

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 45 (1919)  
**Heft:** 6

**Artikel:** Note sur le calcul du coup de bâlier dans les conduites sous pression  
**Autor:** Carey, Ed.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-34880>

#### **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:** 27.01.2026

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

rait à redouter des surprises désagréables. Si, notamment, la maçonnerie actuelle des piles qu'il faudrait creuser pour obtenir un bon assemblage avec les supports n'est pas de bonne qualité, les travaux de réparation qui seraient nécessaires occasionneraient une grosse dépense supplémentaire. Puis il est douteux qu'après avoir procédé au dragage le long de la rive gauche et aplani les empierrements actuels, comblé les creux des tourbillons, l'équilibre du lit de la rivière s'établisse. En tout cas, on ne pourrait éviter les frais d'entretien des empierrements. Ces inconvénients n'existent pas dans l'autre variante car, moyennant un fonçage assez profond des piles, on n'a pas besoin d'empierrements. Comme cette variante satisfait en outre à toutes les exigences raisonnables sous le rapport technique d'exploitation, hydrotechnique et esthétique, le fait que l'amortissement est plus élevé ne doit pas être une raison pour la repousser.

## Note sur le calcul du coup de bâlier dans les conduites sous pression

par ED. CAREY, ingénieur à Marseille.

(Suite<sup>1</sup>)

### B) COUP DE BÂLIER MAXIMUM D'OUVERTURE.

Considérons toujours une variation de vitesse linéaire et rappelons que pour pouvoir utiliser la formule de M. de Sparre avec une approximation suffisante, il faut que le coup de bâlier d'ouverture soit  $\leq \frac{\gamma_0}{2}$ .

1<sup>o</sup> *Coup de bâlier produit par une variation de vitesse pendant un temps  $\leq \frac{2L}{a}$  (1<sup>re</sup> période).*

La formule générale nous donne pendant la première période :

$$B_1 = \frac{a}{g} \frac{(v_0 - v_1)}{1 + \frac{av_1}{2g\gamma_0}} \quad (2)$$

Observons que pour l'ouverture, la valeur  $B_1$  est négative puisque  $v_1 > v_0$ ;  $B_1$  sera maximum avec la plus grande différence  $(v_0 - v_1)$ , donc pour l'ouverture pendant une période  $\theta$  entière; il faut aussi que  $v_1$  soit petit ce qui est obtenu par l'ouverture à partir de la vanne fermée. *Le maximum sera donc atteint à la fin de la période, soit au temps  $\frac{2L}{a}$  à partir de la vanne fermée. Cette valeur maximum de la dépression sera :*

$$B_m = -\frac{a}{g} \frac{v_1}{1 + \frac{a}{2g\gamma_0} v_1} \quad (9)$$

La variation de vitesse étant linéaire, nous savons que  $v_1 = \frac{2LV_f}{aT}$ , en appelant  $V_f$  la vitesse pour l'ouver-

ture totale au temps  $T$ ; nous aurons pour  $B_m$  en fonction de  $V_f$  et  $T > \frac{2L}{a}$

$$B_m = -\frac{2LV_f}{gT} \frac{1}{1 + \frac{LV_f}{gT\gamma_0}} \quad (10)$$

Nous retrouvons comme premier terme la valeur  $\frac{2LV_f}{gT}$  qui est la formule de Michaud-Gariel; le coup de bâlier d'ouverture en un temps  $\frac{2L}{a}$  est donc inférieur au coup de bâlier de fermeture pendant le même temps  $\theta$ , car il faut que  $\frac{LV_f}{gT\gamma_0}$  soit  $\leq \frac{1}{3}$  pour que  $B_m$  soit  $\leq \frac{\gamma_0}{2}$ ; à cette valeur limite, le coup de bâlier d'ouverture sera maximum par rapport à  $\gamma_0$ .

