

nage, elles seront néanmoins nombreuses et variées ; ce sont les pierres de taille, les bois de service du Jura, de la Bourgogne et du Berry, les scories et crasses produites par les forges du Doubs, les vins du Midi, les céréales du Centre et de la Bourgogne, sans parler du trafic des produits d'outremer débarqués à Marseille ; on compte à Strasbourg recevoir de Marseille des graisses, des huiles et des graines oléagineuses, et on envisage la possibilité d'importer par Marseille et le canal du Rhône au Rhin des laines et des cotons par l'industrie alsacienne.

Les résultats de l'enquête de M. Haug l'autorisent à déclarer que le Conseil général des Ponts et Chaussées a été beaucoup trop pessimiste. Il est établi que le trafic du canal du Rhône au Rhin est susceptible d'une augmentation qui justifie pleinement la dépense relativement faible de la mise au gabarit. Le canal reprendra son rang dans le système des canaux dont il fait partie dès qu'on lui aura donné sur tout son parcours les dimensions prévues pour tout le reste du réseau.

Pour arriver à ce but, une entente est indispensable entre les gouvernements des deux pays, et M. Haug demande au Congrès d'émettre le vœu que cette entente se fasse vite.

La communication du sympathique secrétaire de la Chambre de commerce de Strasbourg a recueilli d'unanimes applaudissements, et M. le président Linyer s'est fait l'interprète du Congrès pour féliciter M. Haug.

M. Coignet a fait remarquer qu'il ne fallait pas demander l'ouverture de négociations entre les deux gouvernements, puisque, conformément à la promesse faite par M. Millerand au Comité-Directeur de l'Office des Transports, ces négociations ont été ouvertes ; ce qu'il faut souhaiter, c'est que la conversation engagée finisse le plus tôt possible.

Le vœu, rédigé dans ce sens par M. Coignet, a été adopté.

Nous avons reproduit, dans le numéro de septembre 1911 de *La Houille Blanche*, l'ensemble des vœux émis.

* * *

La dernière journée du Congrès fut consacrée à la descente du Rhône de Valence, où un train spécial amena les congressistes jusqu'à Avignon, sur le *Missouri*, bateau de la Compagnie H.-P.-L.-M., gracieusement mis par elle à la disposition de la Chambre de commerce de Lyon qui y offrait à déjeuner aux congressistes.

Cette inoubliable excursion terminée par une agréable réception de la Chambre de commerce d'Avignon, émerveilla ceux qui y prirent part et fut le digne pendant du voyage sur le Rhin, effectué après le Congrès de Nancy.

Avant la dislocation des congressistes, M. le président Linyer tint à leur annoncer que le IV^e Congrès de navigation intérieure se tiendrait en 1913, à Nantes, et à les inviter à y venir nombreux.

HYDRAULIQUE

DES COUPS DE BÉLIER DANS LES CONDUITES

Note au sujet de l'influence sur le coup de bélier produit par une fermeture brusque d'une petite quantité d'air emmagasinée dans la conduite.

J'ai montré précédemment qu'un réservoir d'air, établi dans des conditions convenables, peut, au moins dans certains cas, être utilement employé pour atténuer les coups de bélier. On pourrait croire qu'une petite quantité d'air em-

magasinée dans la conduite produit un effet analogue et que, si sa masse est trop faible pour atténuer notablement le coup de bélier, elle ne saurait tout au moins en augmenter la valeur. Il n'en est toutefois rien et nous allons voir que sa présence peut donner naissance à une surpression, locale il est vrai, mais qui peut cependant être fort dangereuse.

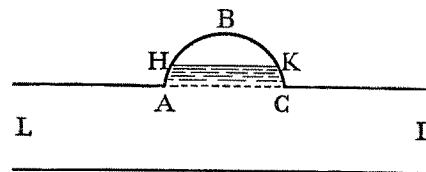
Nous nous bornerons à examiner le cas d'une fermeture brusque, totale ou partielle, et nous supposerons que la masse d'air dont il s'agit est assez faible, par rapport à la masse d'eau de la conduite, pour que sa présence ne puisse pas produire une variation notable du coup de bélier dans les parties qui n'avoisinent pas immédiatement l'air en question.

