Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 45 (1919)
Heft: 15

Artikel: Note sur le calcul du coup de bélier dans les conduites sous pression
Autor: Carey, Ed.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-34908

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: 08.07.2025

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

Le projet ne prévoit pas d'archives dans les sous-sols, ce qui évidemment est une lacune.

Si nous ne sommes pas satisfaits des plans qui ne nous paraissent pas étudiés avec assez de soin, nous pouvons faire par contre l'éloge des façades dont l'architecture montre les capacités évidentes de l'auteur.

La solution de la façade sur la place St-François avec 4 axes donne une impression de largeur que n'ont pas les autres projets et dont nous faisons l'éloge. La façade sur la rue Pépinet gagnera par la suppression de la coupure résultant des grandes baies du hall des guichets.

Les axes de la façade sur le Grand-Pont sont trop espacés, il serait facile de prévoir une travée de plus.

Pour cette même façade, l'auteur n'a pas tenu compte de la servitude de hauteur de 13 m. 50 pour les deux zones de 3 m.

La variante de la façade sur St-François n'est pas une amélioration. Le redoublement des piliers, s'il devait se faire, devrait être sur les angles et non sur les milieux.

(A suivre.)

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

par Ed. Carey, ingénieur à Marseille.

(*Suite*[1])

Cas $\frac{av_0}{2gy_0} = 1$.

Les différences $B_1 - B_2$, $B_2 - B_3$, etc. deviennent nulles avec $\frac{av_0}{2gy_0} = 1$, soit pour $y_0 = \frac{av_0}{2g}$.

En reprenant les données de l'exemple précédent, nous aurons pour une conduite de 1200m de longueur avec $y_0 = \frac{1200.6}{2.9,8} = 367^m,35$:

$v_0 = 6^m \quad v_1 = 4,50 \quad v_2 = 3^m$, etc. $\quad r = 0,1665$

$$B_1 = \frac{183,75}{1,75} = 105^m,00$$

$$B_2 = \frac{183,75}{1,5} - 105,00\,\frac{0,25}{1,5} = 122,5 - 17,5 = 105^m,00$$

$$B_3 = \frac{183,75}{1,25} - 105,00\,\frac{0,5}{1,25} = 147,0 - 42,0 = 105^m,00$$

$$B_4 = 183,75 - 105,00 + 0,75 = 183,75 - 70,75 = 105^m,00$$

$B_5 = -105,00 \quad B_6 = +105,00$, etc.

à partir du point B_1, le coup de bélier reste constant au temps θ, 2θ, 3θ, etc. jusqu'au moment de la fermeture (voir fig. 9). Dans ce cas limite, le maximum est donné au temps θ (cas des hautes chutes) comme au moment de la fermeture (cas des basses chutes).

Cependant, comme nous l'avons vu plus haut, la courbe du coup de bélier n'est pas une droite, car entre les points B_1 B_2, B_2 B_3, etc. les points intermédiaires n'ont pas la même valeur ; en effet, si nous calculons les points aux temps $\frac{\theta}{2}$, $\frac{3\theta}{2}$, $\frac{5\theta}{2}$, etc. nous aurons :

$v_0 = 6^m$, $v_1 = 5,25$, $v_2 = 3,75$, $v_3 = 2,25$, etc. $r = 0,1665$

[1] Voir *Bulletin technique* 1919, p. 122.

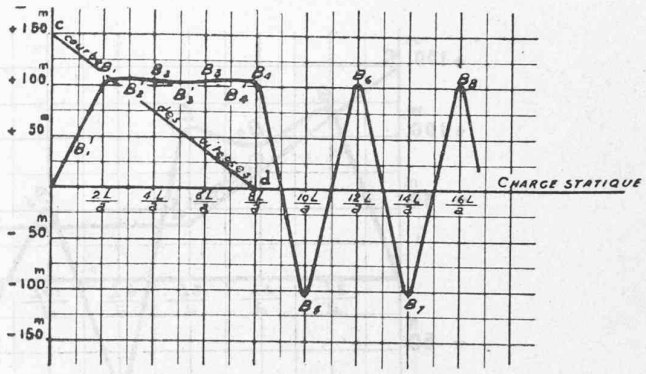

Fig. 9. — Fermeture complète *cd*, de $v_0 = 6^m$ à 0^m, en 8 sec.

