

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

Autor(en): **Carey, Ed.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **45 (1919)**

Heft 11

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-34895>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

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

par ED. CAREY, ingénieur à Marseille.

(Suite 1)

### c) COUP DE BÉLIER POSITIF CONSÉCUTIF A UN COUP DE BÉLIER D'OUVERTURE

Les coups de bélier produits par les ouvertures sont utiles à connaître pour assurer la stabilité des régulateurs, mais n'intéressent pas le constructeur des conduites forcées pour autant qu'ils ne produisent pas de dépressions inférieures à la pression atmosphérique. Bien que nous ayons limité les coups de bélier négatifs à  $\frac{\gamma_0}{2}$  au vannage, pour pouvoir étudier les formules générales de M. de Sparre, ces dépressions peuvent se produire aux points hauts du profil en long de la conduite. A côté de celles-ci, les ouvertures peuvent aussi occasionner des surpressions qu'il est important de déterminer.

Nous avons vu que l'ouverture, partant de la vanne entièrement fermée, produisait une dépression maximum au temps  $\frac{2L}{a}$  et que les ondes du coup de bélier restaient négatives, c'est-à-dire en dessous de la pression statique, tant que le mouvement d'ouverture continuait.

Lorsque le mouvement est arrêté à la  $n$  période, le coup de bélier à la période  $n + 1$  est donné par :

$$B_{n+1} = -B_n \frac{1 - \frac{a}{2g\gamma_0} v_n}{1 + \frac{a}{2g\gamma_0} v_n}$$

$B_{n+1}$  sera maximum en même temps que  $B_n$ , ce qui a lieu pour  $B_n = B_1$  au temps  $\frac{2L}{a}$  à partir de la vanne fermée;  $v_n$  est alors  $v_1$  et nous avons vu que  $\frac{a}{2g\gamma_0} v_1$  est  $< 1$ .

Comme  $B_1$  est négatif,  $B_2$  sera positif. La surpression maximum aura toujours lieu à la fin de la période succédant à l'arrêt de l'ouverture au temps  $\frac{2L}{a}$  à partir de la vanne fermée, soit au temps  $\frac{4L}{a}$ ; cette surpression sera donnée par :

$$B_m = -B_1 \frac{1 - \frac{a}{2g\gamma_0} v_1}{1 + \frac{a}{2g\gamma_0} v_1} \quad (14)$$

$$\text{ou: } B_m = \frac{a}{g} \frac{v_1}{\left(1 + \frac{a}{2g\gamma_0} v_1\right)} \cdot \frac{\left(1 - \frac{a}{2g\gamma_0} v_1\right)}{\left(1 + \frac{a}{2g\gamma_0} v_1\right)} \quad (15)$$

<sup>1</sup> Voir Bulletin technique 1919, page 48.