Pour que  $B_m$  soit  $\leq \frac{\gamma_0}{2}$  il faut aussi  $\frac{2LV}{gT} \leq \frac{2}{3}\gamma_0$  et par conséquent que le temps d'ouverture soit :

$$T \geq \frac{3LV}{g\gamma_0};$$

si  $T$  est donné, on pourra pousser l'ouverture jusqu'à

$$V_f \leq \frac{g \cdot T \cdot \gamma_0}{3L}.$$

Dans les hautes chutes,  $\frac{LV}{gT\gamma_0}$  étant petit, le coup de bâlier d'ouverture est voisin de  $\frac{2LV}{gT}$ , mais cette valeur diminue par rapport à  $\gamma_0$  en même temps que  $\frac{LV}{gT\gamma_0}$ .

En effet, si nous posons  $\frac{LV}{gT\gamma_0} = \frac{1}{n}$ , nous aurons :  $\frac{2LV}{gT} = \frac{2}{n}\gamma_0$  et  $B_m = -\frac{2}{n+1}\gamma_0$ . Avec  $n = 10$ ,  $\frac{2LV}{gT} = \frac{\gamma_0}{5}$  et  $B_m = -\frac{\gamma_0}{5,5}$ ; la différence est faible, mais la valeur du coup de bâlier n'est plus que  $\frac{1}{5}$  de  $\gamma_0$ .

2<sup>o</sup> *Coup de bâlier d'ouverture produit par une variation de vitesse pendant un temps  $T > \frac{2L}{a}$  (2<sup>me</sup> période et suivantes).*

En suivant la même méthode simplifiée que pour les coups de bâlier de fermeture et en considérant les divers cas possibles, nous examinerons plus en détail les coups de bâlier d'ouverture, car cette étude est généralement laissée de côté.

a).— *Ouverture en un temps  $T > \frac{2L}{a}$ , à partir de la vanne fermée.*

Considérant une ouverture linéaire avec  $v_0 = 0$ , les vitesses aux diverses périodes  $\theta$  seront  $v_1, v_2 = 2v_1, v_3 = 3v_1 \dots v_n = nv_1$ ; les différences  $v_0 - v_1, v_1 - v_2, v_2 - v_3$ , etc. sont toutes égales à  $v_1$  pour les périodes entières

$$\theta = \frac{2L}{a}.$$

<sup>1</sup> Voir *Bulletin technique* 1919, page 41.

Au bout de la première période  $\theta$ , le coup de bâlier est donné par :

$$B_1 = -\frac{a}{g} \frac{\vartheta_1}{1 + \frac{a\vartheta_1}{2g\gamma_0}}$$

posons pour simplifier :  $r = \frac{a}{2g\gamma_0}$ .

$B_1$  ne devant pas dépasser  $\frac{\gamma_0}{2}$ ,  $\vartheta_1$  doit satisfaire à la condition, tirée de la formule ci-dessus :  $\vartheta_1 \leq \frac{2}{3} \frac{g\gamma_0}{a}$ . L'étude des périodes qui suivent nous conduit à considérer 2 cas suivant que  $\frac{aV_f}{2g\gamma_0}$  est  $<$  ou  $> 1$ ,  $V_f$  étant la vitesse à la fin du mouvement d'ouverture.

1<sup>er</sup> CAS :  $\frac{aV_f}{2g\gamma_0} < 1$ . Dans ce cas, tous les termes  $\frac{a\vartheta}{2g\gamma_0}$  sont  $< 1$ , nous aurons à la fin de la 1<sup>re</sup> période :

$$B_1 = -\frac{a}{g} \frac{\vartheta_1}{1 + rV_1}$$

et à la fin de la 2<sup>me</sup> période :

$$B_2 = -\frac{a}{g} \frac{\vartheta_1}{1 + r\vartheta_1} - B_1 \frac{1 - r\vartheta_1}{1 + r\vartheta_1}$$

$r\vartheta_1$  étant  $< 1$ , le 2<sup>me</sup> terme devient positif puisque  $B_1$  est négatif; en outre on démontre facilement que le 1<sup>er</sup> terme est plus grand que le 2<sup>me</sup> terme en valeur absolue et que  $B_2$  reste par conséquent négatif. Ce coup de bâlier est aussi  $< B_1$ , car en posant  $B_1 > B_2$  on arrive à l'inégalité

$$1 > \frac{2r\vartheta_1}{1 + 2r\vartheta_1}$$

On démontre de même que  $B_1 > B_3$ , etc.  $B_1$  est donc le coup de bâlier maximum.

