

LE COIN DU LABORATOIRE

Reproduction automatique des niveaux en fonction des débits à l'extrémité aval des modèles réduits

English text, p. 420.

Parmi les conditions de similitude qu'il faut respecter aux limites aval des modèles réduits sur canaux ou rivières, une des plus importantes est la reproduction des hauteurs de l'écoulement en fonction du débit. Cette fonction $Q=f(h)$ pour les écoulements en régime fluvial dépend essentiellement des caractéristiques de la rivière située en aval du point considéré, c'est-à-dire d'une partie de la rivière qui n'est pas reproduite sur le modèle. Il faut donc, sur le modèle, assurer artificiellement le rôle joué par la rivière non représentée.

Très couramment, on dispose à l'aval du modèle, de vannes, volets ou hausses mobiles que l'on manœuvre à la main de manière à obtenir le niveau correspondant à chaque débit. Ce réglage est assez long et cela d'autant plus que le « temps de réponse du modèle » est plus long. De plus, pendant ce réglage, l'écoulement passe par des phases différentes de la réalité, ce qui peut amener des perturbations dans les essais sur modèle à fond mobile. On facilite ce réglage en repérant la position de la vanne en fonction du débit.

Mais le dispositif qui paraît être le plus pratique consiste à avoir un volet fixe dont les formes sont telles que sa propre loi débit-hauteur coïncide, dans la similitude, avec la loi réelle à reproduire. Dans ces conditions, le réglage s'opère automatiquement sans intervention d'opérateurs.

D'une manière générale, les lois $Q=f(h)$ des rivières et canaux sont des fonctions croissantes avec h . Pour reproduire ces variations avec un volet fixe, on dispose des paramètres suivants :

- Fonctionnement en déversoir, en orifice noyé ou mixte, ce qui permet de faire varier le degré de la fonction $Q=f(h)$ entre 0,5 et 1,5.
- Dimensions, formes, et variation avec h de la section débitante du volet, ce qui permet d'agir sur les coefficients et le degré de la fonction dans de très larges limites.
- Profil des lèvres des orifices ou de la crête déversante, ce qui permet d'agir sur les coefficients de la fonction.

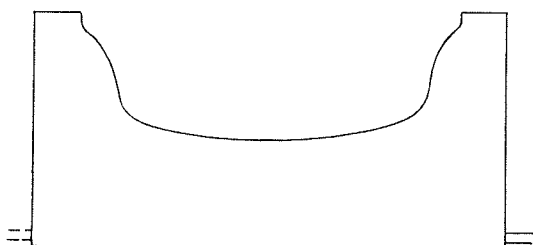
Les deux premiers paramètres seront, en général, suffisants pour établir le volet, ce qui simplifie sa réalisation, car on peut alors utiliser un volet à bord homogène, une tôle mince par exemple.

Comme le montre la figure 1, le découpage du volet sera en général :

- évasé vers le haut pour les rivières à écoulement voisin du régime torrentiel,
- refermé vers le haut pour des rivières moins rapides,
- et formé par une série d'orifices pour des rivières en régime très fluvial.

Un moyen expérimental très pratique et très rapide pour déterminer la forme à donner au volet est le suivant :

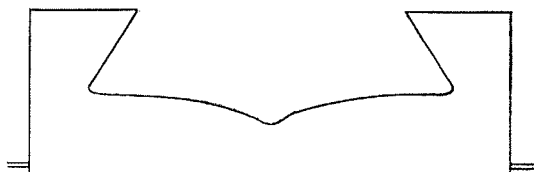
- a) Sur la courbe débit-hauteur de la rivière, on détermine n débits correspondant aux hauteurs $h_0 + n\Delta h$, h_0 étant la cote du fond de la rivière;
- b) On construit des lattes d'épaisseur $\Delta h / \sin \alpha$, α étant l'angle du volet avec l'horizontale; — et sur le modèle on place un bord arasé horizontalement à la cote h_0 .



