

LA HOUILLE BLANCHE

ÉDITIONS J. REY - B. ARTHAUD, Editeur, GRENOBLE

Abonnement pour une Année } France... 40 francs } Le Numéro : 7 francs
 } Étranger... 50 francs }

Compte Chèques Postaux LYON 5-84

SOMMAIRE

HYDRAULIQUE. — Une loi de l'écoulement en canal découvert, par M. MONTAGNÉ, ancien élève de l'Institut Polytechnique de Grenoble. — Notes sur diverses formules relatives à l'écoulement de l'eau dans les conduites et les aqueducs de grandes dimensions, par M. HUBIE, ingénieur des Ponts et Chaussées.

CHALEUR ET ÉNERGIE. — L'utilisation de la chaleur ambiante comme force motrice au moyen de la machine frigorifique, par M. Emile GUARINI, ancien professeur de Physique et d'Électrotechnique à l'École des Arts et Métiers de Lima (Pérou).

ELECTRICITÉ. — L'électrification des Chemins de fer Suisses

et Italiens, par M. TRUFFAT, ingénieur des Grandes Forces Hydrauliques du Sud-Est.

LÉGISLATION. — Les ventes des Moulins dits « Biens nationaux ». Difficultés relatives à la compétence des juridictions chargées de les interpréter ou de les appliquer, par Paul BOUGAULT, avocat à la Cour d'Appel de Lyon.

DOCUMENTATION. — Conférence internationale des Grands Réseaux, etc., etc.

INFORMATIONS.

BIBLIOGRAPHIE

HYDRAULIQUE

Une loi de l'écoulement en canal découvert

par M. MONTAGNÉ, Ancien Elève de l'Institut Polytechnique de Grenoble

Dans un canal découvert ou cours d'eau, en régime uniforme, il y a équilibre entre la force accélératrice due à la pesanteur et la force retardatrice due aux frottements. Les forces retardatrices proviennent des frottements des filets entre eux et des parois. Ainsi, on remarque, aux très faibles vitesses, un mouvement turbulent près des parois et un mouvement non turbulent dans l'axe. Dans un canal où le mouvement est turbulent dans toute une section, on peut donc admettre que les résistances proviennent des parois. Elles seront, par conséquent, proportionnelles à la longueur du périmètre mouillé γ . En appelant U la vitesse moyenne, w la section mouillée, π le poids spécifique et I la pente, l'équation du mouvement est :

$$\pi w I = \gamma f(U)$$

ou

$$\frac{w}{\gamma} I = \frac{f(U)}{\pi}$$

Le rapport $\frac{w}{\gamma}$ est le rayon moyen de la section. On le désigne par R .

La fonction $f(U)$ peut se mettre sous la forme $\pi b U^2$ et l'équation du mouvement devient

$$(1) \quad RI = b U^2$$

b dépend des parois, de R , de I et même de U .

L'équation (1) donne

$$U = \frac{1}{\sqrt{b}} \sqrt{RI}$$

ou

$$U = C \sqrt{RI}$$

en écrivant :

$$\frac{1}{\sqrt{b}} = C$$

La détermination du coefficient C a fait l'objet de nombreuses recherches. De toutes les formules qui ont été données, la plus connue, en France, est celle de Bazin qui donne pour C :

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$$

γ étant les coefficients connus applicables à différentes natures de paroi.

Il paraît établi que cette formule donne des résultats trop forts pour les grands rayons moyens et qu'il faut appliquer le coefficient γ de la 2^e catégorie à des parois de la 1^{re} catégorie surtout dans le cas d'assez fortes vitesses. Les fortes vitesses, en effet, causent des pertes sensibles par agitation. Le but de la présente étude n'étant pas la correction de la formule de Bazin dans son application aux grands rayons moyens et grandes vitesses, nous la considérerons comme exacte pour contrôler les chiffres fournis par nos expériences exécutées dans des canaux de tirants d'eau relativement faibles.

Pour une pente et une rugosité données, C s'éloigne beaucoup d'une constante, quand R varie. Cet effet est d'autant plus sensible que la rugosité des parois est plus accusée.

Introduisons, dans le fond d'un canal découvert, de pente déterminée, une solution de fluoresceïne sodique. L'eau se colore, dans un plan vertical, selon la figure 1.