LE LABORATOIRE D'ESSAIS MÉCANIQUES,  
PHYSIQUES ET CHIMIQUES  
DE L'ÉCOLE D'INGÉNIEURS DE LAUSANNE

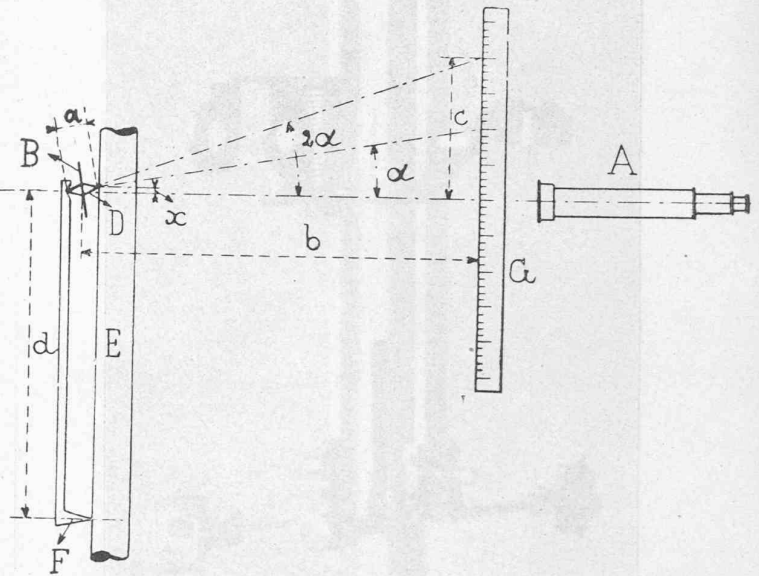


Fig. 49. — Disposition schématique de l'appareil.

Par hypothèse  $\frac{av_1}{2g\gamma_0}$  ( $v_1$  = vitesse au temps  $\frac{2L}{a}$ ) doit être  $\leq \frac{1}{3}$  pour rester dans l'approximation de M. de Sparre. Avec la valeur maximum  $v_1 = \frac{2g\gamma_0}{3a}$ , la surpression sera :

$$B_m = \left(\frac{a}{g} \frac{v_1}{1 + \frac{1}{3}}\right) \left(\frac{1 - \frac{1}{3}}{1 + \frac{1}{3}}\right) = \frac{3}{8} \frac{a}{g} v_1 = \frac{\gamma_0}{4}$$

Cette surpression n'est pas à négliger, M. de Sparre démontre, du reste, qu'elle est maximum pour la valeur  $\frac{av_1}{2g\gamma_0} = \frac{1}{3}$  et qu'elle ne peut jamais dépasser  $\frac{\gamma_0}{4}$ , quelle que soit la valeur de  $\frac{av_1}{2g\gamma_0}$ . M. Alliévi, sans faire la simplification admise par M. de Sparre, donne pour la valeur maximum du coup de bélier positif le 22,8 % de  $\gamma_0$ .

En fonction de  $V_f$  et de  $T$ , la formule (15) du coup de bélier positif maximum consécutif à une ouverture en temps  $t$  est :

$$B_m = \left(\frac{2LV_f}{gT} \frac{1}{1 + \frac{LV_f}{gT\gamma_0}}\right) \left(\frac{1 - \frac{LV_f}{gT\gamma_0}}{1 + \frac{LV_f}{gT\gamma_0}}\right) \quad (16)$$

Reprenons l'exemple donné précédemment pour le coup de bélier de fermeture d'une haute chute. Nous avons vu que ce coup de bélier maximum atteignait 130m,60 pour une fermeture en temps  $t$ . Si l'installation est munie de déchargeurs automatiques se fermant lentement, de déflecteurs ou de tout autre appareil amortisseur, le coup de bélier sera considérablement dimi-

nué; mais si la vitesse d'ouverture du vannage est la même que celle de fermeture, nous aurons pour une fermeture en un temps  $\theta$ , un coup de bélier négatif au temps  $\frac{2L}{a}$  qui sera (formule 10) :

$$B_m = \frac{2.800.4}{9,8.5''} \frac{1}{1 + \frac{800.4}{9,8.5.250}} = \frac{130,60}{1,26} = 103^m,60$$

suivi d'un coup de bélier positif (formule 16) au temps  $\frac{4L}{a}$

$$B_m = \left( \frac{2.800.4}{9,8.5} \frac{1}{1 + 0,26} \right) \left( \frac{1 - 0,26}{1 + 0,26} \right) \\ = 103,6 \frac{0,74}{1,26} = + 60^m,85$$

Ce coup de bélier positif peut être beaucoup plus important que le coup de bélier de fermeture atténué ou presque supprimé par l'effet d'appareils spéciaux.

Si les turbines sont munies d'un dispositif de déviation du jet ou de déflecteurs, la variation de vitesse pendant la fermeture est en général très lente; si la même vitesse est donnée à l'ouverture, il n'y a rien à craindre, car nous avons vu que le maximum positif provenant d'une ouverture était toujours plus petit que le coup de bélier maximum de fermeture. Par contre, si la variation de vitesse est plus grande à l'ouverture qu'à la fermeture, ce qui est très souvent le cas, il faudra tenir compte du coup de bélier positif pouvant en résulter.