Dans ces conditions, d'après la théorie de M. Allievi, la pression statique p_0 devient :

$$p_1 = p_0 + \Delta p_0$$

Δp_0 représentant le coup de bélier, qui se calcule par les procédés connus, et cette pression reste constante pendant toute la durée du coup de bélier direct, durée qui est égale à $\frac{2l}{a}$, l étant la longueur de la conduite, depuis son origine jusqu'au point que l'on considère, et a la vitesse de propagation.

Ceci posé, nous supposons qu'en un point de la conduite se trouve une capacité quelconque ABC, contenant une certaine quantité d'air HBK.



Avant la fermeture, la pression de cet air, comme celle de l'eau dans la conduite, est égale à p_0 . Après la fermeture, la pression devient, d'après ce que nous avons supposé, p_1 dans la conduite, et elle conserve cette valeur pendant toute la durée du coup de bélier direct. La pression de l'air logé dans la partie HBK, qui est p_0 à l'instant initial où la fermeture vient d'avoir lieu, sera p à un instant quelconque et croîtra, de p_0 à une valeur maxima $p_2 = p_0 + \Delta p$, qu'elle atteindra au moment où la compression de l'air s'arrête, et qu'il s'agit de calculer. Nous supposons expressément que cette pression maxima p_2 est atteinte pendant la durée du coup de bélier direct (1), et qu'il n'y a aucune perte de force vive. Ce sont donc les conditions qui feront prendre à p_2 la valeur la plus grande possible.

Appliquons maintenant le théorème des forces vives, depuis l'instant initial de la fermeture jusqu'à celui où la compression de l'air s'arrête, à la masse de liquide et d'air comprise dans le volume ABC à l'instant initial. La force vive de cette masse est nulle à l'instant initial comme à l'instant final, donc la somme des travaux des forces doit aussi être nulle. Mais si nous négligeons, pour ce petit volume, le travail de la dilatation des parois et de la compression du liquide, cette somme se réduit au travail de la pression du liquide sur la tranche AC et à celui de la compression de l'air.

Désignons par u le volume occupé par l'air à un instant quelconque où la pression de cet air est p , le travail élémentaire de la compression de l'air sera égal à :

$$p du$$

(1) Ce qui aura lieu si le volume d'air est très faible par rapport à celui de la conduite.

et le travail total de cette compression sera :

$$\int_{u_0}^{u_0-\Delta u_0} p du = - \int_{u_0-\Delta u_0}^{u_0} p du$$

u_0 désignant la valeur initiale de u , et $u_0-\Delta u_0$ sa valeur finale à l'instant où la compression s'arrête.

On a d'ailleurs la température pouvant être considérée comme constante et égale à celle du liquide :

$$pu = p_0 u_0$$

d'où :

$$\int p du = p_0 u_0 \int \frac{du}{u} = p_0 u_0 L u$$

Nous avons donc pour le travail de l'air :

$$- \int_{u_0-\Delta u_0}^{u_0} p du = - p_0 u_0 L \frac{u_0}{u_0 - \Delta u_0} = - p_0 u_0 L \frac{1}{1 - \frac{\Delta u_0}{u_0}}$$

D'autre part, si on considère la tranche de liquide qui était en AC à l'instant initial, comme nous considérons la pression sur cette tranche comme constante et égale à p_1 et que nous négligeons la compression du liquide et la dilatation des parois pour la petite quantité de liquide comprise entre AC et HK, le travail développé par la pression du liquide sur cette tranche sera égal, du étant négatif, à :

$$- \int_{u_0}^{u_0-\Delta u_0} p_1 du = p_1 \Delta u_0$$

Le travail total devant être nul, nous avons donc la relation :

$$- p_0 u_0 L \frac{1}{1 - \frac{\Delta u_0}{u_0}} + p_1 \Delta u_0 = 0$$

Mais :

$$p_1 = p_0 + \Delta p_0 \tag{1}$$

de sorte que l'équation précédente peut s'écrire :

$$\Delta p_0 = p_0 \left[\frac{u_0}{\Delta u_0} L \frac{1}{1 - \frac{\Delta u_0}{u_0}} - 1 \right]$$

Si on pose alors, pour simplifier l'écriture :

$$\frac{\Delta u_0}{u_0} = x \tag{2}$$

on aura :

$$\frac{\Delta p_0}{p_0} = - \frac{1}{x} L (1 - x) - 1 \tag{3}$$

équation qui déterminera x , donc la compression de l'air, pour une valeur donnée du coup de bélier Δp_0 .