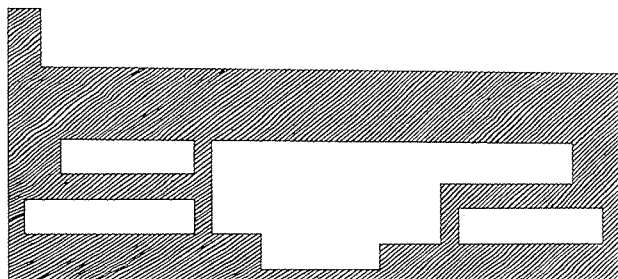
Le Drac à St-Pierre — rivière très rapide.



Le Rhône en aval du barrage de Génissiat — rivière rapide.



Le Lot à Fumel — rivière moins rapide



L'Isère à l'aval du barrage de La Vanelle — rivière assez fluviale.

FIG. 1. — EXEMPLES TYPQUES DE VOIETS AUTOMATIQUES.

Ces volets sont normalement inclinés à 45° sur l'horizontale.

- c) On fixe une première latte (voir fig. 2) sur la crête du volet. Cette latte est vissée ou clouée suivant le procédé de construction adopté et on introduit sur le modèle le débit Q_1 correspondant à la hauteur $h_0 + \Delta h$.

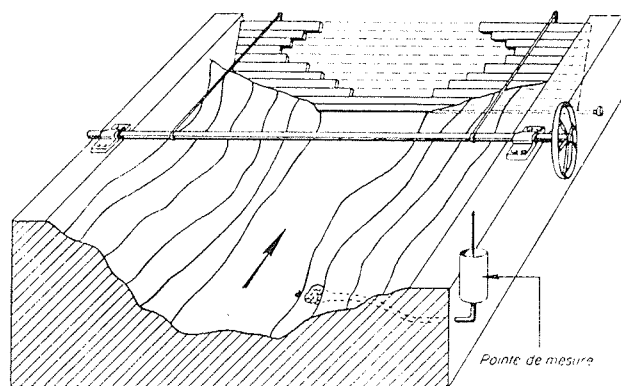


FIG. 2. — VOIET AUTOMATIQUE, construit avec des lattes découpées.

- d) Pour obtenir à la pointe de mesure le niveau $h_0 + \Delta h$, on doit enlever une partie de la première latte, ce que l'on fait au moyen d'une scie et par approximations successives. Le résultat étant obtenu :
- e) On pose une deuxième latte, on introduit le débit Q_2 correspondant à la hauteur $h_0 + 2\Delta h$ et on découpe la deuxième latte *seulement*, de manière à obtenir le plan d'eau correspondant. On continue l'opération avec les autres lattes.

En agissant toujours sur la dernière latte qui vient d'être posée, on ne change pas les résultats des opérations antérieures, d'où il résulte que, la dernière latte étant posée, l'opération est terminée.

Pour faciliter l'opération et obtenir une forme très convenable du volet, il est utile :

- De faire au préalable une étude théorique sommaire de la forme du volet, afin de voir si le volet doit être en déversoir évasé, refermé ou en orifice, et, par suite, d'orienter le découpage expérimental;
- D'examiner si possible la répartition réelle des vitesses dans la partie de la rivière qui correspond au volet du modèle de manière à essayer de reproduire cette répartition par la position transversale des zones découpées. C'est ainsi que pour une rivière rectiligne, le découpage sera symétrique par rapport à l'axe de la rivière,

tandis qu'il pourra être dissymétrique pour des rivières courbes ou présentant un tracé particulier donnant des dissymétries dans l'écoulement.

Ces deux premiers examens permettront de définir la plus grande largeur à donner au volet.

- Au cours de l'opération de l'établissement du volet sur le modèle, au lieu d'opérer avec les débits exacts $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$, ce qui nécessite un temps de réglage assez long, on introduit au jugé des débits légèrement inférieurs, non choisis à l'avance, mais mesurés exactement après stabilisation. On découpe ensuite les lattes de manière à obtenir les hauteurs correspondant exactement à ces débits, hauteurs qui sont légèrement inférieures aux hauteurs $h_0 + \Delta h \dots h_0 + n\Delta h$.