#### D) RÉPARTITION DU COUP DE BÉLIER MAXIMUM LE LONG DE LA CONDUITE

L'intensité du coup de bélier maximum, produit par une fermeture en un temps  $T \geq \frac{2L}{a}$ , décroît linéairement le long de la conduite. Souvent donné en  $\%$  de la charge statique au vannage, le coup de bélier ne doit pas être réparti le long de la conduite en  $\%$  de la charge statique des divers tronçons, mais bien proportionnellement à la longueur.

D'après l'étude précédente, le coup de bélier maximum est  $\frac{av_0}{g}$ , ou  $\frac{2LV}{gT}$  pour des fermetures en temps  $T \geq \frac{2L}{a}$  (fermetures lentes). Si le temps de fermeture  $T$  est  $< \frac{2L}{a}$ , et même instantané, la formule Michaud n'est plus applicable, et nous avons vu que le coup de bélier maximum est  $\frac{av_0}{g}$  ( $v_0$  étant égal à  $V$  pour une fermeture de  $V$  à zéro en  $\frac{2L}{a}$  secondes).

Si la fermeture est instantanée, la valeur  $\frac{av_0}{g}$  se propage en vraie grandeur tout le long de la conduite, jusqu'à la chambre de mise en charge, lui faisant supporter des efforts considérables dans la partie supérieure, construite généralement avec des tôles de moins

drée épaisseur. Pour une fermeture brusque, en temps  $t = \frac{\theta}{n}$ , compris entre  $T=0$  (instantané) et  $T = \frac{2L}{a} = \theta$ ,

le coup de bélier  $\frac{av_0}{g}$  se transmet intégralement à partir du vannage jusqu'à une distance  $l = \frac{n-1}{n} L$ ; dès ce point,  $\frac{av_0}{g}$  se répartit linéairement jusqu'à la chambre de mise en charge où il devient zéro.

Dans les conduites à caractéristiques variables (de diamètres et d'épaisseur variables), MM. *Gariel, Camichel* et *Eydoux* ont montré qu'il se produit à chaque changement de caractéristique, des réflexions du coup de bélier qui, pour les fermetures instantanées, diminuent généralement son intensité, dans sa répartition le long de la conduite.

Pour les fermetures lentes, les maxima calculés pour les coups de bélier restent exacts pour les conduites à caractéristiques variables, de diamètre constant; seulement, la période calculée est plus longue que la période réelle, relevée sur les graphiques. Cette différence s'accroît, et au bout d'une dizaine de périodes les ondes calculées chevauchent avec celles du graphique. Ce retard n'a donc aucune influence sur le calcul des conduites puisqu'il change non la valeur de l'effort mais le moment où il se produit.

M. de Sparre démontre, du reste, que la courbe calculée correspond très exactement à la courbe réelle, pour les fermetures lentes, en considérant la conduite comme formée de 2 ou de 3 tronçons déterminés de telle manière que pour 2 tronçons, par exemple, de longueur  $l$  et  $l'$  on ait :

$$\frac{l}{a} = \frac{l'}{a'} = \frac{T}{2}$$

Au sujet de la transmission de l'effort  $\frac{aV}{g}$  tout le long de la conduite, il semble peut-être excessif, quoique prudent, de construire les conduites pour résister, sur toute leur longueur, à cette surcharge qui atteint en chiffres ronds 100 V. Du reste, on devra toujours examiner les conditions d'exploitation de l'usine pour déterminer l'importance des efforts exceptionnels. Si la conduite sous pression alimente plusieurs turbines travaillant indépendamment, on pourra probablement se contenter de calculer la valeur  $\frac{aV}{g}$  pour la fermeture brusque d'une seule d'entre elles, en tenant compte, tout le long de la conduite, de l'effort ainsi produit, sans admettre cette éventualité au même instant pour l'ensemble des turbines. On renforcera ainsi la partie supérieure de la conduite qui se trouve être souvent une région de faible résistance contre les effets des fermetures brusques.

