolations entre les charges et les portées inscrites dans les Barèmes . . . . .	24
Des piliers, pieux ou colonnes . . . . .	25
Béton fretté . . . . .	26

	Pages
Charges excentrées des piliers . . . . .	26
Poutre droite, reposant sur deux appuis, chargée d'un poids P par mètre courant . . . . .	27
Poutre droite, reposant sur deux appuis, chargée d'un poids $p$ , en un point M. . . . .	28
Poutre droite, encastree à ses deux extrémités, chargée d'un poids P par mètre courant . . . . .	30
Poutre droite, encastree à une extrémité, et reposant sur un appui à l'autre extrémité, chargée d'un poids P par mètre courant . . . . .	31
Poutre encastree à une extrémité, libre à l'autre, portant un poids $p$ à l'extrémité libre . . . . .	33
Poutre encastree à une extrémité et libre à l'autre, portant un poids P par mètre. . . . .	33
Poutre encastree à une extrémité et libre à l'autre, portant un poids P par mètre courant, et un poids $p$ à l'extrémité libre . . . . .	34
Surfaces, poids des barres rondes de 0 <sup>m</sup> ,001 à 0 <sup>m</sup> ,040 de diamètre . . . . .	35
Tableaux ou Barèmes H. . . . .	36 à 43
»       »       HS . . . . .	44 à 51
»       »       E. . . . .	51 à 110

### CHAPITRE III

Désignation des colonnes des divers tableaux . . . . .	111
Exemples de calcul de planchers . . . . .	111
Usage des tableaux par interpolations et corrections des résistances du béton et du métal . . . . .	114
Poutrelles . . . . .	119
Poids isolés. . . . .	121
Balcon . . . . .	121
Pont. . . . .	130
Emploi des Barèmes pour des charges doubles. . . . .	144

### CHAPITRE IV

Armatures en toile métallique . . . . .	149
Des efforts tranchants . . . . .	150
Armatures transversales ou étriers . . . . .	151
Fers spéciaux pour armatures longitudinales et transversales. Brevets Nivet. . . . .	154
Flèches . . . . .	155

### ANNEXE

Circulaire du Ministre des Travaux Publics, du 20 octobre 1906 . . . . .	157
--	-----

## TABLE ALPHABÉTIQUE

<b>A</b>		Pages-
Armatures en toiles métalliques . . . . .		149
» longitudinales . . . . .		6
» inférieures (calcul des) . . . . .		10
» supérieures . . . . .		22
» transversales . . . . .		26-151
Arrachement . . . . .		1

<b>B</b>		
Balcon (calcul d'un) . . . . .		126
Béton armé. . . . .		7
» fretté . . . . .		26

<b>C</b>		
Caissons. . . . .		7
Charges doubles (emploi des Barèmes pour le calcul des) . . . . .		144
» par mètre carré. . . . .		7- 19
» permanentes. . . . .		22
» ramenées au centre . . . . .		124
Colonnes . . . . .		25
Compression . . . . .		1

<b>D</b>		
Désignation des colonnes des tableaux . . . . .		111
Dilatations du béton, du fer, de l'acier . . . . .		6
Disposition des tableaux. . . . .		13

<b>E</b>		
Ecrasement. . . . .		1
Efforts tranchants. . . . .		150
Encombrement . . . . .		7
Etriers . . . . .		151

	Pages
<b>F</b>	
Fers spéciaux (Brevets Nivel) . . . . .	154
Flambement. . . . .	25
Flèches . . . . .	155
Flexion d'un prisme . . . . .	1
» plane . . . . .	1- 5
Formules des moments fléchissants, efforts tranchants, réaction des appuis des poutres droites dans les différents cas qui peuvent se présenter . . . . .	27- 34

<b>H</b>	
Hourdis (calcul des) . . . . .	8

<b>I</b>	
Instructions ministérielles relatives à l'emploi du Béton armé . . . . .	157

<b>M</b>	
Moment d'inertie . . . . .	5
» fléchissant. . . . .	5- 31

<b>N</b>	
Nervures. . . . .	21
Normes de l'État français, suisses et allemandes. . . . .	20

<b>P</b>	
Piliers et pieux. . . . .	25
Plafond . . . . .	7
Plancher (calcul d'un). . . . .	111
» à nervures . . . . .	21
Poids isolés . . . . .	121
Pont (calcul d'un). . . . .	130
Portées . . . . .	11
Position du plan des fibres neutres. . . . .	3
Poutrelles . . . . .	14
Poutres . . . . .	7
» encastrées. . . . .	24
Prismes (essais sur les) . . . . .	1

<b>R</b>	
Rapports entre les coefficients de traction et de compression . . . . .	3
Résistance du Béton . . . . .	19

**S**

	Pages
Surcharges . . . . .	92
Surfaces, poids des barres rondes de 0 <sup>m</sup> ,001 à 0 <sup>m</sup> ,040 de diamètre. . . . .	35

**T**

Tableaux ou Barèmes H . . . . .	36- 43
»       »       HS . . . . .	44- 51
»       »       F . . . . .	51-110
Traction . . . . .	1

---

## ERRATA

—

Page 24, dernière ligne — au lieu de :  $y = x^2$   
lire : de la forme :  $y = nx^2$ .

