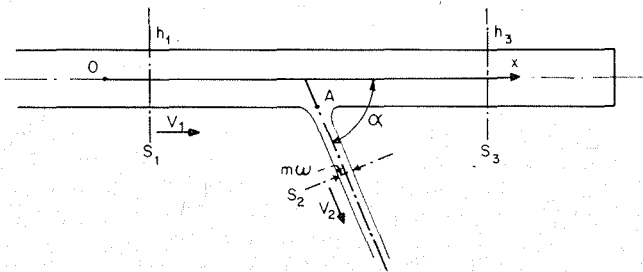


DÉBIT D'UN ORIFICE PERCÉ DANS LA PAROI D'UN TUBE CIRCULAIRE

PAR
L. ESCANDE

A propos du calcul des systèmes de remplissage des bassins de radoub, nous avons été conduits à étudier le fonctionnement d'un orifice percé dans la paroi latérale d'un tube horizontal fermé à son extrémité aval comme l'indique la figure 1; le cen-



/1

tre A de l'orifice est dans le plan diamétral horizontal du tube.

Le jet formé dans l'air possède une certaine inclinaison vers l'aval définie par l'angle α .

* Membre de l'Institut, Directeur de l'Ecole Nationale Supérieure d'Electrotechnique, d'Electronique et d'Hydraulique de Toulouse.

Etude théorique.

Appelons h_1 , h_3 les pressions exprimées en hauteurs d'eau dans les sections S_1 et S_3 , toutes deux égales à S :

$$Q = SV_1 = m\omega V_2 \quad (1)$$

Q le débit, et $m\omega$ la section contractée du jet.

Le théorème d'Euler, appliqué aux projections des forces et des dérivées des quantités du mouvement sur l'axe ox permet d'écrire, en négligeant l'influence de la répartition des vitesses dans les sections S_1 et S_2 :

$$-\frac{\bar{\omega}}{g} QV_1 + \frac{\bar{\omega}}{g} QV_2 \cos \alpha = \bar{\omega}S (h_1 - h_3)$$

ou :

$$-\frac{V_1^2}{g} + \frac{V_1 V_2}{g} \cos \alpha = h_1 - h_3 \quad (2)$$

D'autre part, il n'existe guère de pertes de charge entre les sections S_1 et S_2 , de telle sorte que l'on a :

$$\frac{V_1^2}{2g} + h_1 = \frac{V_2^2}{2g} \quad (3)$$

$$V_2 = \sqrt{V_1^2 + 2gh_1} \quad (4)$$

On tire des relations précédentes les expressions suivantes :

$$h_3 - h_1 = \frac{V_1^2}{g} \left[1 - \frac{V_2}{V_1} \cos \alpha \right] \quad (5)$$

$$h_3 - h_1 = \frac{V_1^2}{g} \left[1 - \frac{S}{m\omega} \cos \alpha \right] \quad (5')$$

$$h_3 - h_1 = \frac{V_1^2}{g} \left[-\cos \alpha \sqrt{1 + \frac{2gh_1}{V_1^2}} \right] \quad (5'')$$

$$\cos \alpha = \frac{(V_1^2/g) - (h_3 - h_1)}{V_1 V_2 / g} = \frac{V_1^2 - g(h_3 - h_1)}{V_1 V_2} \quad (6)$$

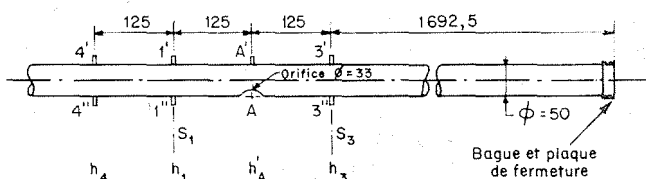
L. ESCANDE

Etude expérimentale.

Nous nous sommes proposé de vérifier expérimentalement les résultats théoriques qui viennent d'être exposés.

Dispositif expérimental.