La fermeture instantanée étant pratiquement très difficile à réaliser, sauf dans les conduites alimentant directement des presses hydrauliques,  $\frac{aV}{g}$  ne se transmettra pas en vraie grandeur jusqu'à la chambre de mise

en charge, dans les conduites à caractéristique unique, et les sections dangereuses seront donc situées un peu en aval.

Par contre, dans les basses chutes, la valeur  $\frac{aV}{g}$  représente généralement un effort considérable par rapport à la charge statique. Les constructeurs verront, d'après les conditions d'exploitation, s'il convient d'en tenir compte et dans quelle proportion. (A suivre).

### Concours pour l'élaboration d'un plan d'extension pour la Commune du Châtelard-Montreux.

Extrait du rapport du Jury.

(Suite et fin)<sup>1</sup>

3<sup>e</sup> prix. Projet « Montreux les Bains », de M. Schorp, architecte, à Montreux (voir page 106):

Réseau souple et facilement réalisable.

Le groupement des différentes agglomérations ne ressort pas suffisamment du plan.

Dévestitures insuffisantes sur les plateaux du Basset, de l'Empereur, de Pré Choisi et de Beauregard.

Dévestitures agricoles et remaniements parcellaires mal compris.

L'auteur trace des sentiers d'accès aux points de vue signalés par le programme, mais ne paraît pas s'intéresser à leur conservation par des zones non bâties.

Etude soignée du centre de Vernex, avec passage supérieur, déviation de la rue de la Gare, création de jardins et port de plaisance.

Ces solutions paraissent heureuses.

Bon emplacement de l'Hôtel de ville.

L'idée du raccordement du port marchand et des C. F. F. est bonne mais insuffisamment poussée.

1 <sup>er</sup> prix, devise	Nouvelle Héloïse.
2 <sup>me</sup> »	» Chamby.
3 <sup>me</sup> »	» Montreux les Bains.
4 <sup>me</sup> »	» Etoile du Léman.
5 <sup>me</sup> »	» Tempora Mutantur.
6 <sup>me</sup> »	» Samyra.
7 <sup>me</sup> »	» Vuarennés.

Après avoir déterminé comme suit l'importance des prix, le jury ouvre les enveloppes et prend connaissance du nom des auteurs.

Les résultats du concours se présentent donc comme suit :

1 <sup>er</sup> prix, fr.	4000, à MM. Polak, architecte, et Gardiol, ingénieur.
2 <sup>me</sup> »	» 3000, à M. Epitoux, architecte, à Lausanne.
3 <sup>me</sup> »	» 2200, à M. Schorp, » à Montreux.
4 <sup>me</sup> »	» 2000, à M. Michaud, ingénieur, à Clarens.
5 <sup>me</sup> »	» 1500, à M. E. Jaquet, géomètre officiel, à Montreux.
6 <sup>me</sup> »	» 1300, à M. P. Thibaud, géomètre officiel, à Montreux.
7 <sup>me</sup> »	» 1000, à MM. A. Ansermet, ingénieur, à Vevey, et Viffian et von Moos, architectes, à Lucerne.

Le jury propose en outre à la Municipalité l'acquisition des quatre projets non primés.

Montreux, le 8 mars 1919.

Le jury :

C.-F. BONJOUR, W. COSANDEY, DISERENS, A. PROD'HOM, ROSSET, NICOLLIER, ERNEST MAYOR, G. BETTEX.

<sup>1</sup> Voir Bulletin technique 1919, p. 94.

### A propos du concours pour l'hôtel de l'Union de banques, à Lausanne.

(Suite et fin)<sup>1</sup>

Réponse du Comité du Groupe.

