

Passage de l'écoulement à surface libre à l'écoulement en charge dans les conduites

Transition from free surface flow to flow under pressures in pipes

English synopsis p. 6

On sait que, pour qu'une conduite débitant à gueule bée fonctionne en canal découvert, certaines conditions de pente, de charge et d'alimentation doivent être réalisées.

En particulier, la pente de la conduite doit être supérieure à celle de la ligne piézométrique. Plaçons-nous dans ce cas, les conditions d'alimentation étant les suivantes :

1° La conduite communique à l'amont avec un réservoir à niveau invariable, par l'intermédiaire d'un seuil accélérateur assurant l'évacuation d'un débit Q . Il se produit dans la conduite un écoulement à surface libre à régime torrentiel, la ligne de remous tendant, à l'aval, vers la hauteur normale correspondant au régime uniforme;

2° Elle débouche dans un réservoir où le niveau de l'eau est à une hauteur h au-dessus de la génératrice supérieure de la conduite.

Dans ces conditions, et sous réserve que le niveau aval ne soit pas trop haut, un régime permanent s'établit dans lequel le passage de l'écoulement à surface libre à l'écoulement en charge s'effectue par un ressaut. Cette brusque transformation d'énergie cinétique en énergie potentielle s'accompagne d'une perte de charge singulière. Le calcul de celle-ci et la détermination de l'emplacement approximatif du ressaut font l'objet des considérations qui vont suivre.

Appliquons le théorème des quantités de mouvement entre la section (0), située immédiatement à l'amont du ressaut, et la section (1), où la répartition des vitesses est redevenue sensiblement uniforme (voir fig. 1).

En projection sur l'axe de la conduite, on obtient :

$$(1) \int_{(0)} \rho V^2 dS - \int_{(1)} \rho V^2 dS = \int_{(1)} p dS - \int_{(0)} p dS$$

en supposant la pente de la conduite suffisamment faible pour qu'on puisse négliger la composante $P \sin i$, suivant son axe, du poids de l'eau comprise entre les deux sections.

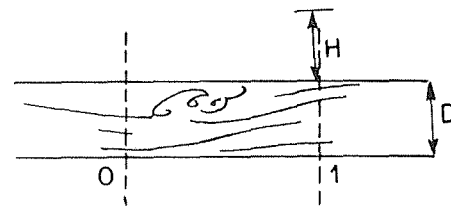


Fig. 1

Les vitesses étant sensiblement parallèles et uniformes dans les deux sections, la répartition des pressions y est hydrostatique. Par suite, en prenant pour origine la pression atmosphérique, on a dans la section (0) :

$$\frac{p}{\omega} + z = y \quad (\text{voir fig. 2})$$

dans la section (1)

$$\frac{p}{\omega} + z = D + H$$

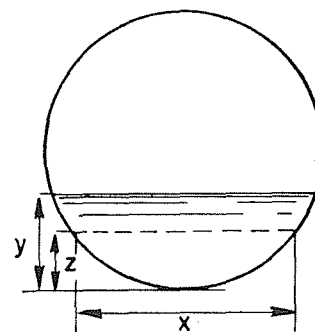


Fig. 2

H désignant la charge dans la section (1) au-dessous de la génératrice supérieure.

La relation (1) prend alors la forme suivante :

$$\frac{Q^2}{gS(y)} - \frac{Q^2}{gS(D)} = \int_0^D (D + H - z) x dz - \int_0^y (y - z) x dz$$

S(y) = surface de la section mouillée (6);

S(D) = section de la conduite que nous noterons S.

Considérons alors par analogie avec l'étude du ressaut dans les canaux découverts, la fonction :

$$M(y) = \frac{Q^2}{gS(y)} + \int_0^y (y - z) x dz$$

l'égalité précédente s'écrit :

$$(2) \quad M(y) = M(D) + HS.$$

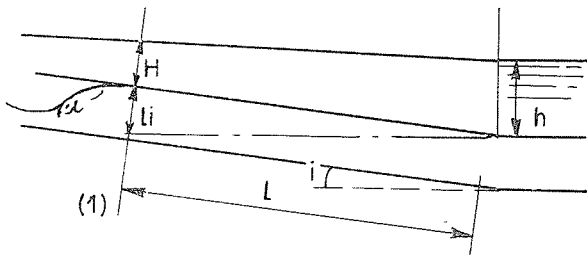


FIG. 3

Appliquons maintenant le théorème de BERNOULLI entre la section (1) et la section de sortie de la conduite. (Le plan de référence est la ligne en trait ponctué de la figure 3.)

$$(3) \quad li + H + \frac{V^2}{2g} = h + \frac{V^2}{2g} + lj$$

de (2) et (3) on tire :

$$(4) \quad M(y) = M(D) + S | h - l(i - j) |$$

Cette équation peut être facilement résolue dans chaque cas par approximations, car à toute

longueur l correspond une hauteur d'eau y donnée par la courbe de remous.

