

---

Norme internationale



8333

---

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION • МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ • ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

---

**Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts  
au moyen de déversoirs et de canaux jaugeurs —  
Déversoirs à seuil épais en V**

*Liquid flow measurement in open channels by weirs and flumes — V-shaped broad-crested weirs*

Première édition — 1985-12-01

**ITeH STANDARD PREVIEW**  
(standards.iteh.ai)

[ISO 8333:1985](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4a016087-fce1-47f6-94c6-71f954be7840/iso-8333-1985>

---

CDU 532.532.3

Réf. n° : ISO 8333-1985 (F)

Descripteurs : écoulement de liquide, écoulement d'eau, écoulement en canal découvert, déversoir, mesurage de débit, calcul d'erreur.

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO, participent également aux travaux.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO. Les Normes internationales sont approuvées conformément aux procédures de l'ISO qui requièrent l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 8333 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 113, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts*.

L'attention des utilisateurs est attirée sur le fait que toutes les Normes internationales sont de temps en temps soumises à révision et que toute référence faite à une autre Norme internationale dans le présent document implique qu'il s'agit, sauf indication contraire, de la dernière édition.

# Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts au moyen de déversoirs et de canaux jaugeurs — Déversoirs à seuil épais en V

## 1 Objet et domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie une méthode permettant de mesurer le débit, en régime fluvial, dans les petits cours d'eau et les canaux artificiels, à l'aide de déversoirs à seuil épais à profil transversal en V.

Les avantages de ce type de déversoir sont décrits au chapitre 8.

NOTE — Une comparaison entre différents types de déversoirs et canaux jaugeurs fera l'objet d'une Norme internationale ultérieure.

## 2 Références

ISO 772, *Mesurage du débit des liquides dans les canaux découverts — Vocabulaire et symboles.*

ISO 4373, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Appareils de mesure du niveau de l'eau.*

ISO 4374, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Déversoirs horizontaux à seuil arrondi.*

ISO 5168, *Mesure de débit des fluides — Calcul de l'erreur limite sur une mesure de débit.*

## 3 Définitions

Dans le cadre de la présente Norme internationale, les définitions données dans ISO 772 sont applicables.

## 4 Unités de mesure

Les unités de mesure utilisées dans la présente Norme internationale sont les unités SI.

## 5 Installation

### 5.1 Choix de l'emplacement

Un levé topographique préliminaire doit être effectué pour déterminer les caractéristiques physiques et hydrauliques de l'emplacement proposé, et pour vérifier s'il est conforme (ou si on peut le rendre conforme) aux conditions nécessaires au mesurage au moyen du déversoir.

Lorsqu'on choisit l'emplacement du déversoir, il convient de porter tout particulièrement attention aux conditions suivantes :

- a) existence d'un bief suffisamment long et de section régulière;
- b) répartition existante des vitesses;
- c) pente du canal, qui ne doit pas être supérieure à 1 sur 250;
- d) conséquences de toute augmentation du niveau de l'eau en amont, due à l'implantation du dispositif de mesurage;
- e) conséquences sur les conditions d'écoulement en aval, en tenant compte d'effets tels que ceux des marées, des confluent avec d'autres cours d'eau, des écluses, des barrages de moulins et de toute autre section de contrôle, conditions qui seraient susceptibles de provoquer un écoulement noyé;
- f) imperméabilité du sol sur lequel doit être fondé le dispositif et nécessité éventuelle de recourir à un compactage, à des jointements ou à tout autre procédé pour étancher les installations en rivière;

- g) nécessité que les rives d'inondation tiennent le débit maximal confiné dans le chenal;
- h) stabilité des rives et nécessité éventuelle, dans les canaux naturels, d'exécuter un talutage et/ou un revêtement;
- j) suppression des roches ou des gros galets se trouvant dans le lit du canal d'approche;
- k) effets du vent (le vent peut avoir un effet considérable sur l'écoulement dans un cours d'eau ou au-dessus d'un déversoir, en particulier si le cours d'eau ou le déversoir sont larges et si la hauteur de lame est faible ou encore si le vent dominant est transversal).

Si l'emplacement ne remplit pas les conditions requises pour effectuer des mesurages satisfaisants, il faut l'abandonner à moins qu'il ne soit possible d'y apporter les améliorations nécessaires.

Si l'exploration préliminaire d'un cours d'eau montre que la répartition existante des vitesses est régulière, on peut supposer qu'elle restera satisfaisante après la construction du déversoir.

Si la répartition existante des vitesses est irrégulière, et si aucun autre emplacement de jaugeage ne peut être utilisé, il convient de prendre les dispositions nécessaires pour contrôler la répartition des vitesses après l'implantation du déversoir, et pour l'améliorer, si nécessaire.

L'on dispose de plusieurs méthodes pour déterminer de façon plus précise si la répartition des vitesses est irrégulière; on peut utiliser dans les petits chenaux des bâtons de vitesse, des flotteurs ou des colorants, cette dernière méthode permettant de contrôler les conditions d'écoulement sur le fond du chenal. On peut effectuer une évaluation complète et quantitative de la répartition des vitesses à l'aide d'un moulinet.

## 5.2 Conditions d'installation

### 5.2.1 Généralités

L'installation complète de mesurage comprend un canal d'approche, un dispositif de mesurage et un canal de fuite. Les caractéristiques de chacun de ces trois composants affectent la précision globale des mesurages.

Parmi les spécifications relatives à l'installation, il faut citer l'état de surface du déversoir, la forme de la section transversale du canal, la rugosité du canal et l'influence des équipements de contrôle en amont et en aval du dispositif de jaugeage.

