

Coups de bélier dans les conduites: résultats d'essais et vérification expérimentale des théories de M. Alliévi

Autor(en): **Neeser, R.**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **36 (1910)**

Heft 2

PDF erstellt am: **26.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-81407>

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.

Bulletin technique de la Suisse romande

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES — PARAÎSSANT DEUX FOIS PAR MOIS

RÉDACTION : Lausanne, 2, rue du Valentin. P. MANUEL, ingénieur et D^r H. DEMIERRE, ingénieur.

SOMMAIRE : *Coups de bélier dans les conduites*, par M. R. Neeser, ingénieur (suite et fin). — *Villas et maisons de campagne en Suisse*. — *La « Maison bourgeoise en Suisse »*. — Concours pour les nouvelles constructions et les travaux de transformation de l'Ecole polytechnique fédérale, à Zurich : rapport du jury. — Société vaudoise des ingénieurs et architectes : séance du 28 décembre 1909. — *Bibliographie*.

Coups de bélier dans les conduites.

Résultats d'essais et vérification expérimentale des théories de M. Alliévi,

par M. R. NEESER, ingénieur,
professeur à l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne.

(Suite et fin¹).

B. ESSAIS DE 1909

Ces essais ont été exécutés, comme nous l'avons dit plus haut, par les ingénieurs de la maison *Piccard, Pictet et Cie*, à Genève.

Description sommaire de l'installation.

La conduite de l'usine de l'Ackersand est en tôle d'acier; la partie supérieure, de 700 mm. de diamètre intérieur et 1157 m. de longueur, amène l'eau jusqu'à 80 m. environ au-dessus de l'usine. De là cette conduite se divise en deux tuyauteries de 500 mm. de diamètre et 263 m. de longueur, alimentant, chacune, une turbine de 5500 chevaux, du type Pelton, construite par MM. *Piccard, Pictet et Cie*. Cette conduite, dont la longueur totale est ainsi de 1420 m., est posée à même le sol et recouverte, sur tout son développement, par le terrain naturel. Les tôles de la partie supérieure sont rivées; celles de la partie inférieure sont soudées et les tronçons assemblés au moyen de brides.

La chute totale atteint 720 m. environ.

Disposition des essais.

Les turbines de l'Ackersand sont munies d'un injecteur circulaire à pointeau central dont le mouvement de fermeture est commandé par un servo-moteur à pression d'huile. Des diaphragmes d'orifices différents, intercalés dans la conduite de refoulement de la pompe du servo-moteur permettent de régler à volonté le débit d'huile dans le cylindre du servo-moteur et de réaliser, par conséquent, des temps de fermeture et d'ouverture de l'injecteur bien déterminés.

Les variations de pression créées dans la conduite par le mouvement du pointeau ont été, comme pour les essais de 1906, enregistrées par un manomètre *Richard*. Le tam-

bour de cet appareil fut, à défaut d'autre moyen, entraîné par un des opérateurs, à la main, à vitesse aussi constante que possible; les temps, déterminés au chronographe, ont été marqués, de seconde en seconde, sur le graphique. Il est bien évident que, malgré les soins apportés par l'opérateur à cette manœuvre, l'échelle des temps de ces graphiques n'est pas absolument constante; on pourra s'en rendre compte en mesurant les distances qui, au cours d'un même essai, déterminent des intervalles de temps égaux (voir fig. 5 à 13).

Les débits correspondant aux diverses positions du pointeau n'ont pas été mesurés; ils ont été calculés au moyen de la chute et de la section du jet, relevée préalablement en fonction de la course du pointeau.

Résultats des essais.

Les figures 5 à 13 reproduisent les résultats de 9 essais différents, calqués fidèlement sur les graphiques originaux.