Page 25, 3<sup>e</sup> ligne — au lieu de : H  
lire : P.

Page 85, colonne 0,4 | 6500 | 4

1222.88

au lieu de : 0,0030355 | 0,014 | 611.44

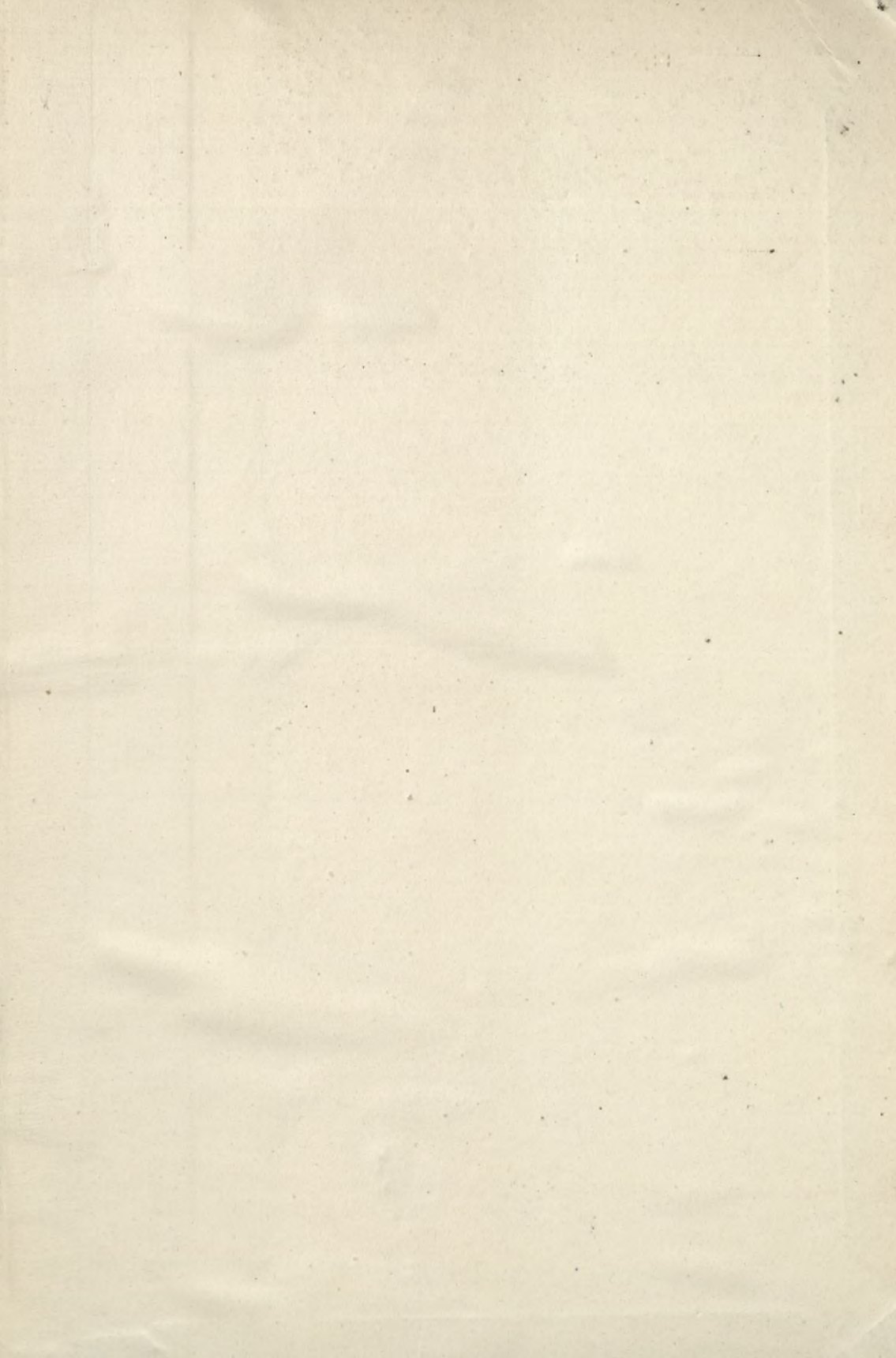
1229.96

lire : 0,0033045 | 0,015 | 614.98





S-96



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297383