Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 46 (1920)

Heft: 2

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-35746

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: 09.12.2025

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

Concours d'idées pour la construction de nouvelles maisons ouvrières au « Pré-d'Ouchy ».

(Suite) [1]

2e prix : N° 1. — « Tout Simplement », cube indiqué par l'auteur : 13180 m³. Le plan de l'étage comporte en chambres, cuisines et hall, 41 locaux. Voir aux pages 19 et 20.

Parti d'ensemble simple et pratique. Disposition des plans d'appartement heureuse par l'orientation des loggia et hall à l'est. Les façades risquent d'être monotones par leur répétition ; l'architecture comporte cependant des proportions harmonieuses ; aux façades Ouest, la forme des baies et des cages d'escaliers et des porches paraît étrangère.

(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.) [2]

5. Ouverture en $\frac{4l'}{a}$ secondes à partir de la vanne fermée.

Dans le cas d'une ouverture en $\frac{4l'}{a'}$ secondes à partir de la vanne fermée, le coup de bélier *négatif* maximum se produit au temps $\frac{4l'}{a'}$ sec. si $\mu < 0{,}5$ et déjà au temps $\frac{2l'}{a'}$, soit pendant le mouvement d'ouverture, lorsque μ est $> 0{,}5$. L'intensité maximum au temps $\frac{4l'}{a'}$ est :

$$(30) \quad B_2 = \frac{a'\varphi_2'}{g}\left[\frac{2\mu - (2 + r'\varphi_2')}{(1 + r'\varphi_2')(2 + r'\varphi_2')}\right] = \frac{a'\varphi_2'}{g}\, j_2$$

tandis qu'au temps $\frac{2l'}{a'}$ sec. pour $\mu > 0{,}5$ elle sera :

$$(31) \quad B_1 = \frac{a'\varphi_2'}{g}\,\frac{-1}{2 + r'\varphi_2'} = \frac{a'\varphi_2'}{g}\, j_1$$

Pour la valeur limite $r'\varphi_2' = 0$ on trouve encore une majoration qui augmente avec μ. La majoration diminue très rapidement lorsque $r'\varphi_2'$ augmente, elle devient peu sensible pour $r'\varphi_2' = 0{,}05$.

Remarquons que la formule (25) peut s'écrire en fonction de $r'\varphi_2'$:

$$B_1 = \frac{a'\varphi_2'}{g}\,\frac{-1}{2 + r'\varphi_2'}$$

qui n'est autre que la formule (31) et que $j_1 = \frac{\eta_1}{2}$ puisque $\varphi_1' = \frac{\varphi_2'}{2}$ pour une ouverture linéaire. Il sera donc facile de tracer sur un même graphique (figure 6) la courbe enveloppante maximum $r'\varphi_2' = 0$ et quelques

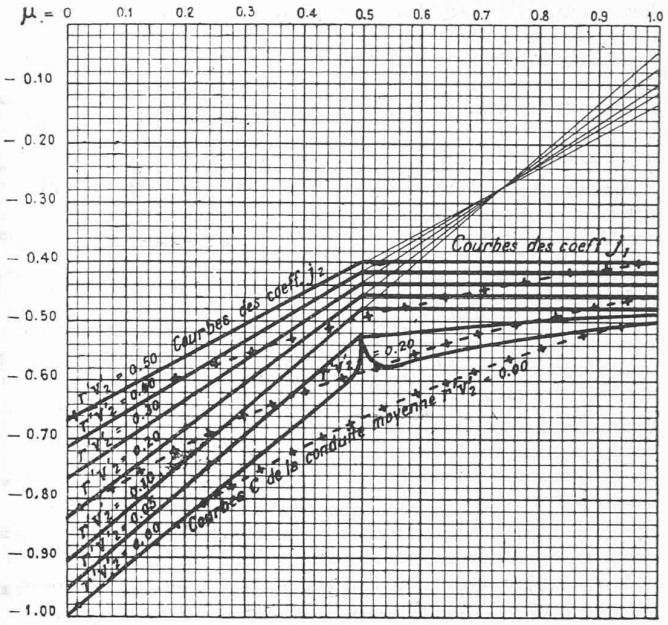

Fig. 6. — Conduite en deux tronçons.
Coefficient j du coup de bélier négatif d'ouverture à l'allure $\frac{V'}{T}$ m/sec.
— + — + — Courbes du coefficient c de la conduite moyenne.