Le coup de bélier de fermeture de la figure 5 permet, tout d'abord, de déterminer la valeur de la vitesse a . On trouve, en effet, que la période d'oscillation

$$T = \frac{4L}{a}$$

de la pression à turbine fermée, soit à partir du temps $t = 8$ sec., est de $T = 4,62$ sec.; on en tire, puisque $L = 1420$ m.

$$a = 1230 \text{ m./sec.}$$

La valeur théorique moyenne¹ de a , déduite de la formule d'Alliévi est de

$$a' = 1175 \text{ m./sec.}$$

La différence entre a et a' est, par conséquent,

$$a - a' = + 55 \text{ m./sec.,}$$

soit de 4,7 % de la valeur théorique.

Les valeurs de la pression Y , pour les divers essais, ont été obtenues en introduisant, dans les formules rappelées plus haut, non pas la valeur théorique du paramètre a , mais sa valeur réelle, telle qu'elle découle des essais, soit donc

$$a = 1230 \text{ m./sec.}$$

¹ Les calculs, ainsi que les relevés manométriques concernant ces essais, ont été exécutés par M. Moser, ingénieur, de la maison *Piccard, Pictet et Cie*, à qui nous exprimons ici notre vive reconnaissance.

¹ Voir N° du 10 janvier 1910, page 1.

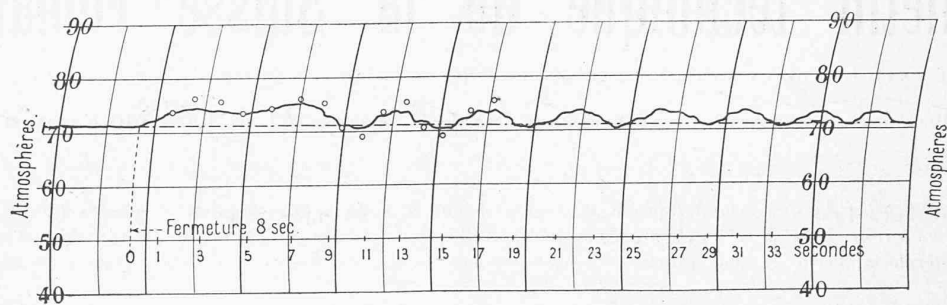


Fig. 5. — Fermeture, en 8 secondes, de 493 l.-sec. à 0.

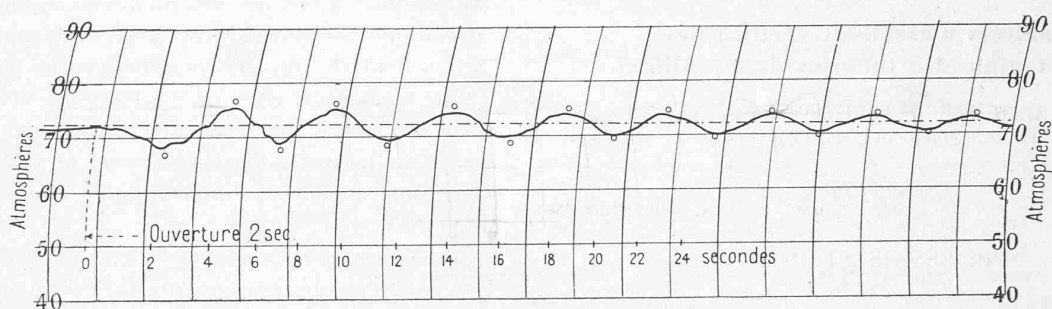


Fig. 6. — Ouverture, en 2 secondes, de 0 à 150 l.-sec.

