Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 46 (1920)
Heft: 10

Artikel: Calcul du coup de bélier dans les conduites formées de deux ou de trois tronçons de diamètres différents

Autor: Carey, Ed.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-35777

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 23.08.2025

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

double), c'est là une question qui dépend du nombre des wagons à manutentionner et du fait que les trains doivent être décomposés et formés à nouveau à l'une des extrémités de la gare seulement ou à toutes les deux.

A Bâle, il y avait en 1914 au moment du plus fort trafic plus de 3100 wagons par jour à manœuvrer. De ce nombre, 1200 environ étaient en transit Est-Ouest, autant en transit Ouest-Est, et 700 à peu près représentaient le trafic dit à rebroussement. Dans une installation simple, quel que soit le sens de la pente, 1200 wagons devraient traverser trois fois la gare. Comme la longueur moyenne de la gare de triage est de 2,5 km. le nombre de wagon-kilomètres à faire de plus dans une installation simple que dans une installation double serait de $5 \times 1200 = 6000$ wagon-kilomètres. En outre, il ne faut pas perdre de vue que la capacité d'exploitation d'une gare double est plus grande que celle d'une gare simple et que dans la première le service s'exécute d'une manière moins compliquée et plus indépendante.

Nous nous sommes aussi demandé si, tout en prévoyant en principe une installation double, il ne serait pas bon de n'en construire tout d'abord qu'une partie qu'on exploiterait comme installation simple. Mais nous avons dû renoncer à cette solution, car lors du parachèvement de la gare, on serait contraint de tranformer à frais beaucoup plus élevés et dans des conditions difficiles les voies d'accès et une partie de la gare de triage elle-même.

Pour ces raisons, nous avons estimé qu'il valait mieux avoir dès le début deux systèmes de voies, l'un Sud avec direction de manœuvre de l'Ouest à l'Est destiné aux trains des chemins de fer d'Alsace-Lorraine, de l'Etat de Bade et de la ligne du Jura, ainsi qu'aux wagons venant des ports et des gares aux marchandises de Bâle, l'autre Nord avec direction de manœuvre de l'Est à l'Ouest sur lequel se fera la manutention des trains venant de Pratteln. Comme les deux tiers à peu près des wagons du trafic de la ligne du Jura vont en Alsace-Lorraine, dans l'Etat de Bade et à Bâle loco, tandis qu'un tiers seulement se dirige sur Pratteln, il aurait été désirable de relier la ligne du Jura à celle qui vient de Pratteln. Mais ce raccordement eût nécessité la construction d'une longue et coûteuse ligne d'accès dont les frais n'auraient pas été en rapport avec les avantages qu'elle pouvait offrir, vu la quantité assez faible des marchandises transportées. Nous avons donc dû abandonner cette combinaison.

Nous faisons suivre ces considérations générales de la description des principales installations de la *gare de triage projetée* qui s'étend de la gare du Wolffeld jusqu'à la gare de Pratteln. *(A suivre.)*

Calcul du coup de bélier

dans les conduites formées de deux ou de trois tronçons de diamètres différents

par Ed. Carey, ingénieur à Marseille.

(Suite.) [1]

2° Conduites formées de trois tronçons dont les deux inférieurs sont identiques, ayant ensemble une période double de celle du tronçon supérieur.

Nous aurons donc :

$$\alpha = 1 \text{ avec } \mu = 0 \text{ et : } \frac{l'}{a'} + \frac{l''}{a''} = \frac{2l'''}{a'''}$$

puis $l' = l''$ et $a' = a''$

Les formules générales se simplifient comme suit ; en admettant toujours un mouvement linéaire du vannage :

$$T \leq 2\vartheta' \text{ (87) } B_1 = \frac{a'}{g} \cdot \frac{\varphi'_0 - \varphi'_1}{1 + r'\varphi'_1} \text{ et } B_2 = \frac{a'}{g} \frac{\varphi'_0 - \varphi'_2}{1 + r'\varphi'_2}$$

$$2\vartheta' < T \leq 3\vartheta' \text{ (88) } B_3 = \frac{a'}{g\,(1 + r'\varphi'_3)} \left[\frac{2\beta\varphi'_0}{1+\beta} - \varphi'_3 + \nu\varphi'_1\right] - \nu \frac{1 - r'\varphi'_1}{1 + r'\varphi'_3} B_1$$

$$T > 3\vartheta' \text{ (89) } B_4 = \frac{a'}{g\,(1 + r'\varphi'_4)} [\varphi'_1 - \varphi'_4 + \nu(\varphi'_2 - \varphi'_3)] - \frac{1 - r'\varphi'_1}{1 + r'\varphi'_4} B_1 - \nu \frac{(1 + r'\varphi'_3)\, B_3 + (1 - r'\varphi'_2)\, B_2}{1 + r'\varphi'_4}$$

et ainsi de suite.