courbes $r'\varphi_2'$ de manière à avoir immédiatement les coefficients j_1 et j_2 donnant l'intensité maximum du coup de bélier négatif d'ouverture en θ' ou $2\,\theta'$ sec. ; ces courbes sont rectifiées pour tenir compte de la majoration qui peut se produire après l'arrêt du mouvement d'ouverture de la vanne.

En fonction de V' et de T, et pour des ouvertures à l'allure $\frac{V'}{T}$ mètres par sec., les formules 30 et 31 prendront la forme simple :

$$(32) \quad B_2 = \frac{4l'V'}{gT}\, j_2$$

$$(33) \quad B_1 = \frac{4l'V'}{gT}\, j_1$$

et nous aurons la formule générale :

$$(33\,\text{bis}) \quad B = \frac{4l'V'}{gT}\, j$$

dans laquelle : $r'\varphi_2 = \frac{2l'V'}{gT\gamma_0}$

Le calcul du coup de bélier négatif d'ouverture se simplifie donc beaucoup en utilisant le graphique de la figure 6.

L'ouverture brusque de zéro à V' en un temps $\leq \frac{2l'}{a'}$ sec. donnera toujours un coup de bélier négatif supérieur à celui produit par une ouverture de zéro à V' effectuée en $\frac{4l'}{a'}$ sec., car $\eta_1 > j_2$ pour $\varphi_1' = \varphi_2' = V'$.

Le coup de bélier *positif* maximum consécutif à une ouverture en $\frac{4l'}{a'}$ sec. se produira au temps $\frac{8l'}{a'}$ sec. pour

[1] Voir *Bulletin Technique* 1920, p. 7.
[2] Voir *Bulletin technique* 1920, p. 5.

les valeurs de $\mu < 0{,}3$ et au temps $\frac{6l'}{a'}$ sec. lorsque μ est $> 0{,}35$. Pour de petites valeurs de $r'\varphi_2'$ il peut se produire un maximum légèrement supérieur au temps $\frac{14l'}{a'}$ avec μ compris entre 0,25 et 0,35.

L'intensité du maximum positif est donnée au temps $\frac{6l'}{a'}$ sec. par :

(34)
$$B_3 = \frac{a'\varphi_2'}{g}\left[-\frac{2\mu}{1+r'\varphi_2'}\,j_2 - \frac{r'\varphi_2'}{(1+r'\varphi_2')(2+r'\varphi_2')}\right] = \frac{a'\varphi_2'}{g}\,j_3$$

et au temps $\frac{8l'}{a'}$ sec. par :

(35)
$$B_4 = \frac{a'\varphi_2'}{g}\left(-\frac{2\mu}{1+r'\varphi_2'}\,j_3 - \frac{1-r'\varphi_2'}{1+r'\varphi_2'}\,j_2\right) = \frac{a'\varphi_2'}{g}\,j_4$$

D'un autre côté les formules 27 et 29, donnant le coup de bélier positif consécutif à une ouverture effectuée eu θ' sec., peuvent aussi s'écrire en fonction de $r'\varphi_2'$:

(36)
$$B_3 = \frac{a'\varphi_2'}{g}\left[\frac{2-r'\varphi_2'}{(2+r'\varphi_2')^2} - 4\mu\,\frac{4\mu-(2+r'\varphi_2')}{(2+r'\varphi_2')^3}\right] = \frac{a'\varphi_2'}{g}\cdot i_3$$

(37)
$$B_2 = \frac{a'\varphi_2'}{g}\left[\frac{4\mu-(2+r'\varphi_2')}{(2+r'\varphi_2')^2}\right] = \frac{a'\varphi_2'}{g}\cdot i_2$$

dans ces formules, $i_3 = \frac{\gamma_3}{2}$ et $i_2 = \frac{\gamma_2}{2}$.