La figure 2 donne les dimensions principales du système.



/2

Le tube étudié est en laiton; il a un diamètre intérieur de 5 cm. Le trou latéral, à mince paroi, correspond à l'intersection du tube avec un cylindre circulaire de 3,3 cm de diamètre. Le point d'intersection des axes du tube et du cylindre est situé à la distance 181,75 cm de l'extrémité aval du tube; celle-ci est constituée par une bague sur laquelle est adaptée une plaque de fermeture.

La mesure de h_3 est effectuée au moyen de prises de pression 3' et 3'' placées dans le plan diamétral horizontal d'une section S_3 située à une distance 12,5 cm à l'aval du centre A de l'orifice.

Les indications des prises 3' et 3'' se révèlent identiques pour toutes les mesures et leur valeur commune donne h_3 .

La mesure de h_1 s'effectue par deux prises 1' et 1'' situées dans le plan diamétral horizontal de la section S_1 placée à 12,5 cm, en amont du point A : pour chaque mesure, les indications des prises 1' et 1'' sont identiques et fournissent la valeur de h_1 .

Deux autres prises 4' et 4'', placées à 12,5 cm en amont de la section S_1 donnent des valeurs de la pression très légèrement supérieures à h_1 du fait de la perte de charge linéaire; nous désignons ces valeurs par h_4 .

De même, une prise placée en A', en face du centre A de l'orifice, donne la pression au point correspondant, pression que nous appelons h'_A .

La mesure du débit Q s'effectue à l'aide d'un déversoir triangulaire préalablement taré.

But des expériences.

Les mesures fournissent les valeurs expérimentales de h_1 , h_3 , Q , ainsi que celles de h_4 et h'_A .

On en déduit la vitesse moyenne V_1 puis, au moyen de la formule (4), la vitesse V_2 .

La formule (6) donne alors $\cos \alpha$ et la formule (1) $m\omega$.

Le but des expériences consiste à comparer la valeur de l'angle α ainsi calculée aux résultats fournis par l'observation directe.

En fait, le jet présente une forme évasée et complexe, le débit se répartissant sur une grande surface, après son passage dans la section contractée; il convient de noter que la majeure partie du débit se localise dans la portion du jet la plus proche de l'extrémité aval du tube.

Dans nos mesures, nous avons repéré l'angle α moyen tenant compte de cette concentration du débit vers l'aval; nous l'appelons α' .

Les mesures ont été faites par observation directe, mais nous avons également pris un certain nombre de photographies de l'écoulement.

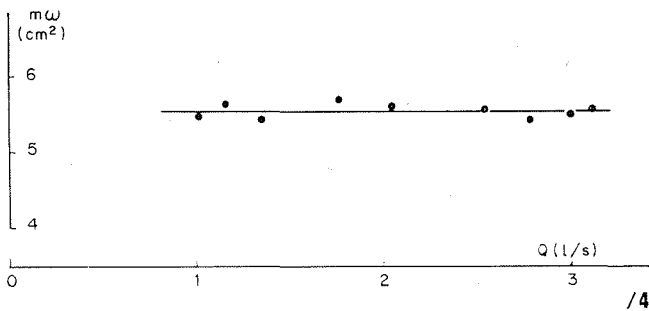
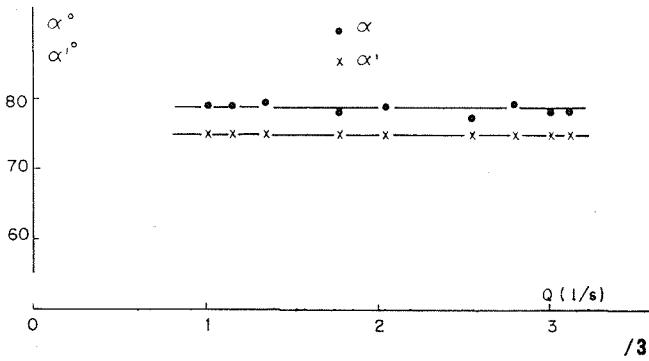
Résultats obtenus.