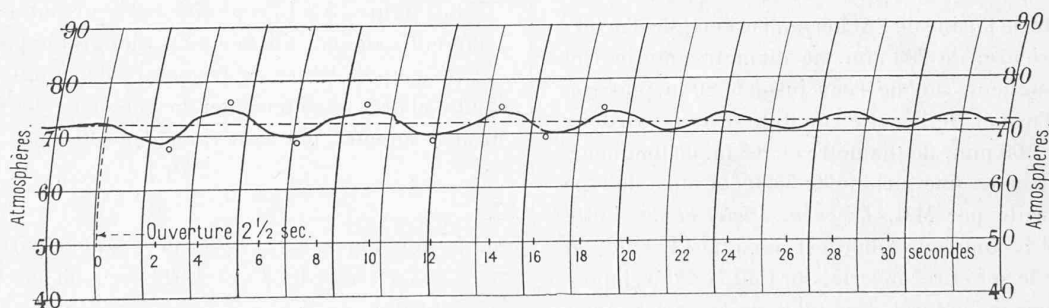


Fig. 7. — Ouverture, en 2,5 secondes, de 0 à 150 l.-sec.

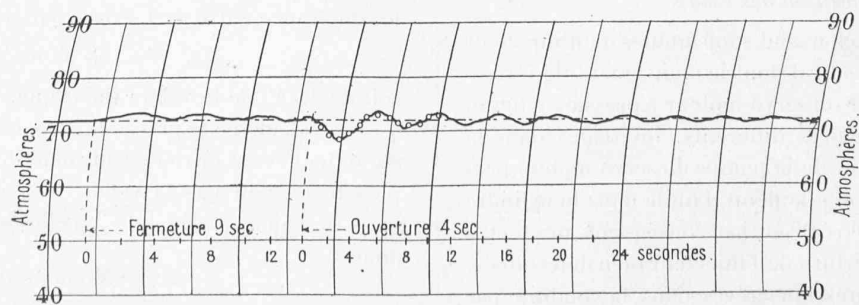


Fig. 8. — Fermeture, en 9 secondes, de 178 l.-sec. à 0 puis ouverture, en 4 secondes, de 0 à 178 l.-sec.

Coups de bélier dans les conduites (Essais de l'Ackersand).

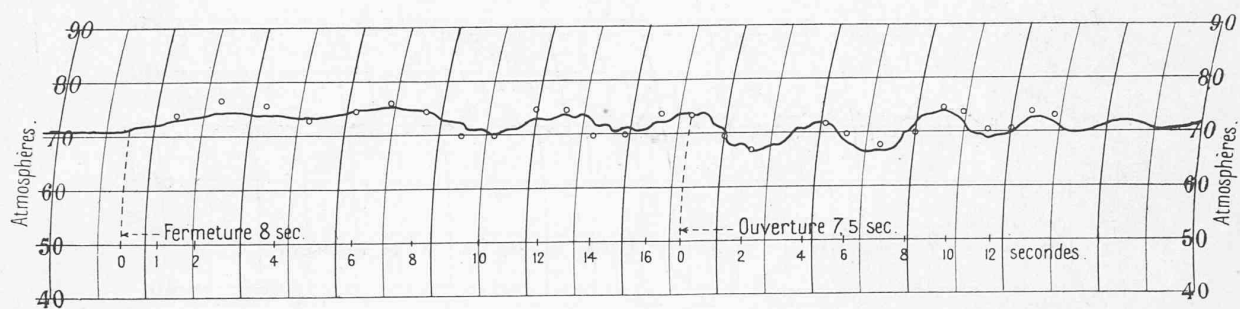


Fig. 9. — Fermeture, en 8 secondes, de 490 l.-sec. à 0, puis ouverture, en 7,5 secondes, de 0 à 493 l.-sec.