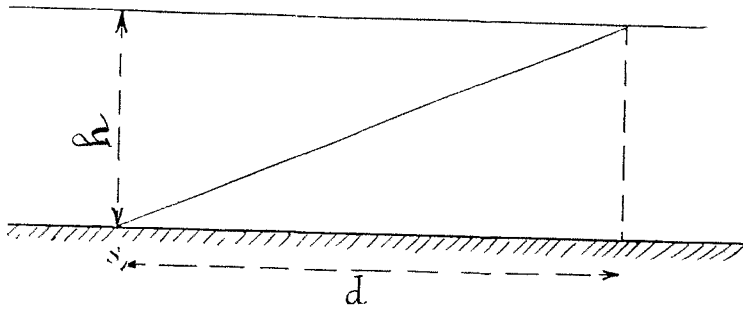


Fig. 1.

La fluoresceïne apparaît à la surface à une distance qui dépend de la profondeur de la rugosité et de la pente.

Le canal étant de largeur indéfinie, une particule d'eau est successivement soumise à toutes les vitesses horizontales et on a :

$$\frac{h}{d} = \frac{V_1}{U}$$

en appelant V_1 la composante verticale de la vitesse moyenne U :

En plan, et à l'endroit où la solution de fluoresceïne apparaît à la surface, la largeur de la pyramide à arêtes arrondies ou cône aplati, dont le sommet est en S, est environ égale à $2h$.

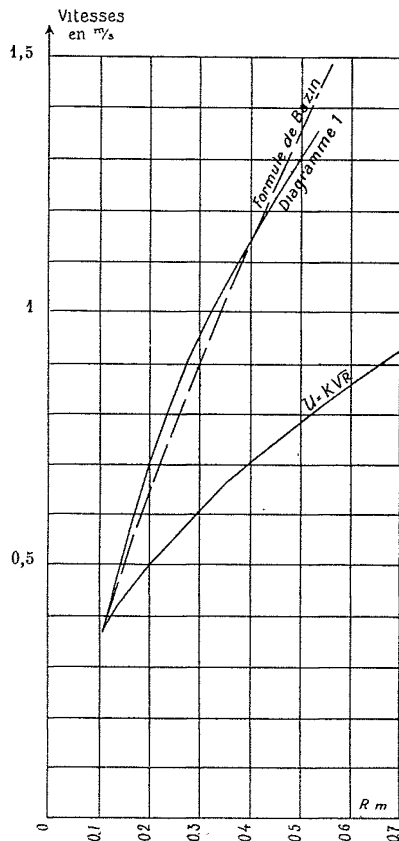


Fig. 2.

Lorsque la solution est introduite au milieu de la profondeur, la coloration gagne le fond. De telle sorte que, la projection horizontale de la vitesse d'une particule étant U la somme des projections sur les deux autres axes de coordonnées des équations générales de l'hydrodynamique paraît, d'après les expériences, être égale à $4V_1$.

La mesure de V_1 , bien que présentant des difficultés, est susceptible d'une certaine approximation. C'est ainsi que, dans un canal à radier pierreux situé à Niort, Aude, de pente 0,0045 et donnant $\gamma = 1,40$, nous avons trouvé :

$$V_1 = 0,15 \text{ m/s}$$

La vitesse V_1 est naturellement nulle pour un tirant d'eau sensiblement nul. Cependant, elle augmente très rapidement et reste presque constante ensuite. Les valeurs de V_1 dans ce canal à radier pierreux sont données par le tableau suivant :

h (tirant d'eau)	V_1
0,11 m	0,14 m/s
0,18	0,14
0,26	0,15
0,38	0,15
0,45	0,13

La largeur du canal (1 m. 20) n'a pas permis d'expérimenter sur un tirant plus grand. La solution de fluoresceïne était intro-

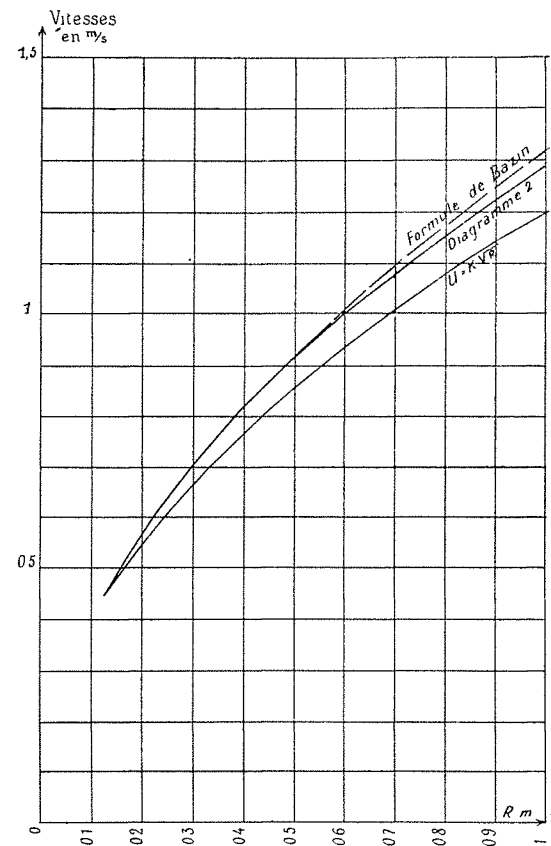


Fig. 3.

duite dans l'axe et V_1 calculée à l'aide de la vitesse moyenne mesurée sur une verticale passant par l'axe.