Les débits Q ont varié de 1,01 l/s à 3,11 l/s.

On observe sur le tableau I la régularité des valeurs obtenues pour h_1 , h_3 , h_4 , h'_A .

En ce qui concerne l'angle α et les valeurs de $m\omega$, le tableau II précise les résultats obtenus.

Comme on le voit sur ce tableau, ainsi que sur les courbes des figures (3) et (4) on obtient pour α ,



α' et $m\omega$ des valeurs qui s'éloignent peu des moyennes suivantes :

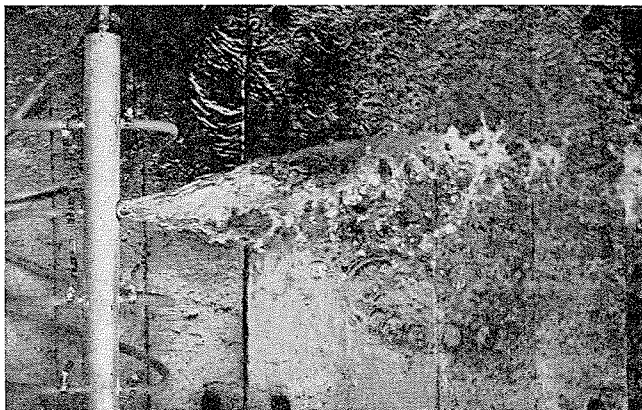
$$\alpha = 79 \text{ degrés} \quad \alpha' = 75 \text{ degrés}$$

$$m\omega = 5,57 \text{ cm}^2$$

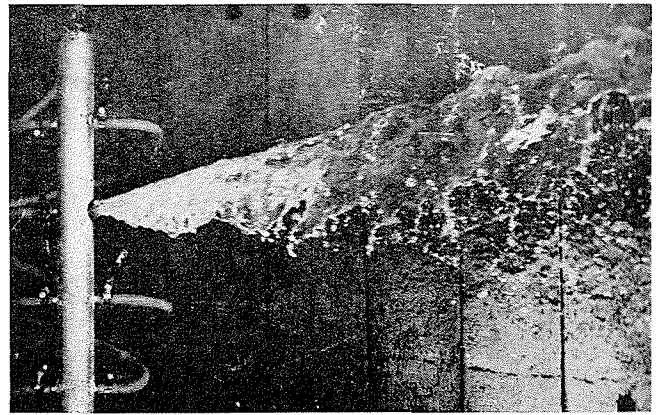
La contraction demeure sensiblement constante et, par ailleurs, le faible écart entre α et α' constitue une bonne vérification des considérations théoriques.

Sur les figures (5), (6), (7) nous avons représenté les photographies de l'écoulement obtenu pour diverses valeurs du débit Q :

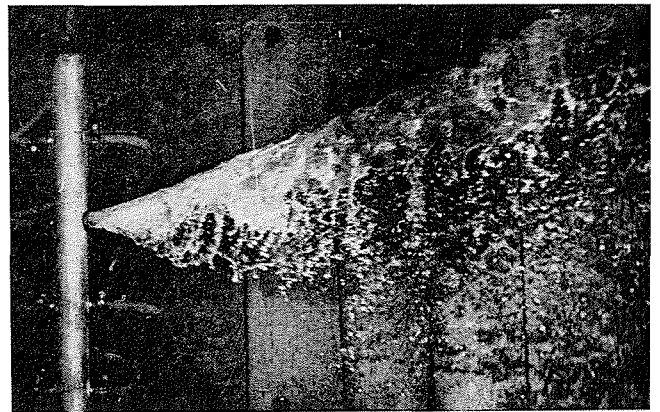
- figure (5) pour $Q = 1,01 \text{ l/s}$,
- figure (6) pour $Q = 2,53 \text{ l/s}$,
- figure (7) pour $Q = 3,11 \text{ l/s}$.