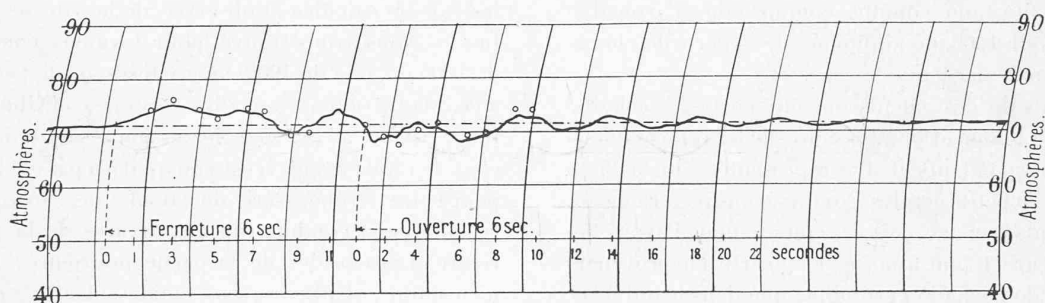


Fig. 10. — Fermeture, en 6 secondes, de 335 l.-sec. à 0, puis ouverture, en 6 secondes, de 0 à 335 l.-sec.

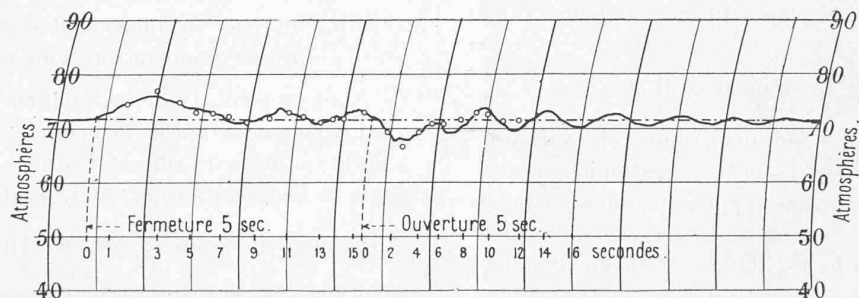


Fig. 11. — Fermeture, en 5 secondes, de 335 l.-sec. à 0 puis ouverture, en 5 secondes, de 0 à 335 l.-sec.

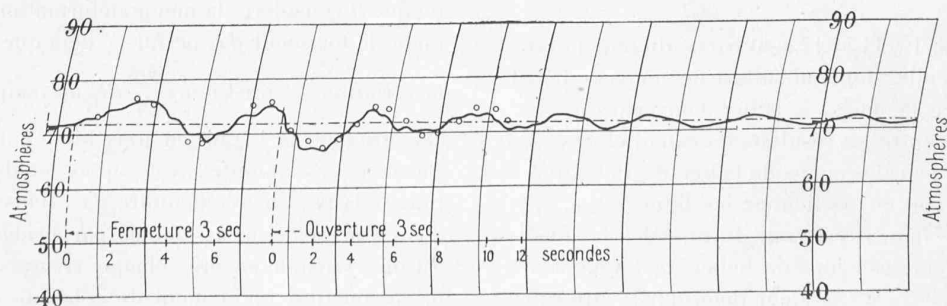


Fig. 12. — Fermeture, en 3 secondes, de 178 l.-sec. à 0, puis ouverture, en 3 secondes, de 0 à 178 l.-sec.

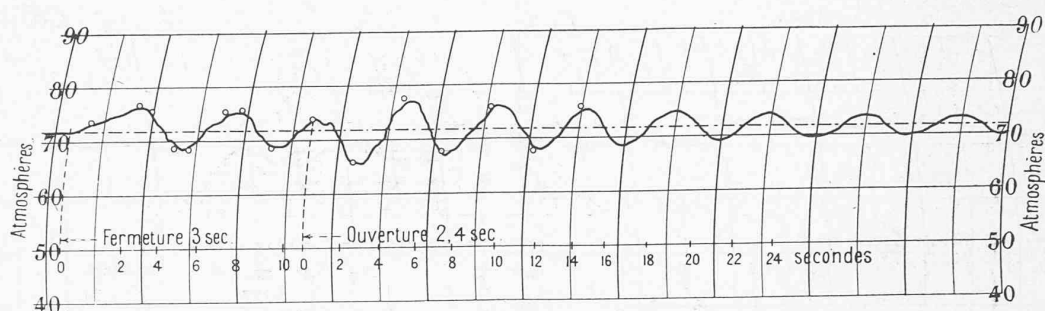


Fig. 13. — Fermeture en 3 secondes, de 178 l.-sec à 0, puis ouverture, en 2,4 secondes, de 0 à 178 l.-sec.