$$T > \frac{2L}{a}\ ;\ \frac{av_0}{2gy_0} = 1.$$

$$B'_1 = 122,50\,\frac{0,75}{1,875} = \frac{91,86}{1,875} = 49,00$$

$$B'_2 = \frac{183,75}{1,625} - 49,00\,\frac{0,125}{1,625} = 113,1 - 3,8 = 109,3$$

$$B'_3 = \frac{183,75}{1,375} - 109,3\,\frac{0,375}{1,375} = 133,5 - 29,8 = 103,7$$

et ainsi de suite ; le maximum dans ce cas a lieu entre θ et 2θ comme le montre la figure 9.

Cas $\frac{av_0}{2gy_0} > 1$.

Enfin, lorsque y_0 est tel que $\frac{av_0}{2gy_0} > 1$, la courbe continue à croître, car $B_2 > B_1$, $B_3 > B_2$, etc. Dans notre cas il faudra que y_0 devienne $< 367^m,35$, avec $L = 1200^m$ pour avoir $\frac{av_0}{2gy_0} > 1$.

Prenons par exemple $y_0 = 120$ mètres et pour éviter que le coup de bélier ne dépasse y_0 nous augmenterons le temps de fermeture à $T = 15$ secondes ; il en résulte que $v_0 - v_1 = 2.\ \frac{6}{15} = 0^m,80$ et $r = \frac{1200}{19,6\,.\,120} = 0,51$.

En fermant à partir de $V = 6^m$, nous obtiendrons la courbe de la figure 10. Nous avons vu dans le premier

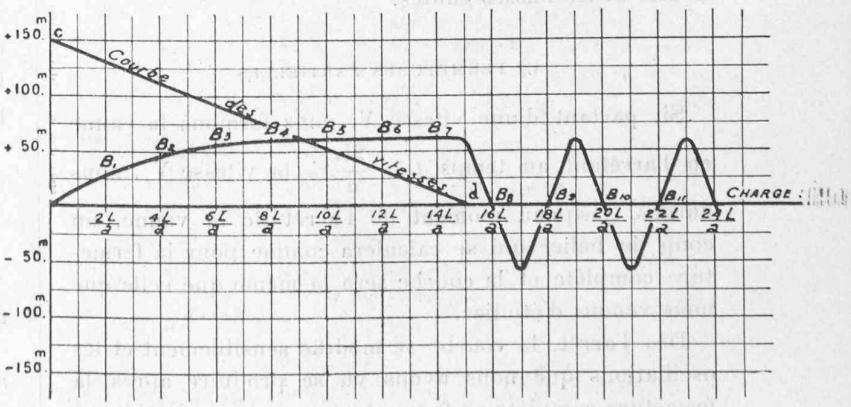

Fig. 10. — Fermeture complète *cd*, de $v_0 = 6^m$ à 0^m, en 15 sec.