/5



/6



/7

TABLEAU I

Q (l/s)	h_1 (m)	h_3 (m)	h_4 (m)	h'_A (m)
1,01	0,161	0,17	0,163	0,169
1,15	0,195	0,207	0,196	0,204
1,35	0,288	0,305	0,290	0,301
1,775	0,452	0,476	0,456	0,470
2,04	0,619	0,653	0,622	0,645
2,537	0,994	1,05	1,002	1,038
2,78	1,199	1,265	1,204	1,249
3,00	1,388	1,463	1,395	1,446
3,11	1,451	1,529	1,459	1,509

TABLEAU II

Q (l/s)	α	α'	$m\omega$ (cm ²)
1,01	79°	75	5,46
1,15	79°	75	5,64
1,35	79° 30'	75	5,44
1,775	78°	75	5,70
2,04	78° 30'	75	5,60
2,537	79°	75	5,58
2,78	79° 30'	75	5,44
3,00	78° 30'	75	5,52
3,11	78° 30'	75	5,58

ABSTRACT

DISCHARGE THROUGH AN ORIFICE IN THE SIDE OF CIRCULAR SECTION TUBE BY L. ESCANDE

This investigation was associated with the author's dry dock filling system design work. It considers the operation of an orifice in the side of a blind-ended horizontal tube (see Fig. 1), with the centre of the orifice lying in the horizontal diametral plane of the tube. The jet discharges from this orifice at a certain angle α towards downstream.

Theoretical investigation.

Taking h_1 and h_3 for the pressures (as heights of water) at cross-sections S_1 and S_3 respectively (both being equal to S), Q for the discharge, and m_ω for the jet contraction, Euler's theorem applied to projections of forces and momentum derivatives on the Ox axis produces expressions (4), (5), (5'), (5'') and (6). Effects due to velocity distribution in cross-sections S_1 and S_2 are neglected, and the pressure drop between them is also assumed to be negligible.

Experimental layout.

The main system dimensions are shown in Figure 2 (in millimetres).

h_3 was measured at pressure tappings 3' and 3'', both of which gave identical results throughout. The same applied to tappings 1' and 1'' measuring h_1 ;

h_4 was measured by tappings 4' and 4'' positioned 125 mm upstream from cross-section S_1 . These values were consistently slightly higher than h_1 because of the linear pressure drop between the two stations;

h'_A was measured at a tapping A' opposite the centre of the orifice A .

Purpose of the experiment.

Experimental values were obtained for h_1 and h_3 , Q , h_4 and h'_A , from which the mean velocity V_1 was obtained, and V_2 then by formula (4).

Formula (6) supplied $\cos \alpha$, and formula (1) m_ω .

The purpose of the experiment was to compare α calculated as above with the angle found by direct observation.

The jet flares out in a complex shape, due to the flow spreading out over a large area after passing through the contraction. An interesting fact is that most of the flow is in the part of the jet nearest the downstream end of the tube. The mean angle resulting from this tendency was denoted α' .

Measurement was by direct observation, but a certain number of flow photographs were also taken.

Results.

The discharge Q ranged from 1.01 litres/sec. to 3.11 litres/sec.

Table I gives the values obtained for h_1 , h_3 , h_4 , and h'_A , which are seen to have been remarkably consistent.

Table II lists results for α and m_ω . This and the curves in Figures (3) and (4) show that the values obtained for α , α' and m_ω were all of the order of the following average figures :

$$\alpha = 79^\circ \quad \alpha' = 75^\circ \quad m_\omega = 5.57 \text{ cm}^2$$

Jet contraction remained practically constant, and the small difference between α and α' satisfactorily confirms the theoretical reasoning.

Figures (5) (6) and (7) show flow photographs taken at $Q = 1.01$ litres/sec., $Q = 2.53$ litres/sec. and $Q = 3.11$ litres/sec. respectively.