Il sera facile, en suivant la même marche que pour les conduites formées de trois tronçons égaux, d'établir les formules générales à appliquer et de construire des graphiques semblables.

La conduite moyenne aura pour éléments :

$$L = 2l' + l'''$$

$$a = \frac{L}{\frac{2l'}{a'} + \frac{l'''}{a'''}}$$

$$\varphi = \frac{2l'\varphi' + l'''\varphi'''}{L} = \frac{\varphi' l'}{L}\,(2 + \beta)$$

$$D = d' \sqrt{\frac{\varphi'}{\varphi}}$$

Dans le cas de *fermeture* complète en un temps inférieur ou au plus égal à ϑ' sec., la formule 55 deviendra :

$$(90) \qquad B_m = (-1)^{n-1} \frac{a'\varphi'_0}{g} \left(\frac{\beta}{1+2\beta} + \frac{(1+\beta)^{\frac{3}{2}}\sqrt{2}}{1+2\beta} \cos (2n-1)\frac{\lambda}{2}\right)$$

dans laquelle :

$$\cos^2 \frac{\lambda}{2} = \frac{1}{2\,(1+\beta)}$$

La courbe de cette majoration φ' pour toutes les valeurs de ν est donnée figure 16 et nous aurons :

(91) $B_m = \frac{a'\varphi'_0}{g}\varphi'$ ou $\frac{2l'V'}{gT}\varphi'$ pour une fermeture linéaire à l'allure de $\frac{V'}{T}$ m. par sec. avec $T \geq \frac{2l'}{a'}$

Le coup de bélier maximum de fermeture complète en $2\vartheta'$ secondes sera :

$$(92) \qquad B_2 = \frac{a'\varphi'_0}{g} \text{ ou encore } B_2 = \frac{2\,(l' + l'')\,V'}{gT}$$

avec $T \geq \frac{2\,(l' + l'')}{a'}$ et le coup de bélier maximum de fermeture en $3\vartheta'$ secondes deviendra, (formule 88) :

[1] Voir *Bulletin technique* du 17 avril 1920, p. 85.

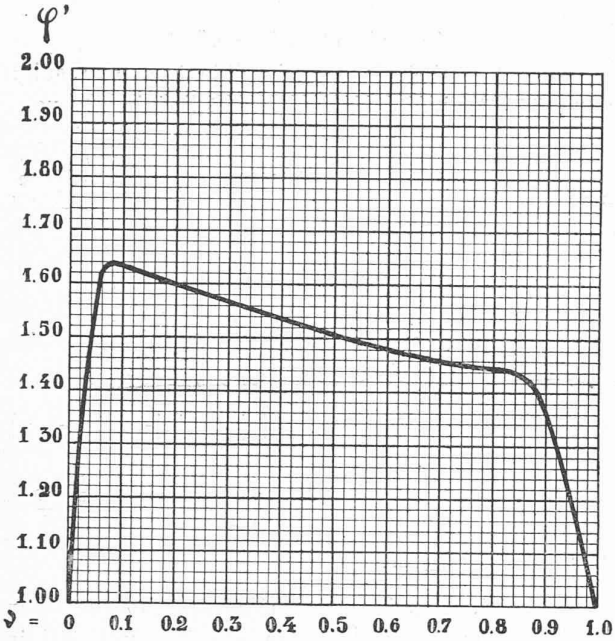

Fig. 16. — Conduites en trois tronçons avec $\mu = 0$, $\alpha = 1$. Coefficient φ' de majoration du coup de bélier de fermeture en $\frac{2l'}{a'}$ sec.

$$(97) \qquad B_1 = \frac{a'\varphi'_3}{g} \quad \frac{-1}{3 + r'\varphi'_3}$$

$$(98) \qquad B_2 = \frac{a'\varphi'_3}{g} \quad \frac{-2}{3 + 2r'\varphi'_3}$$

$$(99) \qquad B_3 = \frac{a'\varphi'_3}{g} \cdot \left[\frac{2\nu - (3 + r'\varphi'_3)}{(1 + r'\varphi'_3)(3 + r'\varphi'_3)}\right]$$

Pour $r'\varphi'_3 = 0$, B_1 prendra la majoration φ', courbe qui formera l'enveloppe limite.