En joignant les courbes j_3, j_4, i_3 et i_2 ainsi que les courbes obtenues aux temps $5\theta'$ et $7\theta'$, pour chaque valeur de $r'\varphi_2'$, y compris l'enveloppante $r'\varphi_2' = 0$, on obtient les courbes p du graphique 7 donnant immédiatement la valeur du coup de bélier positif par

$$B = \frac{a'\varphi_2'}{g}\,p.$$

Pour des ouvertures linéaires à l'allure $\frac{V'}{T}$ m. par sec. le coup de bélier maximum sera donné en fonction de V' et de T par :

(38)
$$B = \frac{4l'V'}{gT}\,p$$

avec
$$r'\varphi_2' = \frac{2l'V'}{gT\gamma_0}$$

L'examen de la courbe $r'\varphi_2' = 0{,}10$, par exemple, montre que le coup de bélier maximum positif consécutif à une dépression succèdera à une ouverture effectuée en $2\theta'$ sec. lorsque $\mu < 0{,}20$, donc dans les conduites de diamètre constant et aura lieu au temps $4\theta'$ sec., et que le maximum se produira au temps $3\theta'$ pour les valeurs de μ voisines de 0,6. Pour les autres valeurs de μ et en particulier pour les conduites dont le rapport des diamètres est $< \frac{2}{3}$, ce qui est généralement le cas, le coup de bélier maximum positif, consécutif à une dépression d'ouverture succèdera à une ouverture arrêtée au temps θ' sec. et aura lieu à la fin de la troisième période. Si $\mu > 0{,}7$, ce qui est rare, le maximum se produit aussi après une ouverture arrêtée au temps θ' sec. Le facteur μ étant généralement $< 0{,}5$, ce sont donc les formules 35 et 36 qui devront être utilisées pour le calcul du maximum positif consécutif à une ouverture en tenant compte toutefois d'une majoration pour les très petites valeurs de $r'\varphi_2'$, comme cela a été fait dans le tracé des courbes de la figure 7.

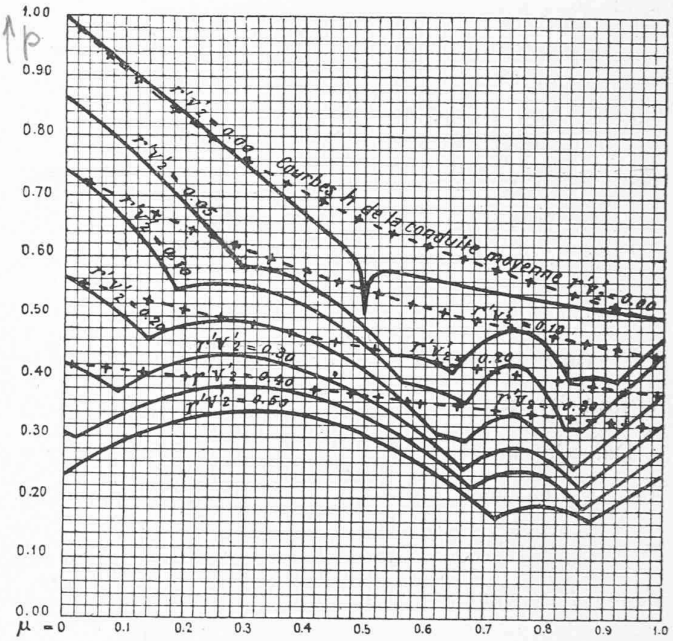

Fig. 7. — Conduite en deux tronçons.
Coefficient p du coup de bélier positif consécutif à une ouverture à l'allure $\frac{V'}{T}$ m/sec.
— + — + — Courbe du coefficient h de la conduite moyenne.