$$T > \frac{2L}{a}\ ;\ \frac{av_0}{2gy_0} > 1 \text{ (Basses chutes).}$$

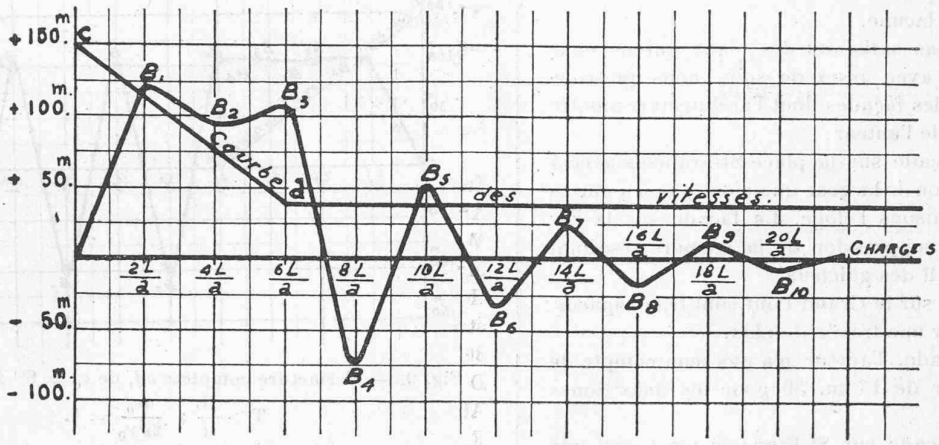

Fig. 11. — Fermeture partielle *cd*, de V = 6m à V_f = 1,m50, en 6 sec.
$\frac{aV_f}{2gy_0} < 1$ (Hautes chutes).

chapitre que le coup de bélier tend dans ce cas vers (formule 7) :

$$B_m = \frac{2.1200.6}{9,8.15} \frac{1}{2\left(1 - \frac{1200.6}{2\ 9,8.15.120}\right)} = \frac{97,90}{1.592} = 61^m,50$$

Cet exemple montre nettement le caractère régulier de la courbe des coups de bélier de fermeture des moyennes et des basses chutes; sans oscillations, la pression monte graduellement pour atteindre son maximum vers la fermeture complète.

En diminuant la vitesse à partir de laquelle nous commençons à fermer, tout en conservant $\frac{av_0}{2gy_0} > 1$, la courbe se redressera un peu ; les valeurs de B_1 B_2 B_3 seront plus grandes. Si nous continuons à diminuer la vitesse V, nous retomberons dans le cas $\frac{av_0}{2gy_0} = 1$ déjà examiné.

Les exemples précédents donnent l'allure générale des courbes des coups de bélier de fermeture complète, dans les divers cas qui peuvent se présenter, dans les hautes et les basses chutes.

c) FERMETURES PARTIELLES

Si, partant d'une vitesse V, nous fermons la vanne en l'arrêtant au temps $t > \frac{2L}{a}$, à la vitesse V_f, nous aurons, jusqu'au moment de l'arrêt de la vanne, un coup de bélier qui se calculera comme pour la fermeture complète et la courbe sera la même que celle que nous venons d'étudier.

Dès l'arrêt, la courbe se modifie sensiblement et les oscillations que nous avons vu se produire après la fermeture complète se forment encore, mais s'atténuent très rapidement.

En arrêtant le mouvement de la vanne à la fin de la n^e période, nous aurons à la fin de la $(n+1)^e$ période $v_{n+1} = v_n$ et

$$B_{n+1} = - B_n \frac{1 - rv_n}{1 + rv_n}$$

Les oscillations sont amorties par le terme $\frac{1 - rv_n}{1 + rv_n}$ d'autant plus rapidement que rv_n se rapprochera de l'unité.

Reprenons l'exemple précédent avec $\frac{av_0}{2gy_0} < 1$

$L = 1200^m$ $y_0 = 510^m$ $a = 1200$ $V = 6^m$ $T = 8$ sec.
$r = 0,12$ $\theta = 2$ sec. $v_0 - v_1 = 1^m,50$.

Arrêtons le mouvement de la vanne à $V_f = 1^m,50$; nous aurons une variation de vitesse de $V = 6^m$ à $V_f = 1,50$ en 6 sec. Les valeurs des trois premières périodes θ seront les mêmes que pour la fermeture complète puisque le mouvement n'est pas changé ; dès l'arrêt de la vanne les oscillations diminuent rapidement comme le montre la courbe de la figure 11, le terme $\frac{1 - rv_n}{1 + rv_n}$ ayant ici la valeur $\frac{0,82}{1,18} = 0,695$.

D'une façon générale, l'arrêt de la vanne aux périodes impaires θ, 3θ, 5θ produit des perturbations plus fortes que l'arrêt de la vanne à la fin des périodes pairs.

L'examen de la formule donnant les valeurs du coup de bélier après la fermeture :

$$B_{n+1} = - B_n \frac{1 - rv_n}{1 + rv_n}$$

nous permet de conclure que :

1° Les valeurs de B_{n+1}, B_{n+2}, etc. sont *maxima* avec $rv_n < 1$ et très petit ; ces valeurs sont alternativement négatives et positives.