Remarquons encore que $\frac{a'\varphi'_3}{g}$ peut s'écrire, pour les ouvertures à l'allure de $\frac{V'}{T}$ m. par seconde :

$$\frac{a'\varphi'_3}{g} = \frac{3\,(l' + l'')\,V'}{gT}$$

et $$r'\varphi'_3 = \frac{3\,(l' + l'')\,V'}{2gT\gamma_0}$$

La formule générale sera ainsi :

$$(100) \qquad B_m = \frac{3\,(l' + l'')\,V'}{gT} \cdot S' \quad \text{pour } T \geqq \frac{3\,(l' + l'')}{a'}$$

le coefficient S' étant donné par le graphique de la figure (18), calculé avec les éléments des formules 97 à 99 ponr $r'\varphi'_3 = 0.10$, 0,25 et 0,50.

Dans la *conduite moyenne* le coup de bélier sera :

$$B_m = \frac{3\,(l' + l'')}{gT}\,V' \quad \frac{-(2 + \beta)}{3 + r'\varphi'_3\,(2 + \beta)}$$

courbes que nous traçons aussi sur la figure 18 pour les mêmes valeurs de $r'\varphi'_3$.

Le coup de bélier transmis le long de la conduite, sera donné à la jonction par les formules 81 à 86 dans lesquelles on fera $\alpha = 1$ et $\mu = 0$.

$$(93) \qquad B_3 = \frac{a'\varphi'_0}{g}\left[\frac{2\beta}{1 + \beta} + \nu\,\frac{1 + 2r'\varphi'_0}{3 + 2r'\varphi'_0}\right] = \frac{a'\varphi'_0}{g}\,\Omega'$$

ou, avec $$T \geqq \frac{3\,(l' + l'')}{a'} :$$

$$(94) \qquad B_3 = \frac{3\,(l' + l'')\,V'}{gT}\,\Omega'$$

Pour des fermetures linéaires à l'allure de $\frac{V'}{T}$ m. par sec., V' étant toujours la vitesse dans le tronçon inférieur pour le distributeur ouvert en plein et T le temps de fermeture de V' à zéro, les formules 91, 92 et 94 pourront s'écrire :

$$(95) \qquad B = \frac{3\,(l' + l'')\,V'}{g.T} \cdot M'$$

avec $$T \geqq \frac{3\,(l' + l'')}{a'} \quad \text{et} \quad r'\varphi'_0 = \frac{3l'V'}{2gT\gamma_0}$$

M' étant les ordonnées des courbes $\frac{\varphi'}{3}$, $\frac{2}{3}$ et Ω' tracées sur un même graphique (figure 17) pour quelques valeurs de $r'\varphi'_0$; pour $r'\varphi'_0 = 0{,}25$ ce graphique est un cas particulier du graphique 14.

Dans la *conduite moyenne* le coup de bélier correspondant sera, en fonction des éléments du tronçon inférieur :