Coups de bélier dans les conduites (Essais de l'Ackersand).

En outre, il a été tenu compte, comme nous l'avons fait pour les essais de 1906, de l'influence de la perte de charge due aux variations du débit.

Les résultats de ces calculs ont été portés, à échelles convenables de temps et de pression, sur les relevés manométriques correspondants et sont représentés, sur les figures 5 à 13, par de petits cercles. Nous n'avons pas cru devoir réunir ces points par une courbe, comme nous l'avons fait pour l'essai figure 4, tant à cause de l'incertitude provenant des variations de l'échelle des temps, que dans le but de ne pas masquer la courbe des pressions enregistrée par le manomètre.

La figure 5 reproduit un coup de bélier de fermeture ; le mouvement du pointeau a duré 8 secondes, se prolongeant ainsi au delà de la phase du coup de bélier direct dont la durée

$$T' = \frac{2L}{a} \text{ n'est que de 2,31 sec.}$$

On constate là aussi, si l'on tient compte des variations dues à l'échelle des temps, l'oscillation rythmique qui caractérise, comme nous l'avons rappelé à propos de l'essai figure 1, la phase indirecte, à vanne fermée, du coup de bélier de fermeture. Ces oscillations s'effectuent autour d'une pression moyenne légèrement supérieure à la pression initiale à cause de la disparition de la perte de charge après fermeture de l'injecteur.

Les figures 6 et 7 reproduisent des coups de bélier d'ouverture, où l'on retrouve les ondes amorties de la phase indirecte.

Les figures 8, 9, 10, 11 et 12 sont particulièrement intéressantes parce qu'elles donnent l'allure de coups de bélier de fermeture, suivis de coups de bélier d'ouverture.

La coïncidence entre les résultats du calcul et ceux des essais est, comme pour les coups de bélier de 1906, tout à fait remarquable (voir en particulier les figures 4, 5, 8, 9, 10, 11 et 12). Il y a lieu, il est vrai, de rappeler la substitution, dans le calcul des coups de bélier de l'Ackersand, de la valeur réelle de a à sa valeur théorique ; cette substitution contribue à ce résultat en faisant coïncider les longueurs d'ondes calculées avec celles des relevés manométriques.

Un des faits les plus caractéristiques qui découle en outre de ces divers essais est la différence constatée entre

les valeurs calculée et observée de la vitesse de propagation a . Nous avons trouvé, pour les deux conduites, celle de 1906 et celle de 1909, une vitesse a un peu supérieure aux valeurs obtenues par les formules d'Alliévi. La différence est de 2,7 % pour les essais 1906 et de 4,7 % pour ceux de l'Ackersand. Il est vrai qu'il n'a pas été tenu compte, pour cette dernière série de calculs, de l'accroissement de rigidité de la conduite dû aux rivures de la partie supérieure et aux brides de la partie inférieure ; la différence n'en aurait, d'ailleurs, pas moins subsisté ; elle se serait réduite de 0,5 à 1 % au plus. On peut donc admettre que, dans les deux cas, la vitesse de transmission observée a été de 3 à 4 % supérieure à la vitesse calculée.

Il serait intéressant de vérifier, sur d'autres conduites, si cette différence se confirme et si, cas échéant, elle conserve l'ordre de grandeur que nous venons d'établir.