Dans un canal à radier en ciment lissé de 1 m. 70 de largeur au fond et de $I = 0,00026$, nous avons obtenu les résultats donnés par le tableau suivant :

h (tirant d'eau)	V_1
0,05 m	0,04 m/s
0,14	0,045
0,29	0,026
0,50	0,037

Les composantes transversales ont pour cause principale les différences de vitesses des filets. Or, pour une pente donnée, ces

différences restent sensiblement constantes quand R augmente. Les résultats donnés par les tableaux précédents ne doivent donc pas surprendre.

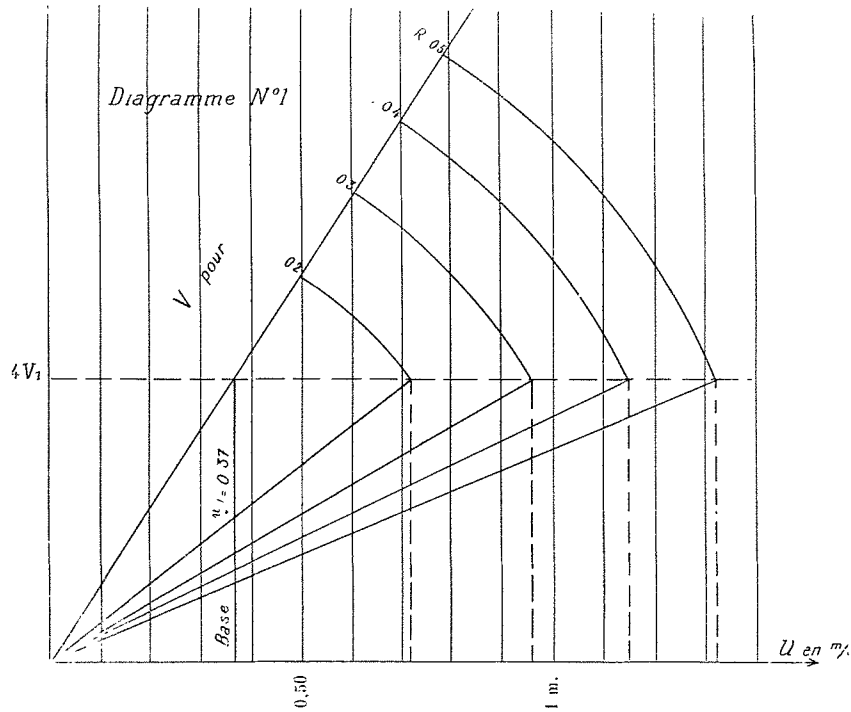
La trajectoire décrite par une particule représente la résultante de toutes les composantes. Pour composer les vitesses transversales et la vitesse horizontale, nous avons $4 V_1$ et U,

En appelant V la résultante des composantes, les valeurs de U ont été déterminées en écrivant :

$$V = K \sqrt{R}$$

D'où :

Dans un canal de largeur indéfinie, de pente et de rugosité



ce qui donne pour le canal à radier pierreux le diagramme 1 en faisant $V_1 = 0 \text{ m/s } 14$, et en partant de $R = 0 \text{ m. } 11$.

Le canal en ciment lissé donne le diagramme 2, en faisant $V_1 = 0 \text{ m/s } 045$, et en partant de $R = 0 \text{ m. } 14$. Pour $R = 0 \text{ m. } 05$, la vitesse n'a pu, contrairement aux autres rayons moyens, être mesurée au moulinet.

Les valeurs de U données par les diagrammes sont comparées, dans les figures 2 et 3 aux valeurs données par la formule de Bazin.

données, la résultante V des composantes des vitesses est donnée par la relation :

$$V = K \sqrt{R}$$

En outre, les composantes transversales, et par conséquent V_1 dépendent de la pente. Dans des canaux de sections usuelles, la relation

$$V_1 = K \sqrt{I}$$

n'est pas éloignée de la réalité.

Cela fera l'objet d'une autre étude.

Diagramme N°2