Donc :

Pour  $\frac{aV_f}{2g\gamma_0} < 1$ , le coup de bâlier maximum d'ouverture, à partir de la vanne fermée, a lieu au temps  $\frac{2L}{a}$ ; son intensité est donnée par les formules 9 et 10.

Remarquons que le coup de bâlier reste négatif tant que dure le mouvement d'ouverture de la vanne.

2<sup>me</sup> CAS :  $\frac{aV_f}{2g\gamma_0} > 1$ . Pour que le coup de bâlier ne dépasse pas  $\frac{\gamma_0}{2}$  nous avons déjà observé que la valeur de  $\vartheta_1$  au temps  $\theta$  devait être :  $\vartheta_1 \leq \frac{2}{3} \frac{g\gamma_0}{a}$ ;  $\frac{a\vartheta_1}{2g\gamma_0}$  ne peut donc pas être  $> 1$  pour une ouverture à partir de la vanne fermée ( $\vartheta_0 = 0$ ); de même, à la fin de la 2<sup>me</sup> période,  $\vartheta_2$  doit être :  $\vartheta_2 \leq \frac{2}{3} \frac{g\gamma_0}{a}$ , donc  $\frac{a\vartheta_2}{2g\gamma_0} < 1$ ; enfin,  $\vartheta_3$  doit être :  $\vartheta_3 \leq \frac{3}{3} \frac{g\gamma_0}{a}$ . A la limite,  $\vartheta_3$  pourra être égal à  $\frac{2g\gamma_0}{a}$ , produisant un coup de bâlier maximum de  $\frac{\gamma_0}{2}$  au temps  $\theta$ .

Nous voyons que, pendant les 3 premières périodes au moins, les valeurs  $r\vartheta_1$ ,  $r\vartheta_2$  et  $r\vartheta_3$  doivent être  $< 1$  et rentrent donc dans le cas précédent.

En posant  $r\vartheta_3 = 1$ , limite admise, nous aurons à la fin de la 4<sup>me</sup> période :

$$B_4 = -\frac{a}{g} \frac{\vartheta_1}{1 + r\vartheta_4}$$

$r\vartheta_4$  étant  $> 1$ ,  $B_4$  est  $< B_1$ , dans lequel  $r\vartheta_4$  était  $< 1$ .

Si nous passons à la fin de la 5<sup>me</sup> période,  $r\vartheta_4$  et  $r\vartheta_5$  étant  $> 1$ , nous aurons :

$$B_5 = -\frac{a}{g} \frac{\vartheta_1}{1 + r\vartheta_5} - \frac{a}{g} \frac{\vartheta_1}{1 + r\vartheta_4} \frac{r\vartheta_4 - 1}{1 + r\vartheta_5}$$

et  $B_1$  est encore  $> B_5$ , car, en posant  $B_1 > B_5$ , on arrive avec  $r\vartheta_3 = 1$  à l'inégalité  $1 > \frac{4}{7}$ .

Nous démontrerions de la même manière que  $B_1 > B_6$  et ainsi de suite tant que le mouvement d'ouverture n'est pas arrêté; le coup de bâlier maximum est donné par  $B_1$ . Done, pour  $\frac{aV_f}{2g\gamma_0} > 1$ , le coup de bâlier maximum a lieu au temps  $\theta = \frac{2L}{a}$  comme dans le cas où  $\frac{aV_f}{2g\gamma_0} < 1$ .

b). — Ouverture en un temps  $T > \frac{2L}{a}$  à partir d'une ouverture préexistante.

Nous aurons une certaine valeur pour  $\vartheta_0$ .

1<sup>er</sup> CAS :  $\frac{aV_f}{2g\gamma_0} < 1$ . Tous les termes  $\frac{a\vartheta}{2g\gamma_0}$  sont  $< 1$  et la courbe du coup de bâlier aura la même allure que celle obtenue pour l'ouverture à partir de la vanne fermée. Le coup de bâlier sera maximum au temps  $\frac{2L}{a}$  et aura pour valeur

$$B_1 = \frac{a}{g} \frac{\vartheta_0 - \vartheta_1}{1 + \frac{a\vartheta_1}{2g\gamma_0}} ; \quad (11)$$

il est négatif et plus petit que celui obtenu par la formule 9, car le dénominateur est plus grand, la vitesse  $\vartheta_1$  étant augmentée de la vitesse  $\vartheta_0$  préexistante.