En réponse à la lettre adressée par le jury le 6 mai au Comité de la Société vaudoise et Section vaudoise de la S. I. A., le Comité du Groupe des Architectes se bornera à répondre ce qui suit :

Le jury reproche au Groupe des Architectes d'étayer une argumentation en se basant seulement sur la citation partielle d'un article des normes de la S. I. A. Cette citation partielle a été insérée dans le programme de concours par le jury lui-même. Il est permis d'admettre qu'en ce faisant il avait une intention bien nette et que cette intention n'était pas d'appliquer purement et simplement l'article 22 de la Notice sur la marche à suivre dans les concours N° 105 du 17 avril 1919. Il eût suffi, dans ce cas, d'indiquer le numéro de l'article précité.

Dans sa réponse, le jury apporte une confirmation à l'opinion du Comité du Groupe des Architectes, en disant qu'il a cru bien faire en donnant un extrait de cet article dans ce qu'il avait d'intéressant pour le concours en question. Or dans la discussion qui s'est ouverte, le jury invoque précisément les clauses de l'article 22 qu'il n'a pas jugé nécessaire d'insérer au programme.

Ce qui, à prime abord, lui avait paru avoir le moins d'intérêt pour le concours lui sert maintenant à combattre les conclusions parfaitement logiques que l'on devait tirer de la citation faite au programme. En mettant en évidence dans un programme de concours local, mais non restreint, une clause qui s'applique spécialement aux concours restreints, les auteurs du programme faisaient entendre nettement qu'ils comptaient appliquer exceptionnellement cette clause au cas précis que nous discutons.

Le Comité du Groupe maintient donc son argumentation basée sur le texte même du programme qui fait loi et sa conclusion est la suivante : en fait comme en droit, la citation partielle et tronquée de l'article 22 insérée au programme constituait en elle-même une condition imposée aux concurrents et qui doit être appliquée pour elle-même. Si le jury pensait appliquer l'article 22 en entier, la rédaction du programme manquait absolument de clarté et induisait en erreur les concurrents.

Sans s'attarder à discuter point par point les arguments du Jury dans le cas de MM. Taillens et Dubois, Schnell et Thévenaz, le Comité du Groupe des architectes en retiendra cependant ce qui suit :

La lettre du Jury dit : « MM. Taillens et Dubois ont fait à la demande de l'Union de Banques Suisses un avant-projet sur un terrain de superficie moindre que celui proposé aux concurrents » et, plus loin, « le concours qui vient de se juger prévoit l'hôtel de la banque sur un emplacement différent comme superficie de celui choisi dans un premier avant-projet ». Il est regrettable de devoir en venir à de pareilles subtilités. Du reste, l'affirmation du Jury n'est pas exacte. D'après les données mêmes du programme et du plan de situation annexé, les concurrents pouvaient s'en tenir à l'emplacement primitif ayant servi de base à l'étude de MM. Taillens et Dubois, ils avaient la latitude d'ajouter à la superficie de ce terrain une, deux ou trois bandes supplémentaires indiquées sur le plan de situation.

En ce qui concerne le cas Devaud, c'est sur la demande du Groupe des architectes que l'article du programme prévoyant que le concours serait ouvert « à tous les architectes suisses établis à Lausanne avant le 1<sup>er</sup> janvier 1919 » a été inséré. C'est donc au Groupe d'en déterminer, en premier lieu, le vrai sens. Or par *architecte établi* on a entendu jusqu'à ce jour un architecte ayant un bureau à son nom et exerçant une activité professionnelle. Pour le Jury il y a identité entre le terme *établi* et le terme *domicilié*. Alors même que le Comité du Groupe aurait « découvert » que M. Devaud était domicilié à Lausanne avant le 1<sup>er</sup> janvier 1919, il resterait à lui prouver

<sup>1</sup> Voir Bulletin technique 1919, p. 93.