$$(96) \qquad B = \frac{3\,(l' + l'')\,V'}{gT} \cdot \frac{2 + \beta}{3}$$

nous traçons la courbe $\frac{2 + \beta}{3}$ sur la figure 17 pour

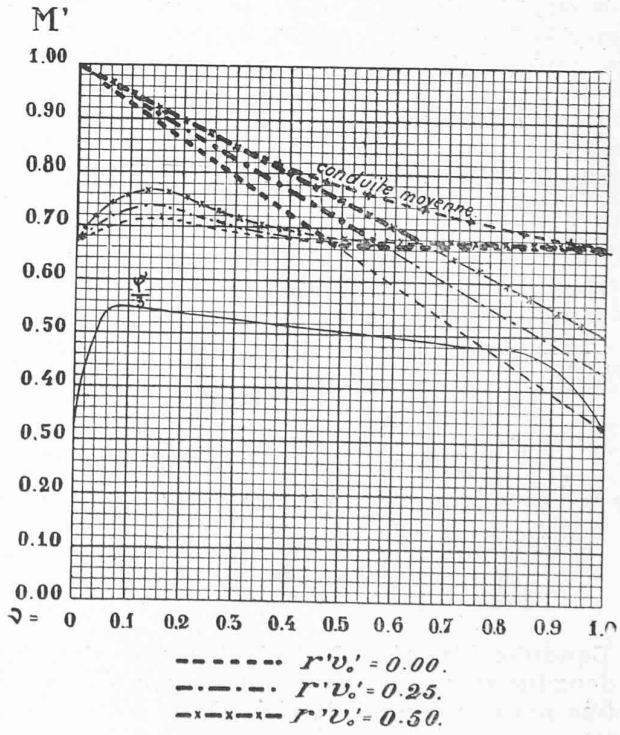

Fig. 17. — Conduites en trois tronçons avec $\mu = 0$. Coefficient M' du coup de bélier maximum de fermeture à l'allure $\frac{V'}{T}$ sec.

$$B = \frac{6l'V'}{gT}\,M' \; ; \quad r'\varphi_0' = \frac{3l'V'}{gT\gamma_0}$$

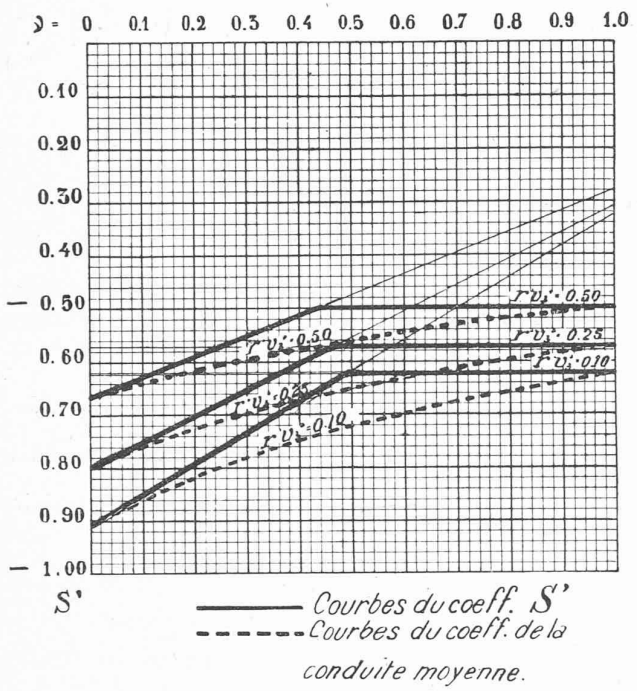

Fig. 18. — Conduites en trois tronçons avec $\mu = 0$. Coefficient S' du coup de bélier maximum d'ouverture à l'allure $\frac{V'}{T}$ m/sec.

$$B = \frac{6l'V'}{gT} S'$$

faire ressortir la différence entre le coup de bélier réel et celui calculé avec la conduite moyenne.

Pour des fermetures en temps $T > \frac{3\,(l' + l'')}{a'}$, le coup de bélier maximum est donné par la formule 89.

Le coup de bélier *négatif maximum d'ouverture*, à partir de la vanne fermée, est donné par les formules suivantes pour l'arrêt de la vanne aux temps ϑ', $2\vartheta'$ et $3\vartheta'$ sec., tirées des formules 87 à 89 ; en fonction de $r'\varphi'_3$:

3° Conduites formées de trois tronçons dont les deux supérieurs sont identiques, le tronçon inférieur ayant une période égale à la moitié de celle de l'ensemble des deux tronçons supérieurs.

Nous aurons alors $\beta = 1$ et $\nu = 0$

et $\frac{l'}{a'} = \frac{l''}{a''} = \frac{l'''}{a'''}$ puis $\frac{2l'}{a'} = \frac{l''}{a''} + \frac{l'''}{a'''}$ et $l'' = l'''$

Les formules générales se simplifient et nous aurons :

(101) $$T \leq \vartheta' : B_1 = \frac{a'}{g} \frac{\varphi'_0 - \varphi'_1}{1 + r'\varphi'_1}$$

(102) $$\vartheta' < T \leq 2\vartheta' : B_2 = \frac{a'}{g} \frac{\varphi'_0 - \varphi'_2 - \mu\,(\varphi'_0 - \varphi'_1)}{1 + r'\varphi'_2} - \mu \frac{1 - r'\varphi'_1}{1 + r'\varphi'_2} B_1$$