Dans la *conduite moyenne*, le coup de bélier *négatif* d'une ouverture en $\frac{2L}{a} = 2\theta'$ sec. peut s'écrire, en fonction des éléments du tronçon inférieur :

(39)
$$\xi = \frac{a'\varphi_2'}{g}\,\frac{-(1+\alpha)}{2+r'\varphi_2'(1+\alpha)} = \frac{a'\varphi_2'}{g}\cdot c.$$

La figure 6 donne les courbes c pour 3 valeurs de $r'\varphi_2'$: zéro, 0,2 et 0,5 ; elles montrent que le coup de bélier réel est inférieur à celui calculé avec la conduite moyenne ; la différence croît de $\mu = 0$ à $\mu = 0{,}5$ et diminue de $\mu = 0{,}5$ à $\mu = 1$.

Le coup de bélier *positif* consécutif à l'ouverture sera dans la *conduite moyenne*, toujours en fonction des éléments du tronçon inférieur :

(40)
$$\xi = \frac{a'\varphi_2'}{g}\,\frac{(1+\alpha)\,[2-r'\varphi_2'(1+\alpha)]}{[2+r'\varphi_2'(1+\alpha)]^2} = \frac{a'\varphi_2'}{g}\cdot h.$$

La figure 7 donne le tracé des courbes h pour les valeurs de $r'\varphi_2'$: zéro, 0,1, 0,2 et 0,5, afin de faire res-

sortir la différence entre le coup de bélier ainsi calculé et le coup de bélier réel.

Le coup de bélier positif consécutif à une ouverture est important à déterminer dans les installations où les turbines sont munies de déchargeurs, de déflecteurs ou de tous autres dispositifs qui permettent une diminution considérable du coup de bélier de fermeture, car ces dispositions ne suppriment généralement pas l'effet du coup de bélier positif d'ouverture qui peut atteindre une valeur importante.

Prenons comme exemple numérique les données de la figure 5 :

Ouverture en 6′ secondes, soit en 1,09 sec. de zéro à $v'_1 = 1^m,08$. La formule 26 donnera pour le coup de bélier négatif d'ouverture :

$$B_1 = -\frac{2 \times 666 \times 6.50}{9.8 \times 6.54} \frac{1}{1 + \frac{666 \times 6.50}{9,8 \times 6,54 \times 510}} = -119^m$$

Ouverture en 26′ secondes soit en 2,18 sec. de zéro à $v'_2 = 2^m,16$ avec

$$r'v'_2 = \frac{2 \times 666 \times 6.50}{9.8 \times 6.54 \times 510} = 0,264 \text{ et } \mu = 0.418$$

la formule 32 donne avec $j = 0,5$ pris sur le graphique de la figure 6 :

$$B_2 = \frac{4 \times 666 \times 6.50}{9.8 \times 6.54} \times 0.5 = -135^m$$

Le coup de bélier maximum *positif* sera avec $p = 0,425$ donné par le graphique de la figure 7 (formule 38) :

$$B = +270 \times 0.425 = +114^m.50$$

il se produira au temps 36′ après une ouverture arrêtée au temps 6′ sec.

Dans la conduite à caractéristique unique le coup de bélier négatif pour l'ouverture en 6 sec. serait de :

$$B_1 = \frac{a'v'_2}{g} \frac{-(1+\alpha)}{2 + \frac{a'v'_2}{2gy_0}(1+\alpha)} = -160^m$$

et le coup de bélier positif consécutif :

$$B_2 = 160 \times \frac{2 - \frac{a'v'_2}{2gy_0}(1+\alpha)}{2 + \frac{a'v'_2}{2gy_0}(1+\alpha)} = +110^m$$

Le coup de bélier négatif réel est sensiblement diminué, mais le coup de bélier positif consécutif à l'ouverture est un peu plus fort que celui calculé avec la conduite moyenne. *(A suivre).*

La guerre des gaz.

La composition, les propriétés, les procédés de préparation et de manutention, l'emploi tactique de ces gaz qui, d'ailleurs, furent souvent tout autre chose que des gaz au sens que la physique donne à ce mot, sont décrits dans une admirable étude de M. le colonel E. Vinet, chef du Bureau des services chimiques de la direction de l'artillerie française, publiée, avec de nombreuses illustrations, par la revue *Chimie et industrie* (décembre 1919).