2° Les valeurs de B_{n+1} et les suivantes sont *nulles* pour $rv_n = 1$.

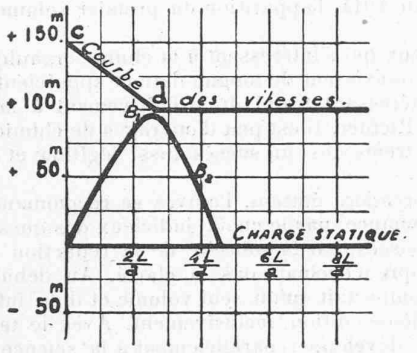

Fig. 12.— Fermeture partielle *cd*, de V_2, 6^m à $V_f = 4^m$ en 2,7 sec.

$$\frac{aV_f}{2g\gamma_0} = 1.$$

Nous aurons, dans ce cas particulier, un coup de bélier qui s'éteint complètement; ce fait ne pourra donc pas se produire dans les hautes chutes.

3° Enfin, si $r\varphi_n > 1$, les ondes restent *positives*.

Ces deux derniers cas sont intéressants. Prenons comme exemple :

$L = 1200^m$ $a = 1200^m$ $\gamma_0 = 245$ $V = 6^m$ $T = 8$ sec.
$\theta = 2$ sec.

on a : $r = 0{,}25$.

Arrêtons la vanne au point où $r\varphi_n = 1$, il faut alors $\varphi_n = \frac{2 \cdot g \cdot \gamma_0}{a} = 4^m$, nous aurons la courbe caractéristique de la figure 12 qui ne présente aucune oscillation après l'arrêt de la vanne.

(A suivre).

Société suisse des Ingénieurs et des Architectes.

Modifications à l'état des membres survenues pendant le 1er trimestre 1919.

1. Admissions.

Section de Bâle : Hans Schmidt, arch., Hardstrasse, 107, Bâle.

Section de Berne : Friedr. Saager, arch., Unionsgasse, 3, Bienne ; Willi Bercovitz, ing., Belpstrasse, 57, Berne ; Walter Binz, ing., Waldhöheweg, 11, Berne, Ma ; Paul Faeh, ing., Falkenhöbeweg, 15a, Berne ; Aloïs Knapp, ing., Effingerstrasse, 11, Berne ; W. Kuhn, ing. directeur, Sandrainstrasse, 17, Berne ; Werner Rieser, ing., Klaraweg, 6, Berne ; Hans Werner Schuler, ing., Worblaufen, Ma.

Section de La Chaux-de-Fonds : Dr Eug. Châtelain, ing., Doubs 32, La Chaux-de-Fonds, Ma ; Adrien Jeanmaire, ing. méc., Charrière, 22, La Chaux-de-Fonds, Ma.

Section de Fribourg : Léon Daguet, directeur, 19, av. Gambach, Fribourg ; Jules Jæger, ing., Châtel s/Montsalvens (Fribourg).

Section de Genève : Jean Camoletti, arch., rue Petitot, 4, Genève ; Jean Chauvet, arch., 3, Cours Saint-Pierre, Genève ; Arnold Hochel, arch., Le Bouchet, Genève ; Camille Barbey, ing., 11, av. Marc Monnier, Genève ; Edouard Meystre, ing., 25, rue Le Fort, Genève.

Section de Schaffhouse : Samuel Meyer, arch., Schleitheim ; Dr Max Angst, ing., Schaffhouse ; Dr Eugen Wegelin, chimiste, Hochstrasse, 131, Schaffhouse.

Section de Saint-Gall : Robert Forter, ing., Bahnhofstrasse, Hérisau ; Emil Jaäckli, directeur, Teufen ; Ernst Wyssmann, ing., Brunnenbergstrasse, 9, Saint-Gall.

Section de Vaud : Louis Bosset, arch., La Pelouse, Payerne.

Section de Lucerne : Armin Meili, arch., Sempachstrasse, 5, Lucerne.