Cette dernière opération est elle-même accélérée par ce moyen, car il élimine une certaine discontinuité dans l'écoulement lors de la cessation du déversement général sur la latte. Dans certains cas, on aura intérêt à choisir des débits voisins

de la valeur $\frac{Q_n + Q_{n+1}}{2}$, principalement

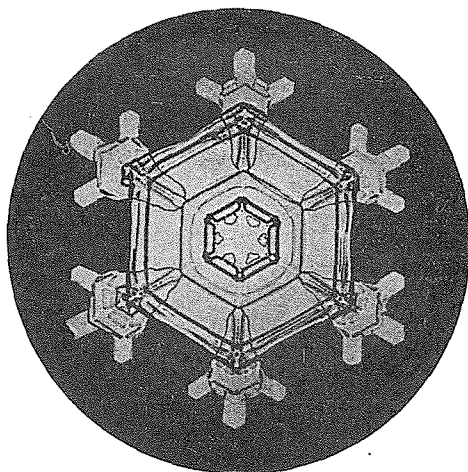
lorsqu'il y aura des effets de vitesses faisant déverser l'eau par-dessus les lattes en dehors de la zone de découpage.

- Indiquons qu'il n'est pas nécessaire de choisir des Δh égaux. L'étude théorique indique s'il y a des zones où la largeur du volet doit rester constante, ce qui permet, sans introduire d'erreurs notables, d'augmenter la valeur des Δh et ainsi de diminuer le nombre des opérations. Toutefois, pour la construction des lattes, il est préférable qu'elles soient d'égales épaisseurs; on utilise alors des Δh représentant 1, 2 ou 3 épaisseurs de lattes.
- Le volet ainsi obtenu sera conservé, si son mode de construction lui assure une résistance suffisante à l'usage, ou sera reconstruit d'un seul élément d'après le tracé obtenu avec le volet d'essai.

L'emploi des lattes de bois pour le volet d'essai est très pratique (clouage et sciage), mais il convient de choisir du bois peu sensible à l'eau, tout au moins durant la durée des opérations, et de prendre certaines précautions lors de la reproduction éventuelle en métal du volet, afin d'éviter des retouches importantes; il est souvent intéressant de monter le volet sur un dispositif mobile.

Selon le dispositif, on pourra soit décaler en altitude la loi débit-hauteur, soit modifier cette loi dans le sens d'une augmentation ou d'une diminution générales des débits; ceci permet d'étendre le choix des recherches au cours des essais proprement dits lorsque, par exemple, la loi débit-hauteur donnée par la nature est douteuse.

LABORATOIRE DAUPHINOIS D'HYDRAULIQUE.
(Neyrpic, Grenoble.)



LABORATORY PRACTICE

Automatic stage - discharge regulation at the downstream end of hydraulic models

Texte français, p. 417.

See French text p. 418 for illustrations

At the downstream end of hydraulic models of canals and rivers, it is most important to be able to reproduce the stage-discharge relation correctly. This relation, $Q = f(h)$, depends essentially on the features of the stream below the point being considered, when the flow is "streaming" or sub-critical; in other words, it depends on a stretch of the river which is not represented in the model. It is therefore necessary to reproduce the effect of this part of the river by other means.

Commonly, a moveable weir is placed at the downstream end of the model and this is regulated by hand so as to give the correct downstream level for each discharge. This method of regulation is however tedious, and is all the more so should the "time of response" of the model be long. Moreover, while the downstream level is being adjusted, the flow differs from that occurring in the actual stream and this may cause trouble in moveable bed models.

It is true that this operation of adjustment can be facilitated by calibrating the position of the moveable weir as a function of stream flow. However, the best arrangement seems to be the following:

A fixed weir designed to give the exact stage-discharge required is placed at the downstream end of the model. This ensures automatic regulation of the model without any manual adjustment.

In all but most exceptional circumstances, Q is an increasing function of h . In order to reproduce the variation of Q with h , the following methods are available :

(i) Use of a weir, a drowned orifice or of a partially drowned outflow. This enables the power of the function $Q = f(h)$ to be varied from 0.5 to 1.5.

(ii) Changes in the size, shape and the available area of flow of the outlet weir for varying h ; the

coefficients and the power of the $Q-h$ function may thus be varied over a very wide range.

(iii) Choice of different flared outlets (in the case of orifices) and of different crest shapes (in the case of overflow weirs); this enables the constants in the $Q-h$ formula to be varied.