Nous croyons, d'ailleurs, qu'il en sera ainsi et que l'on peut expliquer ce fait de la manière suivante. En établissant la variation du volume intérieur d'une tranche de conduite de longueur dx qui subit, pendant le temps dt , une variation de pression $\frac{\partial p}{\partial t} dt$, M. Alliévi admet implicitement que les tôles de la dite tranche se déforment indépendamment des tronçons voisins aval et amont, comme si cette tranche élémentaire était séparée du reste de la conduite. Or, ces tronçons aval et amont, c'est-à-dire le reste de la conduite, ne subit pas en général, pendant le temps dt considéré, la même déformation radiale que l'élément de longueur dx , ne fût-ce déjà que grâce au fait que la variation de pression, $\frac{\partial p}{\partial t} dt$, au temps t , n'est pas né-

cessairement la même en tous les points de la conduite. Ces tronçons amont et aval s'opposent donc à la déformation de la tranche élémentaire dx . Dans une conduite industrielle, rivée ou assemblée par brides, cette influence est plus sensible encore ; chaque rivure circulaire, chaque bride constitue un élément de conduite considérablement plus rigide que ses voisins ; ces tranches rigides se déforment donc moins que les éléments intermédiaires, quand bien même elles seraient soumises, au temps considéré, à la même variation de pression qu'eux. Il est donc bien certain que la déformation d'un élément de conduite ne s'effec-

tue pas, en réalité, comme s'il était complètement isolé des tronçons voisins. Ces derniers s'opposant, par leur réaction élastique, aux déformations de l'élément considéré, ont pour effet d'augmenter, en quelque sorte, la rigidité de la conduite. Ce fait là suffit, croyons-nous, à expliquer pourquoi la vitesse réelle de transmission des ondes est plus grande que celle donnée par Alliévi.

Quelle qu'en soit d'ailleurs la cause, cette différence — à supposer, comme nous en avons l'impression, qu'elle se confirme et reste de l'ordre de grandeur de 3 à 4 % — n'enlève rien à la haute portée technique du mémoire de M. Alliévi.

La coïncidence entre la théorie et les faits n'en est pas moins remarquable pour tous les essais qui font l'objet de cette communication. Les théories d'Alliévi nous paraissent traduire les phénomènes du coup de bélier avec un degré d'approximation, même dans le calcul du paramètre α , tout à fait réjouissant et, en tous cas, bien suffisant pour la pratique.

Nous serions très heureux toutefois que d'autres essais, plus divers, plus précis encore que ceux-ci, vissent apporter leur contribution à l'étude de ces phénomènes. Il y a là un très beau champ d'action ; nous l'avons à peine effleuré.

Villas et maisons de campagne en Suisse.

Comme suite au compte-rendu que nous avons publié dans notre numéro du 10 décembre 1909, nous reproduisons aux pages 17 à 20 quelques illustrations extraites du bel ouvrage de M. H. BAUDIN¹.

La „Maison bourgeoise en Suisse“.

Grâce à l'obligeance des éditeurs, MM. *Helbing et Lichtenhahn*, à Bâle, nous pouvons reproduire aux pages 21, 22 et 23 quelques-unes des illustrations du premier volume de cette publication consacré à la « Maison bourgeoise dans le canton d'Uri »².

L'ouvrage comprend 104 pages (de 24/32 cm.) d'illustrations, vues d'ensemble et de détails, plans, dessins à la plume, etc., imprimés sur un papier légèrement jaunâtre avec un souci de la perfection qui fait grand honneur aux éditeurs. Tous les plans, façades, etc. ont été dessinés en vue de la reproduction et sont parfaitement clairs et nets : pas une lettre, pas un chiffre qui ne soit lisible. Le groupement des illustrations est toujours judicieux et élégant

¹ Villas et maisons de campagne en Suisse, par H. BAUDIN, architecte, à Genève. Prix Fr. 30.—.

² Voir N° du 10 décembre 1909, page 275.



Villa, à Zurich. — Cabinet de travail.

Architectes : MM. Streiff et Schindler, Zurich.

Cliché extrait de l'ouvrage de M. H. BAUDIN, « Villas et maisons de campagne en Suisse ».