Section de Zurich : Max Baumgartner, arch., Rütistrasse, 4, Zurich ; Peter Birkenholz, arch., Konkordiastrasse, Zurich 7 ; Alfred Debrunner, arch., Neptunstrasse, 98, Zurich 7 ; Paul W. Meyer, arch., Hegibachstrasse, 27, Zurich 7 ; Karl Ganz, ing., Villa Erika, Meilen ; Walter Hugo Gericke, ing., Huttenstrasse, 69, Zurich 6 ; G. Grob-Reinhart, ing, Bächtoldstrasse, 11, Zurich 7, Ma ; Rudolf Huber, ing, Kreutzstrasse, 36, Zurich 8 ; Heinr. Kind, ing., Plattenstrasse, 66, Zurich 7 ; Dr Hellmuth Koch, ing., Freigutstrasse, 9, Zurich 2, Ma ; Albert Kuhn, ing., Konkordiastrasse, 25, Zurich 7 ; Werner E. Müller, ing., Münstergasse, 9, Zurich ; Josef Nadler, ing., Ritterstrasse, 1, Zurich 7 ; Erwin Schnitter, ing., Fröbelstrasse, 29, Zurich 7 ; Paul Spiess, ing., Turnerstrasse, 27, Zurich 6, Ma ; Franz Tauszky, ing., Postfach Selnau, Zurich 1 ; J. J. Vischer, ing., Lindenbachstrasse, 28, Zurich 6 ; Oskar Weber, ing., Stapferstrasse, 19, Zurich 6 ; Dr Emil Wirz, ing., Cäcilienstrasse, 8, Zurich 7.

Membre isolé : Curt Hœnig, ing., Burghaldenstrasse 10, Baden.

2. Démission.

Section de Vaud : Charles Dubois, arch., Lausanne.

3. Décès.

Section de Berne : Alfred Bürgi, ing., Berne ; Otto Tschanz, ing., Berne.

Section de Neuchâtel : Alfred-Henri Rychner, arch., Neuchâtel.

Section de Zurich : Otto Heinrichs, Zurich.

4. Transferts.

Section de Bâle : Emil Bartholdi, ing., Bâle (auparavant section de Zurich) ; C. F. Keel, ing, Sperrstrasse, 2 (auparavant section de Fribourg).

Section de Berne : Alex. Alder, ing., Ob. Dufourstrasse, 35, Berne (auparavant section de Saint-Gall) ; A. Acatos, ing., Gurtenstrasse, 5, Berne (auparavant section de Saint-Gall) ; Karl Kieser, ing., Bernische Kraftwerke, Berne (auparavant section d'Argovie).

Section de Genève : Dr Léon-W. Collet, prof., Chêne-Bougeries, Chemin de Vert-Pré, 35, près Genève (auparavant section de Berne) ; Hermann Gamper, ing., Boulev. de la Tour, 4, Genève (auparavant section d'Argovie) ; Hugo Scherer, ing., rue Séard, 5, Genève (auparavant section de Saint-Gall).

Section de Saint-Gall : Franz Köppel, ing., Mühlenstrasse, 32, Saint-Gall (membre isolé).

Section de Zurich : Dr A. Schucan, ing., Eisenbahnstrasse, 12, Zurich 2 (auparavant section des Grisons) ; H. Korrodi, Masch. Ing., Klosbachstrasse, 153, Zurich 7 (auparavant section de Berne) ; Carl A. Wahl, Dir. a. D., Hornhaldenstrasse, 34, Kilchberg (auparavant section de Berne).

5. Changements d'adresse.

Section de Bâle : Otto Burckhardt, arch., Elisabethenstrasse, 30, Bâle ; Rudolf Suter, arch., Elisabethenstrasse, 30, Bâle.

Section de Berne : Herm. Gubelmann, ing., Chutzenstrasse, 29, Berne-Weissenbühl.

Section de Genève : Alex. Bordigoni, arch., rue du Conseil Général, 12, Genève ; Jules Zumthor, arch., boulevard du Pont d'Arve, 9, Genève ; Fréd. de Morsier, arch., rue du