Nous ferons la discussion complète dans le cas où le régime uniforme est réalisé dès l'entrée de la conduite, la hauteur d'eau étant égale à la hauteur normale y_N . L'équation (4) peut alors s'écrire :

$$\frac{M(y_N) - M(D)}{S} = h + lj - li$$

Portons en ordonnée le deuxième membre à partir de la génératrice supérieure de la conduite (fig. 4), on obtient la ligne piézométrique dans la conduite en charge. La position du ressaut est donnée par l'intersection de cette droite avec la parallèle à la génératrice d'ordonnée :

$$\frac{M(y_N) - M(D)}{S}$$

Supposons d'abord :

$$M(y_N) > M(D)$$

tant que :

$$h < \frac{M(y_N) - M(D)}{S}$$

le ressaut se produit à l'extrémité aval de la conduite qui est le siège d'une turbulence importante.

Lorsque :

$$h > \frac{M(y_N) - M(D)}{S}$$

le ressaut se produit à l'intérieur de la conduite et il correspond à un régime permanent stable. En effet, si le ressaut se produisait à l'aval, on voit sur la figure 4 que la charge :

$$H = \frac{M(y_N) - M(D)}{S}$$

dans la section (1) serait inférieure à la charge $h + lj - li$ correspondant au débit Q. Le débit évacué à l'aval serait inférieur à celui qui arrive de l'amont et le ressaut remonterait dans la con-

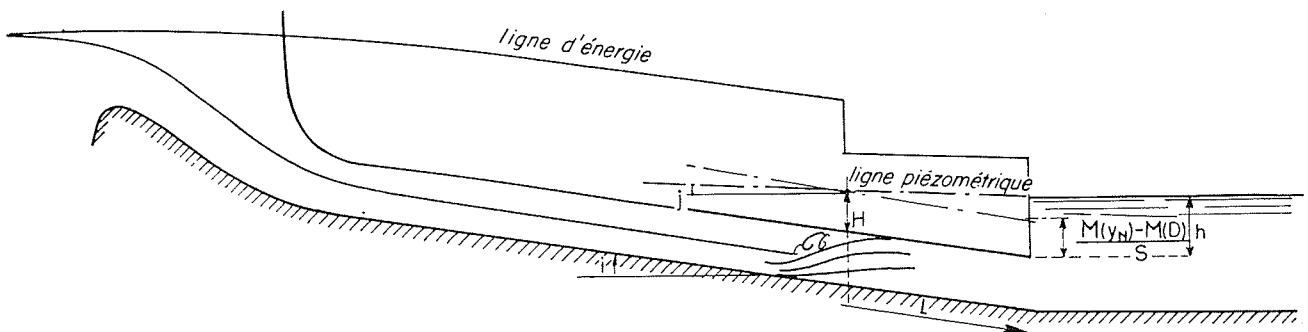


FIG. 4

duite. Le même raisonnement montre que si le ressaut se produisait à l'amont, il tendrait à se déplacer vers l'aval.

La stabilité de la position du ressaut est nécessaire pour l'établissement d'un régime permanent et c'est son instabilité qui est la cause des phénomènes pulsatoires qui se produisent dans les ouvrages mal conçus.

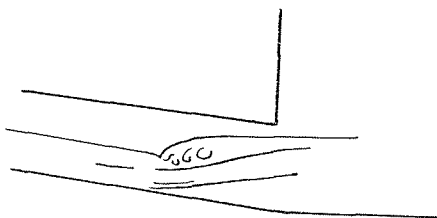


Fig. 5

Une fois fixé l'emplacement du ressaut, la détermination de la perte de charge singulière est aisée.

On obtient, en effet, la ligne d'énergie dans la conduite en charge en augmentant de $\frac{V^2}{2g}$ la ligne piézométrique. Il est également facile de tra-

cer la ligne d'énergie de l'écoulement à surface libre amont en portant en ordonnée à partir du radier la quantité $y + \frac{V^2}{2g}$. Cette ligne, qui part du niveau de l'eau dans le réservoir amont, se raccorde à la ligne d'énergie du régime uniforme (droite d'ordonnée $y_N + \frac{V_N^2}{2g} = H_N$ parallèle à l'axe de la conduite).

La perte de charge dans le ressaut est :

$$H_N - \left(D + H + \frac{Q^2}{2gS^2} \right)$$

A mesure que le niveau aval s'élève, le ressaut remonte dans la conduite et vient noyer le seuil accélérateur. Le débit qui, jusqu'alors, était indépendant des conditions aval, commence à diminuer pour s'annuler quand les plans d'eau dans les réservoirs amont et aval sont au même niveau.

Reste à envisager le cas où $M(y_N) < M(D)$. La théorie du ressaut dans les canaux découverts montre que le ressaut se produit à l'intérieur de la conduite avant que la sortie de celle-ci ne soit entièrement noyée.

M. SERRE.