Au temps  $\frac{4L}{a}$  le coup de bâlier sera :

$$B_2 = \frac{a}{g} \frac{(\vartheta_1 - \vartheta_2)}{1 + r\vartheta_2} - \frac{a}{g} \frac{(\vartheta_0 - \vartheta_1)}{1 + r\vartheta_1} \frac{1 - r\vartheta_1}{1 + r\vartheta_2}$$

on démontre facilement que  $B_1 > B_2$  et ainsi de suite, ce qui prouve que le coup de bâlier maximum est donné par  $B_1$ . La formule (11) peut s'écrire en fonction de  $V$  et  $V_f$  et du temps  $t$  correspondant à la variation de  $V$  à  $V_f$  soit  $t = \frac{V_f - V}{V_f} T$

$$B_1 = \frac{2L(V_f - V)}{gt} \frac{1}{1 + \frac{aV}{2g\gamma_0} + \frac{L(V_f - V)}{gt\gamma_0}} \quad (12)$$

car  $\vartheta_0 = V$  et  $\vartheta_1 = V + \frac{2L(V_f - V)}{at}$

2<sup>me</sup> CAS :  $\frac{aV_f}{2g\gamma_0} > 1$ . La vitesse  $v_0$  pouvant être grande,  $\frac{av_0}{2g\gamma_0}$  peut être  $> 1$  ainsi que tous les termes suivants. Dans ce cas, nous avons à la fin de la 1<sup>re</sup> période :

$$B_1 = \frac{a}{g} \frac{(v_0 - v_1)}{1 + \frac{a}{2g\gamma_0} v_1}$$

$B_1$  est négatif; cette valeur est d'autant plus petite que  $v_0$  est plus grand; à la fin de la 2<sup>me</sup> période nous avons :

$$B_2 = \frac{a}{g} \frac{(v_1 - v_2)}{1 + rv_2} - \frac{a}{g} \frac{(v_0 - v_1)}{1 + rv_1} \frac{1 - rv_1}{1 + rv_2}$$

toujours en posant  $r = \frac{a}{2g\gamma_0}$ ; le 1<sup>er</sup> terme est négatif et le 2<sup>me</sup> aussi, car  $rv_1 > 1$ ; nous avons une somme de deux termes de même signe et la valeur de  $B_2$  est  $>$  que celle de  $B_1$ . Il en est de même dans les périodes suivantes si le mouvement d'ouverture continue.

M. de Sparre a démontré que, pour une variation de vitesse de  $V$  à  $V_f$  pendant le temps  $t$ , le coup de bâlier maximum est toujours inférieur à

$$B = -\frac{L(V_f - V)}{gt} \frac{1}{1 + \frac{L(V_f - V)}{2g\gamma_0}} \quad (13)$$

Ce coup de bâlier est plus petit que celui obtenu avec la formule (10); nous pouvons donc conclure que : *Le coup de bâlier produit par une ouverture à partir de la vanne complètement fermée est plus grand que celui produit par une ouverture à partir d'une ouverture préexistante.*

#### EN RÉSUMÉ :

*Le coup de bâlier maximum d'ouverture a lieu, au temps  $\frac{2L}{a}$  pour une ouverture à partir de la vanne complètement fermée; sa valeur est donnée par les formules*

$$B_m = -\frac{a}{g} \frac{v_1}{1 + \frac{av_1}{2g\gamma_0}} \quad (9)$$

ou

$$B_m = -\frac{2LV_f}{gT} \frac{1}{1 + \frac{LV_f}{gT\gamma_0}} \quad (10)$$

Il résulte de cette étude que l'onde du coup de bâlier d'ouverture reste toujours négative, tant que le mouvement d'ouverture n'est pas arrêté.

Prenons *deux exemples numériques* montrant l'application de ces formules pour les hautes chutes et les chutes moyennes, pour des ouvertures à partir de la vanne fermée et à partir d'une ouverture préexistante.