(103) $$2\vartheta' < T \leq 3\vartheta' : B_3 = \frac{a'}{g} \frac{\varphi'_0 - \varphi'_3 - \mu\,(\varphi'_0 - \varphi'_2)}{1 + r'\varphi'_3} - \mu \frac{1 - r'\varphi'_2}{1 + r'\varphi'_3} B_2$$

Pour $T > 3\vartheta'$:

(104) $$B_4 = \frac{a'}{g} \frac{\varphi'_1 - \varphi'_4 - (\varphi'_2 - \varphi'_3)}{1 + r'\varphi'_4} - \frac{1 - r'\varphi'_1}{1 + r'\varphi'_4} B_1 - \mu \frac{(1 - r'\varphi'_3)\,B_3 + (1 + r'\varphi'_2)}{1 + r'\varphi'_4} B_2$$

et ainsi de suite

Les éléments de la conduite moyenne seront :

$$L = l' + 2l''$$

$$a = \frac{L}{\frac{l'}{a'} + \frac{2l''}{a''}}$$

$$v = \frac{l'v' + 2l''v''}{L} = \frac{v'l'}{L} \cdot \left(\frac{1 + 2\alpha}{3}\right)$$

$$D = d' \sqrt{\frac{\varphi'}{v}}$$

Les *fermetures* complètes en $\frac{2l'}{a'}$ secondes produiront un coup de bélier, au temps ϑ' sec. donné par la formule 101 mais qui sera majoré comme dans les cas précédents. Ce coup de bélier devra se calculer avec la formule 55 dans laquelle on fera $\beta = 1$ et $\nu = 0$.

(105) $$B_m = (-1)^{n-1} \frac{a'\varphi'_0}{g} \left\{ \frac{1}{1 + 2\alpha} + \frac{2\alpha\sqrt{2\,(1 + \alpha)}}{1 + 2\alpha} \cos (2n - 1) \frac{\lambda}{2} \right\}$$

avec $\cos^2 \frac{\lambda}{2} = \frac{1}{2\,(1 + \alpha)}$

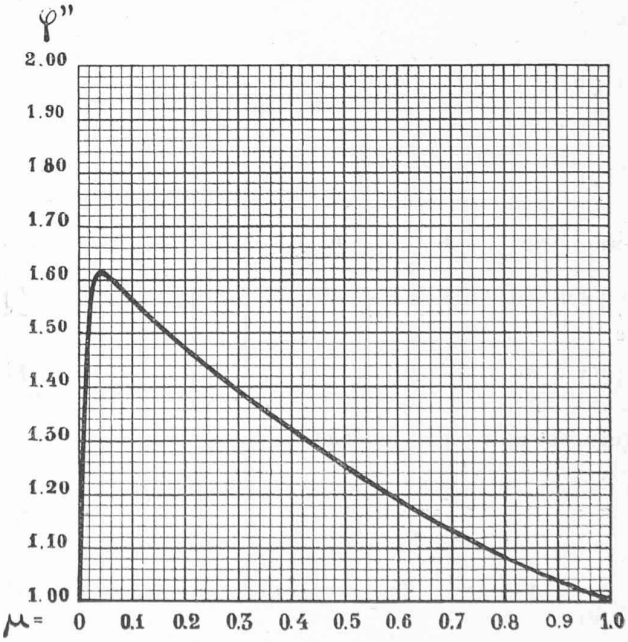

Fig. 19. — Conduites en trois tronçons avec $\nu = 0$, $\beta = 0$. Coefficient φ'' de majoration du coup de bélier de fermeture complète en $\frac{2l'}{a'}$ sec.