Methods (i) and (ii) are generally adequate, and this simplifies the construction of the outlet structure (e.g., thin walled weirs of orifice plates may then be adopted). As is shown in fig. 1, this structure will generally consist of an overflow weir widened out at the top in the case of rapidly flowing streams; the weir will be narrowed at the top in the case of less rapid rivers, and, for very sluggish streams, will generally consist of a number of orifices.

A practical means for quickly designing the outlet is as follows :

(a) n values of the stream flow corresponding to stages $(h_0 + n\Delta h)$ are found from the stage-discharge curve for the river; h_0 is here the level of the river bed.

(b) A number of wooden slats of thickness $\frac{\Delta h}{\sin \alpha}$ are then cut out (α denotes the angle made by the weir with the horizontal). Also, a plank is laid horizontally across the model at the level h_0 .

(c) A slat is then placed on the plank, and is screwed down or nailed in place (see fig. 2). The discharge Q_1 corresponding to the stage $(h_0 + \Delta h)$ is then passed through the model.

(d) To regulate the water-level at the measuring gauge to the proper stage $(h_0 + \Delta h)$, a part of this slat must be cut away. This is done by sawing away the slat a little at a time.

(e) When the first slat has been correctly shaped,

a second is laid in position. The flow Q_2 corresponding to the stage $(h_0 + 2\Delta h)$ is then introduced into the model. The second slat is sawn away, as before, so as to obtain the correct water-level; the first must on no account be touched during this operation.

If each time that the water-level is regulated only the uppermost slat is cut away, the results of preceding adjustments are not changed; continuing in this way, we see that when the last slat has been properly shaped, the model stage-discharge is completely reproduced.

To make it easier to build the weir and to ensure that the best shape is finally obtained, it is advisable :

(i) To make a rough design of the weir on paper, in order to see whether the wide, narrow, or orifice type of outlet is required.

(ii) To study the distribution of velocities in the actual river at the point corresponding to the location of the weir so as to reproduce this distribution by correct arrangement of the slats. Thus, in a straight part of the stream, the sections of slat cut away should be symmetrical about the centre-line of the weir; the parts cut out may however be dissymmetrically arranged should the river be curved or have local irregularities causing a non-uniform velocity distribution.

The foregoing considerations will suffice for determining the greatest width of the weir.

In conclusion, several practical hints may prove useful :

(a) During the construction of the weir, it may be best to work with successive values of the discharge Q slightly lower than the theoretical values $Q_1, Q_2 \dots Q_n$. The actual discharges used are measured after stabilisation of the water-level, and the slats are cut away so as to obtain the exact water-levels corresponding to the measured flows;

the water-levels in question will of course be slightly lower than $(h_0 + \Delta h), \dots (h_0 + n\Delta h)$.

As it happens, the building of the weir is facilitated by this procedure; it eliminates a certain discontinuity in the flow when the water ceases to overflow the uppermost slat. In certain cases, it may even be best to work with a discharge of the order of $\frac{Q_{m-1} + Q_m}{2}$ in fixing the length of the m th. slat;

this is so when velocity effects cause premature over-flowing at certain points along the slat.

(b) It is not necessary to make all slats of the same effective height h . The preliminary design may indicate the existence of ranges throughout which the width of the weir remains constant; Δh can then be increased without introducing any appreciable error, and this reduces the amount of work required in constructing the weir. However, it is convenient to work with slats of the one thickness; Δh may be chosen equal to 1, 2 or 3 thicknesses of slat.

(c) The weir as finally built may be left in place if of sufficiently robust construction, or may alternatively be replaced by a single plate weir cut out to the same shape.

Wood is the most convenient material for building the preliminary weir, as it may be nailed and sawn; a type of wood must, however, be chosen which does not warp when in contact with water, at any rate during the building of the weir.

Finally, it is sometimes worthwhile placing the whole weir on an adjustable frame. In this way, the stage-discharge rating curve may be varied if desired, either in altitude or by a general increase (or reduction) of stream discharges; this is handy during tests, should, for example, the stage-discharge relation given by field tests be of doubtful accuracy. In this way, a wider range of possible tests can be made.

LABORATOIRE DAUPHINOIS D'HYDRAULIQUE.
(Neyric, Grenoble.)

