

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 45 (1919)  
**Heft:** 17

**Artikel:** Note sur le calcul du coup de bélier dans les conduites sous pression  
**Autor:** Carey, Ed.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-34915>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 14.03.2025

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

Il est prévu également d'accoupler au moyen de ces têtes d'ac couplement le câble du frein électrique et dans ce but la face latérale de la tête est munie d'une patte destinée à recevoir plus tard les organes d'accouplement pour cette conduite.

L'autocoupleur marque +GF+ pour tramways a donné pendant de longs exercices d'essais les meilleurs résultats. Il est à considérer comme la solution élégante d'un problème technique de la plus haute importance. Le tramway électrique Zurich-Oerlikon-Seebach a le premier tiré profit de cette nouveauté en munissant ses voitures des autocoupleurs marque +GF+. Les nouveaux wagons-remorques et moteurs des tramways de la ville de Zurich sont également munis de ce dispositif et les tramways de Schaffhouse qui d'abord, à titre d'essais, munissaient quelques voitures seulement de cet autocoupleur, l'ont adopté finalement pour tout leur matériel roulant.

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

par Ed. CAREY, ingénieur à Marseille.

(Suite.)<sup>1</sup>

2<sup>me</sup> CAS. — Fermeture immédiatement suivie d'une ouverture.

Nous admettrons que la fermeture est complète, et partirons donc d'une vitesse  $v_0$  préexistante, capable d'être ramenée à zéro à la fin de la première période, pour ouvrir ensuite et revenir à la vitesse  $v_0$  à la fin de la deuxième période. A la fin de la première période nous aurons :  $v_1 = 0$ , et :

$$B_1 = \frac{a}{g} v_0$$

en ouvrant pendant la deuxième période, on aura au temps  $\frac{4L}{a}$  :

$$B_2 = -\frac{a}{g} \frac{v_2}{1 + rv_2} - B_1 \frac{1}{1 + rv_2}$$

Comme  $v_2 = v_0$ , on a :

$$B_2 = -\frac{a}{g} \frac{v_0}{1 + rv_0} - \frac{a}{g} v_0 \frac{1}{1 + rv_0} = -\frac{a}{g} v_0 \frac{2}{1 + rv_0}$$

$$B_3 = -B_2 \frac{1 - rv_0}{1 + rv_0} \text{ et ainsi de suite.}$$

La dépression  $B_2$  au temps  $\frac{4L}{a}$  est multipliée par le terme  $\frac{2}{1 + rv_0}$ .

Nous pouvons donc conclure :

si  $rv_0 < 1$ , le coup de bélier  $-\frac{av_0}{g}$  est augmenté et

tend à être doublé si  $rv_0$  est petit ;

si  $rv_0 = 1$ , le coup de bélier reste le même ;

si  $rv_0 > 1$ , le coup de bélier reste plus petit.

Ce sont des conclusions analogues à celles du cas précédent. Nous avons tracé (fig. 19) la courbe produite par une fermeture immédiatement suivie d'une ouverture en prenant les mêmes données que pour le cas précédent.

Comme la dépression maximum  $\frac{av_0}{g}$  doit être choisie inférieure à  $\frac{J_0}{2}$ , il faut que  $rv_0$  soit  $< \frac{1}{4}$  ; par consé-

quent nous verrons toujours le coup de bélier négatif être fortement augmenté (de plus de 60 %) par suite de la manœuvre de fermeture suivie d'une ouverture.

Si la fermeture à la fin de la première période n'est pas complète, nous serons dans des conditions analogues à celles du premier cas lorsqu'il existe une vitesse préexistante.