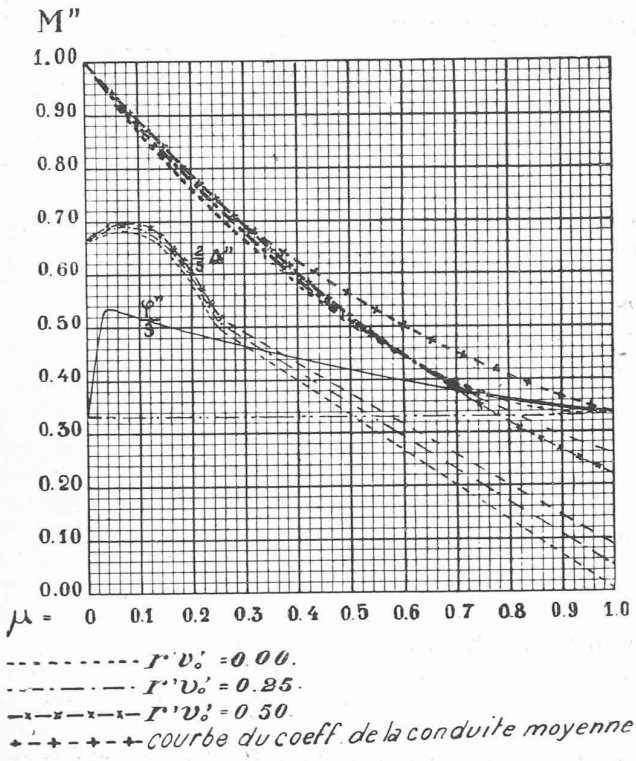

Fig. 20. — Conduites en trois tronçons avec $\nu = 0$.
Coefficient M'' du coup de bélier maximum de fermeture à l'allure $\frac{V'}{T}$ m/sec.

$$B = \frac{6l'V'}{gT} M''$$

et nous pourrons tracer, figure 19, la courbe de la majoration φ'' de manière que le coup de bélier positif soit donné par la formule simple

$$B_m = \frac{a'\varphi'_0}{g} \varphi'' \qquad (106)$$

et pour les fermetures effectuées à l'allure de $\frac{V'}{T}$ m. par seconde :

$$B_m = \frac{2l'V'}{gT} \varphi'' \qquad \text{pour } T \geqq \frac{2l'}{a'} \qquad (107)$$

Pour les fermetures linéaires complètes en $\frac{4l'}{a'}$ sec., le coup de bélier sera donné par la formule 102, avec $\varphi'_2 = 0$:

$$B_2 = \frac{a'\varphi'_0}{g}\left(\frac{2 + r'\varphi'_0 - 2\mu}{2 + r'\varphi'_0}\right) = \frac{a'\varphi'_0}{g} \Delta'' \qquad (108)$$

qui n'est autre que la formule 59. Pour les fermetures à l'allure de $\frac{V'}{T}$ par sec. :

avec $T \geqq \frac{4l'}{a'}$ et $r'\varphi'_0 = \frac{2l'V'}{gT\gamma_0}$:

$$B_2 = \frac{4l'V'}{gT} \Delta'' \qquad (109)$$

Enfin, les fermetures complètes en $\frac{6l'}{a'}$ sec. produiront (form. 103), toutes réductions effectuées :

$$B_3 = \frac{a'\varphi'_0}{g} \cdot \left\{1 - \frac{2\mu}{3} - \frac{\mu}{3}(3 - r'\varphi'_0)\left(\frac{2(3 + 2r'\varphi'_0) - 6\mu}{(3 + r'\varphi'_0)(3 + 2r'\varphi'_0)}\right)\right. \qquad (110)$$

$$= \frac{a'\varphi'_0}{g} \cdot \Omega''$$

et pour les fermetures linéaires à l'allure de $\frac{V'}{T}$ par sec. avec $T \geqq \frac{6l'}{a'}$, et $r'\varphi'_0 = \frac{3l'V'}{gT\gamma_0}$:

$$B_3 = \frac{6l'V'}{gT} \cdot \Omega'' \qquad (111)$$

Nous pourrons tracer, sur un même graphique, fig. 20, les courbes Ω'', $\frac{2}{3}\Delta''$ et $\frac{\varphi''}{3}$ donnant immédiatement le coup de bélier maximum de fermeture linéaire à l'allure de $\frac{V'}{T}$ par sec. ; et nous aurons :

$$B = \frac{6l'V'}{gT} M'' \qquad (112)$$

pour $T \geqq \frac{6l'}{a'}$ et $r'\varphi'_0 = \frac{3l'V'}{gT\gamma_0}$

La courbe correspondante du coup de bélier de fermeture dans la *conduite moyenne* sera donnée par :