La nomenclature des produits proposés, essayés ou utilisés couramment aux armées en manière de gaz asphyxiants, suffocants, vésicants, lacrymogènes, sternutatoires, fumigènes, nauséeux et toxiques est quasi inépuisable et ne présenterait quelque intérêt que pour les lecteurs familiarisés avec les rébus de la terminologie chimique moderne. M. le colonel Vinet s'est gardé d'ébaucher une telle nomenclature et il se borne à passer en revue les corps les plus usités : de ceux-ci nous ne retiendrons que les deux plus cruellement efficaces, la *vincennite* et la très fameuse *ypérite*.

La « vincennite » est un mélange d'acide prussique, corps d'une toxicité foudroyante, de chloroforme, de chlorures d'étain et d'arsenic, ces chlorures jouant le rôle de fumigènes propres à déceler les points d'impact des obus.

C'est devant Ypres, d'où le nom d' « ypérite », en juillet 1917, que les Allemands firent usage, pour la première fois, d'un « gaz » dont les propriétés vésicantes et toxiques, produisant d'atroces douleurs, causèrent d'épouvantables ravages dans les troupes de l'Entente. Six jours après cette première émission, les chimistes français, au dire de M. Vinet, avaient identifié ce nouveau gaz et indiqué les moyens de s'en protéger, mais ce fut seulement au mois de mars 1918 que la *Société chimique des Usines du Rhône* parvint, à la suite de recherches admirablement conduites, à mettre au point un procédé de préparation industrielle de l' « ypérite », c'est-à-dire du corps connu en chimie sous le nom de « sulfure d'éthyle dichloré ». Le procédédes Usines du Rhône consiste, conformément à l'équation suivante :

$$SCl_2 + 2C_2H_4 = S\left\langle \begin{matrix} CH_2CH_2Cl \\ CH_2CH_2Cl \end{matrix}\right.$$

Bichlorure de soufre — Ethylène — Sulfure d'éthyle dichloré (ypérite)

à faire passer un courant d'*éthylène* dans du *chlorure de soufre*. L'éthylène est un gaz qu'on peut préparer par décomposition pyrogénée de l'alcool ordinaire d'après le schéma :

$$C_2H_5OH \xrightarrow{\text{chaleur}} C_2H_4 + H_2O$$

Alcool éthylique — Ethylène — Eau

Au lieu d'utiliser le *bichlorure* de soufre SCl_2, certains producteurs français et américains employèrent le *protochlorure* de soufre S_2Cl_2 et la réaction s'effectuait alors suivant l'équation :

$$S_2Cl_2 + 2C_2H_4 = S\left\langle \begin{matrix} CH_2CH_2Cl \\ CH_2CH_2Cl \end{matrix}\right. + S$$

c'est-à-dire avec mise en liberté de soufre dont la présence ne laissait pas d'être gênante.

Quant aux Allemands, ils préparaient l' « ypérite » au moyen d'un procédé difficultueux, d'un mauvais rendement et ce fut la raison, d'abord inexplicable, pourquoi leurs émissions de ce gaz n'eurent pas la violence à laquelle on s'attendait. Voici la description de ce procédé, dans sa notation chimique que nous croyons pouvoir nous dispenser de traduire en langage ordinaire :

$$3Na_2S + 6\begin{matrix} CH_2OH \\ CH_2Cl \end{matrix} = 3S\left\langle \begin{matrix} CH_2CH_2OH \\ CH_2CH_2OH \end{matrix}\right. + 6NaCl$$

$$3S\left\langle \begin{matrix} CH_2CH_2OH \\ CH_2CH_2OH \end{matrix}\right. + 2PCl_3 = 3S\left\langle \begin{matrix} CH_2CH_2Cl \\ CH_2CH_2Cl \end{matrix}\right. + 2H_3PO_3$$