\* \* \*

Nous avons montré dans le premier chapitre qu'à part les phénomènes de résonances relativement très rares il convenait d'utiliser la formule Michaud-Gariel pour le calcul des conduites à caractéristique unique. Les deux manœuvres du vannage que nous venons d'examiner laissent cette formule en défaut de plus de 60 %, lorsque le coup de bélier  $\frac{2LV}{gT}$  est choisi inférieur

à  $\frac{J_0}{2}$ , comme c'est très généralement le cas. Il convient

donc de chercher une disposition qui atténue l'effort anormal sur lequel nous venons d'attirer l'attention, et M. Gariel nous a proposé d'étudier une modification dans la loi d'ouverture en choisissant une vitesse d'ouverture plus faible que celle de fermeture, par unité de temps.

Considérons le mouvement d'une manière générale soit  $v_0$  la vitesse préexistante

$$v_1 \text{ la vitesse au temps } \frac{2L}{a}$$

$$v_2 \text{ la vitesse au temps } \frac{4L}{a}$$

Nous aurons au temps  $\frac{4L}{a}$  :

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

Pour une ouverture suivie d'une fermeture on a :

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

On voit que le premier terme donne la valeur du coup de bélier de fermeture et le second terme est un correctif positif, si  $rv_1$  est  $< 1$  et négatif si  $rv_1$  est  $> 1$  ; donc : le mouvement considéré amène une augmentation du coup de bélier de fermeture dans les hautes chutes, pas d'augmentation si  $rv_1$  est égal à 1, et une diminution dans les basses chutes pour  $rv_1 > 1$ . Cependant

<sup>1</sup> Voir Bulletin technique 1919, p. 461.

nous avons vu que dans les basses chutes, pour des petites fermetures,  $r\varphi_1$  est  $< 1$  lorsque le coup de béliet maximum est choisi  $< \frac{\mathcal{J}_0}{2}$ , il y aura donc aussi augmentation dans ce cas.

La valeur maximum de  $B_2$  aura lieu pour  $\varphi_0 = \varphi_2 =$  zéro et dans le cas d'un mouvement linéaire  $\varphi_1 = \frac{2LV}{aT}$

$$B_m = \frac{a}{g} \varphi_1 \frac{2}{1 + r\varphi_1}$$

En admettant une vitesse d'ouverture plus faible que celle de fermeture, nous aurons une vitesse préexistante  $\varphi_0$ ; nous ouvrirons donc pendant la première période de  $\varphi_0$  à  $\varphi_1$  pour fermer complètement pendant la seconde période de  $\varphi_1$  à zéro. Dans ce cas le coup de béliet maximum sera :

$$B_m = \frac{a}{g} \varphi_1 + \frac{a}{g} \frac{\varphi_1 - \varphi_0}{1 + r\varphi_1} (1 - r\varphi_1)$$

Il sera facile de choisir une vitesse  $\varphi_0$  convenable pour diminuer la valeur de  $B_m$  dans une proportion déterminée.

En reprenant les données de notre exemple (fig. 18) et en admettant une vitesse d'ouverture moitié de celle de fermeture nous aurons :

$$\varphi_0 = 0,75 \quad \varphi_1 = 1,50 \quad \varphi_2 = 0$$

$$B_1 = -122,50 \frac{0,75}{1,18} = -77,50$$

$$B_2 = 122,50 \times 1,50 + 77,50 \times 0,82 = 247^m,50$$

au lieu de  $312^m$ , soit une diminution de  $20,7\%$ ; la surpression sur le coup de béliet de fermeture  $\frac{a\varphi_1}{g} = 183,75$  n'est plus que de  $34,5\%$  au lieu de  $70\%$ .

Si nous examinons maintenant le deuxième cas, soit une fermeture complète immédiatement suivie d'une ouverture, nous remarquons de suite qu'il n'est pas possible non plus de rester dans les limites de la formule Michaud-Gariel sans supprimer complètement l'ouverture qui suit la fermeture; par conséquent nous aurons toujours une légère augmentation de surpression  $B_3$  au temps  $\frac{6L}{a} = 3\theta$ , et une importante aggravation de la dépression  $B_2$  au temps  $2\theta$ . Cependant cette dépression  $B_2$  n'aura pas d'inconvénient si le profil en long de la conduite ne présente pas des points hauts où il peut se produire le vide par suite de la répartition linéaire de de la dépression  $B_2$ .