$$B = \frac{6l'V'}{gT} \cdot \frac{1 + 2\alpha}{3}$$

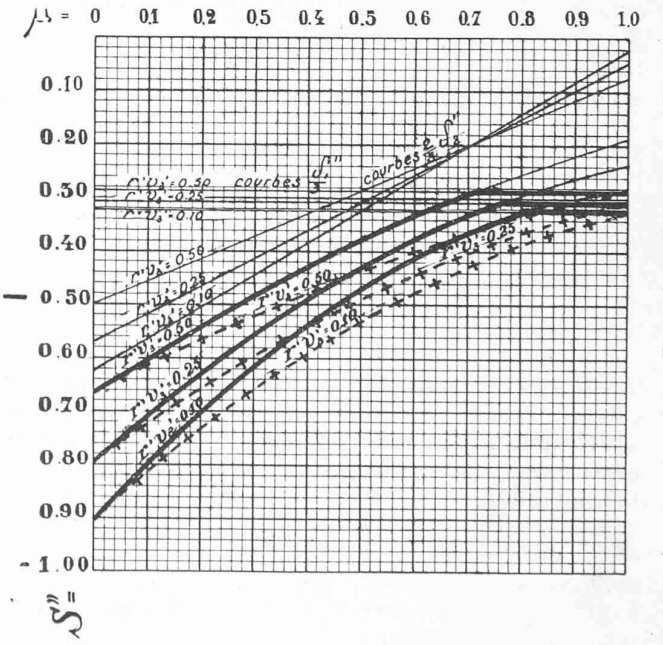

Fig. 21. — Conduites en trois tronçons avec $\nu = 0$.
Coefficient S'' du coup de bélier maximum d'ouverture à l'allure $\frac{V'}{T}$ m/sec.

$$B = \frac{6l'V'}{gT} S''$$

Enfin, les valeurs du coup de bélier *négatif maximum d'ouverture* en $\theta' 2\theta'$ et $3\theta'$ sec. seront, en fonction de $r'\varphi'_3$:

$$(113) \qquad B_1 = \frac{a'\varphi'_3}{g} \quad \frac{-1}{3 + r'\varphi'_3}$$

formule qui est la même que (72) et dont la courbe limite pour $r'\varphi'_3 = 0$ sera $-\varphi''$

$$(114) \quad B_2 = \frac{a'\varphi'_3}{g} \times \frac{(6\mu - 2\,(3 + r'\varphi'_3)}{(3 + 2r'\varphi'_3)\,(3 + r'\varphi'_3)} = \frac{a'\varphi'_3}{g} \cdot \delta''_2$$

ormule qui donne la même valeur que la formule (71); enfin :

$$(115) \quad B_3 = \frac{a'\varphi'_3}{g}\left[\frac{2\mu - 3}{3\,(1 + r'\varphi'_3)} - \mu\,\frac{3 - 2r'\varphi'_3}{3\,(1 + r'\varphi'_3)}\,\delta''_2\right]$$

En traçant toutes ces courbes sur un graphique, (figure 21) pour $r'\varphi'_3 = 0{,}10$, $0{,}25$ et $0{,}50$ nous aurons le coefficient S'', et, en fonction de V' et de T, la formule générale :

$$(116) \qquad B_m = \frac{6l'V'}{g'T}\,S''$$

pour $\qquad T \geqq \frac{6l'}{a'}$ et $r'\varphi'_3 = \frac{3l'V'}{g'Ty_0}$

La valeur du coup de bélier dans la *conduite moyenne* est donnée par :

$$(117) \qquad B_m = \frac{6l'V'}{g'T} \cdot \frac{-(1 + 2\alpha)}{3 + r'\varphi'_3\,(1 + 2\alpha)}$$

courbe que nous traçons aussi sur le graphique de la figure 21 pour les valeurs correspondantes de $r'\varphi'_3$.

On devra encore, pour calculer la valeur du coup de bélier à la jonction, utiliser les formules 81 à 86 avec $\beta = 1$ et $\nu = 0$. (*A suivre.*)

Le problème du logement et les systèmes de constructions économiques [2].

par M. F. Gilliard, architecte.

(*Suite et fin*) [1]

L'inconvénient essentiel des systèmes de construction de planchers en béton armé qui comportent un coffrage et la coulée du béton, sur place, en un bloc, consiste dans les boisages coûteux et longs à établir. Bien que les bois puissent resservir, le déchet est toujours assez grand et le prix de ces bois est assez élevé pour qu'on y regarde. On s'est donc ingénié, depuis plusieurs années, à créer des systèmes de construction de planchers en béton armé comportant des éléments distincts pouvant être moulés en grande quantité, à l'avance, et mis en place sur le chantier avec peu de temps et de frais. On a ainsi, d'une part, des *poutrelles* ou des éléments de poutrelles qui peuvent se souder ensemble et, d'autre part, des *hourdis* posés entre les poutrelles. La liaison de l'ensemble est prévue au moyen de fers ronds convenablement répartis et d'une coulée de béton très localisée et restreinte.