#### 1<sup>er</sup> CAS :

$$\frac{aV_f}{2g\gamma_0} < 1 \text{ supposons: } a = 1000^m \gamma_0 = 250^m$$

$$L = 500^m \quad T = 4 \text{ secondes}$$

$$V_f = 4^m \quad g = 9,81 \text{ m/sec}^2$$

$$\frac{aV_f}{2g\gamma_0} = \frac{1000 \cdot 4}{19,6 \cdot 250} = 0,8$$

Pour pouvoir ouvrir en 4" sans que le coup de bâlier dépasse  $\frac{\gamma_0}{2}$  il faut que  $V_f \leq \frac{gT\gamma_0}{3L} \leq \frac{9,8 \cdot 4 \cdot 250}{1500} \leq 6,54$

a) ouverture à partir de la vanne fermée (formule 10):

$$B_m = -\frac{2.500 \cdot 4}{9,8 \cdot 4} \frac{1}{1 + \frac{500 \cdot 4}{9,8 \cdot 4 \cdot 250}} = -\frac{102}{1,204} = -84^m,70$$

b) ouverture à partir de  $V = 2^m$  jusqu'à  $V_f = 4^m$  (formule 11):

$$v_1 = v_0 + \frac{2LV}{aT} = 2 + \frac{2 \cdot 500 \cdot 4}{1000 \cdot 4} = 3^m$$

$$B = -\frac{1000}{9,8} \cdot \frac{3 - 2}{1 + \frac{1000 \cdot 3}{19,6 \cdot 250}} = -\frac{102}{1,61} = -63^m,50$$

Ce coup de bâlier est donc plus petit que le précédent.

#### 2<sup>me</sup> CAS :

$$\frac{aV_f}{2g\gamma_0} > 1 \text{ supposons: } a = 1000^m \gamma_0 = 100^m$$

$$L = 1000^m \quad T = 16 \text{ secondes}$$

$$V_f = 4^m \quad g = 9,8 \text{ m/sec}^2$$

$$\frac{aV_f}{2g\gamma_0} = \frac{1000 \cdot 4}{19,6 \cdot 100} = 2,04; \frac{gT\gamma_0}{3L} = \frac{9,8 \cdot 16 \cdot 100}{3000} = 5,25$$

$$V_f < 5,25$$

a) ouverture à partir de la vanne fermée (formule 10):

$$B_m = -\frac{2 \cdot 1000 \cdot 4}{9,8 \cdot 16} \frac{1}{1 + \frac{1000 \cdot 4}{9,8 \cdot 16 \cdot 100}} = -\frac{51}{1,255} = -40^m,60$$

b) ouverture à partir de  $v_0 = 2^m$  à  $V_f = 4^m$  pendant le temps  $T = \frac{4 - 2}{4} \cdot 16'' = 8 \text{ sec.}$  (formule 13):

$$B = -\frac{1000 \cdot (4 - 2)}{9,8 \cdot 8} \frac{1}{1 + \frac{1000 \cdot 2}{19,6 \cdot 8 \cdot 100}} = -\frac{25,50}{1,127} = -22^m,60$$

(A suivre.)

#### Le Congrès de la houille blanche.

Le « Congrès de la houille blanche », qui s'est réuni à Paris, le 24 et le 25 février dernier, avait pour but de concilier les intérêts des riverains du Rhône, d'une part, et de la Ville de Paris, d'autre part, qui s'accusaient réciproquement — et avec une véhémence telle que des pourparlers engagés entre les deux parties furent, naguère, rompus brusquement — de vouloir accaparer l'énergie rendue disponible par l'aménagement projeté du Haut-Rhône. Nos lecteurs apprendront avec satisfaction, par l'extrait suivant d'un article de M. A. Pawłowski, paru dans le Génie civil, que le Congrès a atteint son objectif et qu'est ainsi levé le principal obstacle qui s'opposait à la réalisation rapide de la mise en valeur du Rhône.

« La Ville de Paris qui, il y a dix ans, faisait siennes les conclusions du projet Harlé, et qui considère qu'elle a quelques droits sur un fleuve national, estima qu'elle ne pouvait abandonner la partie, et qu'elle devait rechercher si une en-