En admettant une loi d'ouverture moins rapide que celle de fermeture nous aurons, comme dans le cas précédent, l'effort maximum avec  $\varphi_1 = 0$ .

Les valeurs  $B_1$ ,  $B_2$  et  $B_3$  seront :

$$B_1 = \frac{a}{g} \varphi_0$$

$$B_2 = -\frac{a}{g} \frac{\varphi_2 + \varphi_0}{1 + r\varphi_2}$$

$$B_3 = +\frac{a}{g} \frac{\varphi_2 + \varphi_0}{1 + r\varphi_2} \frac{1 - r\varphi_2}{1 + r\varphi_2}$$

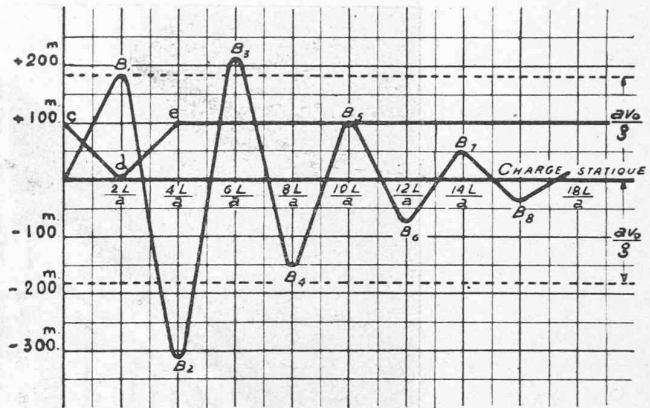


Fig. 19. -- Fermeture c, d de  $\varphi_0 = 1^m50$  à  $\varphi_1 = 0^m$  en  $\frac{2L}{a}$  soit 2 sec., immédiatement suivie d'une ouverture d, e de  $\varphi_1 = 0^m$  à  $\varphi_2 = 1^m50$  en  $\frac{2L}{a}$  soit 2 sec.

Admettons avec les données de la fig. 19:  $\varphi_0 \equiv 1,50$ ,  $\varphi_1 \equiv 0$  et  $\varphi_2 \equiv 0^m,75$ , vitesse d'ouverture moitié de celle de fermeture, nous aurons :

$$B_1 \equiv 183,75$$

$$B_2 \equiv -122,50 \frac{2,25}{1,09} \equiv -253^m$$

$$B_3 \equiv +253 \frac{0,91}{1,09} \equiv +211^m$$

au lieu de  $217$  mètres; la diminution est ici insignifiante et nous devons compter dans notre exemple que la surpression  $B_3$  dépassera de  $14,6\%$  la valeur du coup de béliet donné par la formule Michaud-Gariel, en adoptant la loi d'ouverture indiquée.

En résumé on devra toujours s'attendre à une augmentation très sensible de la valeur du coup de béliet calculée par la formule Michaud, dans le cas d'ouverture suivie de fermeture ou manœuvre inverse, malgré le choix d'une loi d'ouverture appropriée moins rapide que celle de fermeture, comme le propose M. Gariel. Cette loi d'ouverture peut être choisie quelconque et le coup de béliet maximum, positif ou négatif, sera toujours, par suite de cette double manœuvre du vannage :

$$B_m \equiv \frac{a}{g} \varphi_1 + \frac{a}{g} \frac{\varphi_1 - \varphi_0}{1 + r\varphi_1} (1 - r\varphi_1)$$

$\varphi_0$  étant la vitesse préexistante au mouvement d'ouverture  $< \varphi$  et  $\varphi_1$  étant la vitesse  $\frac{2LV}{aT}$ , ramenée à zéro en  $\theta$  secondes.

(A suivre).