Ces procédés paraissent logiquement conçus et d'une application facile et économique. Ils se sont heurtés cependant à une certaine méfiance. Le plancher en béton armé monolithe présente, à première vue, de plus grandes garanties de stabilité. Il appartient à Messieurs les ingénieurs de nous renseigner définitivement sur ce point.

Je vous présenterai quelques-uns de ces systèmes qui ont déjà fait leurs preuves : le système Borel, appliqué avec les briques Léan, le système Mixedstone, le système P. K. B. et je n'oublierai pas le système de M. Quillet, architecte, qui a déjà été examiné par une commission déléguée par notre Société. Le rapport de cette commission a été publié dans le *Bulletin technique* du 29 août 1919. Le système Mixedstone a fait aussi l'objet d'essais intéressants et concluants dont les résultats ont été consignés dans le *Bulletin technique* du 28 décembre 1918. Le système P. K. B. semble écarter moins complètement que les précédents les inconvénients du boisage. Les briques utilisées pour les murs font, ici, fonction de hourdis. La poutrelle de béton armé, qui peut être coulée sur place ou à l'avance, épouse la forme de l'espace laissé entre les briques, espace calculé d'après les données statiques.

Il nous reste à parler d'une partie très importante de la construction : la *toiture*. Dans la petite maison économique on réussit à simplifier la charpente au point de supprimer toute ferme et, par conséquent, toute panne autre que la faîtière. On s'efforce de ne pas dépasser 4 m. 50 de portée pour les chevrons. La section de ceux-ci est renforcée et portée à 10/14. Tous les chevrons sont assemblés à leur extrémité inférieure dans une des solives du plancher qui forme entrait et, à leur extrémité supérieure, avec une panne faîtière. On constitue ainsi une série de triangles indéformables. La rigidité du système est assurée latéralement par le lattage ou le lambrissage. La toiture butte, aux deux extrémités, contre les murs mitoyens.

Si on veut tenir compte des frais de couverture et de ferblanterie, très importants actuellement, on simplifiera la forme de la toiture, on évitera les lucarnes. On peut affirmer que *le coût d'un étage entièrement dégagé, en maçonnerie, sera inférieur à celui d'un étage pris dans la toiture.* L'aménagement de locaux habitables dans la toiture nécessite des mesures d'isolation très sérieuses contre les variations de températures extérieures. On est entraîné à d'assez fortes dépenses pour rendre un étage mansardé vraiment aussi sain et agréable à habiter qu'un autre.

En tous cas, la réduction du cube total de la construction que l'on obtient en faisant rentrer dans le volume du toit, au moyen de procédés souvent artificiels et compliqués, un étage de la petite maison n'est qu'une économie illusoire.

Il m'est absolument impossible de passer en revue tous les détails de la construction. Je vous renvoie aux très intéressantes études faites récemment par *Hermann Muthesius* [1] qui a examiné à fond le problème de la construction économique. Il a participé, comme architecte, à la construction de nombreuses colonies (entre autres : Hellerau, Duisbourg, Leipzig-Marienbrunn, Friesland). Un point d'importance tout à fait primordiale et générale doit être cependant indiqué. Pour tous les travaux qui s'y prêtent, l'*exécution en série* permet de réaliser une très grande économie. Par exemple, lors de la construction de la colonie de Staaken, en Allemagne, les architectes, en adoptant autant que cela pouvait se faire des types uniformes pour toutes les parties de la construction sont parvenus à économiser environ le dixième du devis total de l'entreprise. On a commencé par uniformiser les portes et les fenêtres en établissant, pour les unes et les autres, quatre ou cinq types qui se prêtent à tous les cas. Mais cette recherche s'est étendue aux escaliers et à beaucoup d'autres détails. En parlant du plan, j'ai montré que, là aussi, la *forme-type*

[1] Voir *Bulletin technique* du 1er mai 1920, p. 103.

[1] Kleinhaus und Kleinsiedelung. F. Bruckmann A. G. Munich.