Si nous désignons maintenant par $p_0 + \Delta p$ la pression de l'air au moment où la compression s'arrête, on aura :

$$(p_0 + \Delta p) (u_0 - \Delta u_0) = p_0 u_0$$

d'où :

$$\Delta p = p_0 \frac{\frac{\Delta u_0}{u_0}}{1 - \frac{\Delta u_0}{u_0}}$$

ou :

$$\frac{\Delta p}{p_0} = \frac{x}{1 - x} \tag{4}$$

On déduit des formules (3) et (4) :

$$\frac{\Delta p_0}{\Delta p} = - \frac{1 - x}{x} \left[\frac{L (1 - x)}{x} + 1 \right] \tag{5}$$

Mais x devra, en général, être inférieur à $\frac{1}{2}$, car pour cette valeur de x on a : $\Delta p = p_0$; on pourra alors développer les valeurs (3) et (5) suivant les puissances ascendantes de x , et on aura :

$$\frac{\Delta p_0}{p_0} = \frac{x}{2} + \frac{x^2}{3} + \frac{x^3}{4} + \frac{x^4}{5} + \dots$$

$$\frac{\Delta p_0}{\Delta p} = (1 - x) \left(\frac{1}{2} + \frac{x}{3} + \frac{x^2}{4} + \frac{x^3}{5} + \dots \right)$$

$$= \frac{1}{2} - \frac{x}{6} - \frac{x^2}{12} - \frac{x^3}{20} - \dots$$

et on déduira de ces deux formules :

$$\frac{\Delta p_0}{\Delta p} = \frac{1}{2} - \frac{1}{3} \frac{\Delta p_0}{p_0} + \frac{x^2}{36} + \frac{x^3}{30} + \frac{x^4}{30} + \dots$$

Mais, comme nous l'avons dit, x sera en général inférieur à $\frac{1}{2}$ et, par suite, $\frac{x^2}{36}$ à $\frac{1}{144}$, soit environ 0,007, on pourra donc le négliger devant $\frac{1}{2}$ et prendre, par suite :

$$\frac{\Delta p_0}{\Delta p} = \frac{1}{2} - \frac{1}{3} \frac{\Delta p_0}{p_0} \tag{6}$$

Si, par exemple, on suppose $x = \frac{1}{2}$, on a, par les formules (3), (4) et (5) :

$$\frac{\Delta p_0}{p_0} = 0,3863 \quad \frac{\Delta p}{p_0} = 1 \quad \frac{\Delta p}{\Delta p_0} = 0,3863 \tag{7}$$

Or, pour la valeur (7) de $\frac{\Delta p_0}{p_0}$, la formule approchée (6) donne :

$$\frac{\Delta p_0}{\Delta p} = 0,3712$$

et on voit que, même pour ce cas, la formule (6) donne une approximation suffisante.

On déduit d'ailleurs de (6) :

$$\frac{\frac{2}{3} \Delta p}{\Delta p_0} = \frac{2}{1 - \frac{2}{3} \frac{\Delta p_0}{p_0}}$$

et, avec une approximation en général très suffisante :

$$\Delta p = 2 \left(1 + \frac{2}{3} \frac{\Delta p_0}{p_0} \right) \Delta p_0 \tag{8}$$

On voit que, dans les conditions où nous nous supposons placé et qui sont, il est vrai, les plus défavorables, la présence de l'air fera plus que doubler la valeur du coup de bélier à l'endroit où il se trouve. Toutefois, c'est en réalité un maximum, les conditions supposées n'étant pas, en général, complètement réalisées. Ce résultat n'en montre pas moins la grande utilité des dispositions destinées à empêcher l'accumulation de l'air en certains points de la conduite, et, à ce point de vue, les reniflards de faibles diamètres qui, ainsi que je l'ai montré, sont absolument inefficaces pour atténuer le coup de bélier lui-même dans l'eau de la conduite, peuvent être très utilement employés.