La répartition et la direction des vitesses ont une influence importante sur le fonctionnement d'un déversoir, ces facteurs étant déterminés par les caractéristiques mentionnées ci-dessus.

Dès la fin de la conception de l'installation, l'utilisateur doit éviter toutes modifications susceptibles d'avoir une influence sur les caractéristiques de l'écoulement.

### 5.2.2 Canal d'approche

Dans toutes les installations, l'écoulement dans le canal d'approche doit être régulier, exempt de perturbations et doit présenter autant que possible une répartition des vitesses normale sur toute la section transversale. Ceci peut être généralement vérifié par une observation ou un mesurage. Dans le cas des cours d'eau ou rivières naturels, la seule méthode pour y parvenir consiste à avoir un canal d'approche rectiligne et long, exempt d'éléments en saillie dans l'écoulement. Sauf disposition contraire, spécifiée dans les chapitres appropriés, le canal d'approche doit satisfaire aux conditions générales suivantes.

La construction du déversoir peut entraîner la formation de dépôts à l'amont du seuil, ce qui peut avoir pour effet de modifier le régime d'écoulement. Il convient de prendre en considération, lors de la conception des stations de jaugeage, les éventuelles modifications du niveau d'eau dues à ce phénomène.

Dans un canal artificiel, la section doit être constante et le canal doit être rectiligne sur une longueur égale à au moins 10 fois sa largeur.

Dans un cours d'eau ou une rivière naturels, la section transversale doit être raisonnablement constante, et le canal doit être rectiligne sur une longueur suffisante pour assurer une répartition régulière des vitesses.

Si l'entrée dans le canal d'approche se trouve dans un coude, ou si le canal est alimenté par une conduite de section plus petite, ou en angle, on peut alors avoir besoin d'une longueur droite plus grande du canal d'approche pour obtenir une répartition régulière des vitesses.

Aucun tranquilliseur ne doit être installé par rapport aux points de mesurage, à une distance plus faible que 10 fois la charge maximale à mesurer.

Dans certaines conditions, il peut se produire un ressaut en amont du dispositif de jaugeage, par exemple si le canal d'approche présente une pente importante. Si ce ressaut est à une distance en amont au moins égale à 30 fois la hauteur de la charge maximale, on peut effectuer le mesurage du débit sous réserve qu'il existe une répartition régulière des vitesses au niveau de la station de jaugeage.

S'il se produit un ressaut à une distance inférieure à la distance mentionnée ci-dessus, il faudra modifier les conditions d'approche et/ou le dispositif de jaugeage.

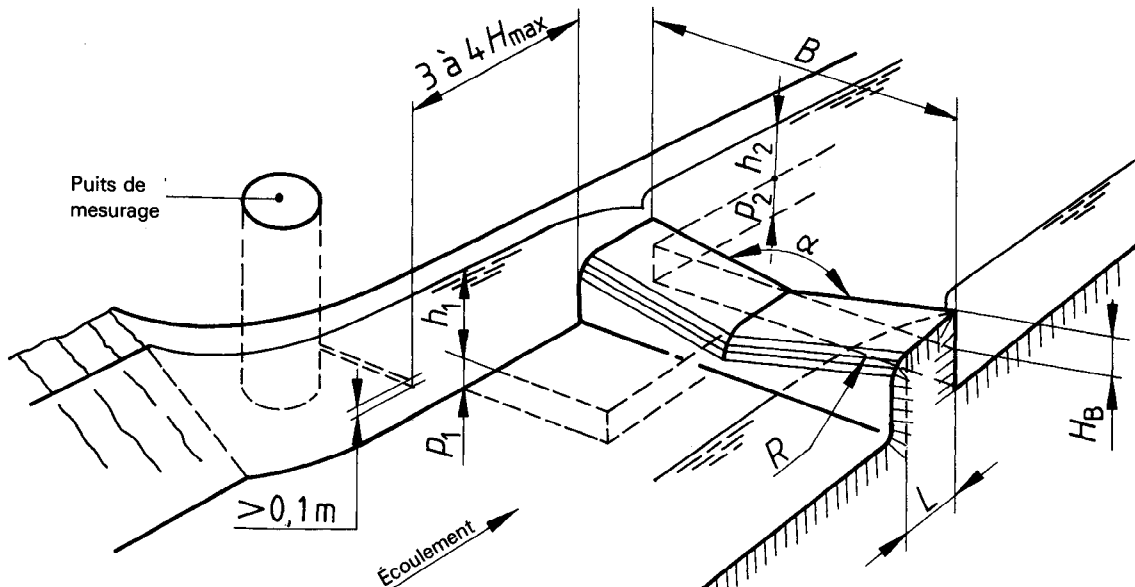
### 5.2.3 Dispositif de mesurage

Le dispositif doit être rigide et étanche à l'eau; il doit pouvoir résister aux efforts dus à l'écoulement, sans déformation ni rupture. Il doit former un angle droit par rapport à la direction de l'écoulement et doit avoir les dimensions spécifiées dans les chapitres appropriés (voir également figure 1).

Le déversoir à seuil épais en V peut être construit avec une crête fixe ou une crête mobile avec des rainures verticales (voir figure 2).

### 5.2.4 Dispositif de mesurage mobile

Le déversoir à seuil épais en V avec crête mobile peut être construit avec une rainure verticale, dans laquelle on peut monter ou



iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

Figure 1 – Déversoir à seuil épais en V

ISO 8333:1985

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4a016087-fce1-47f6-94c6-71f954bc7840/iso-8333-1985>

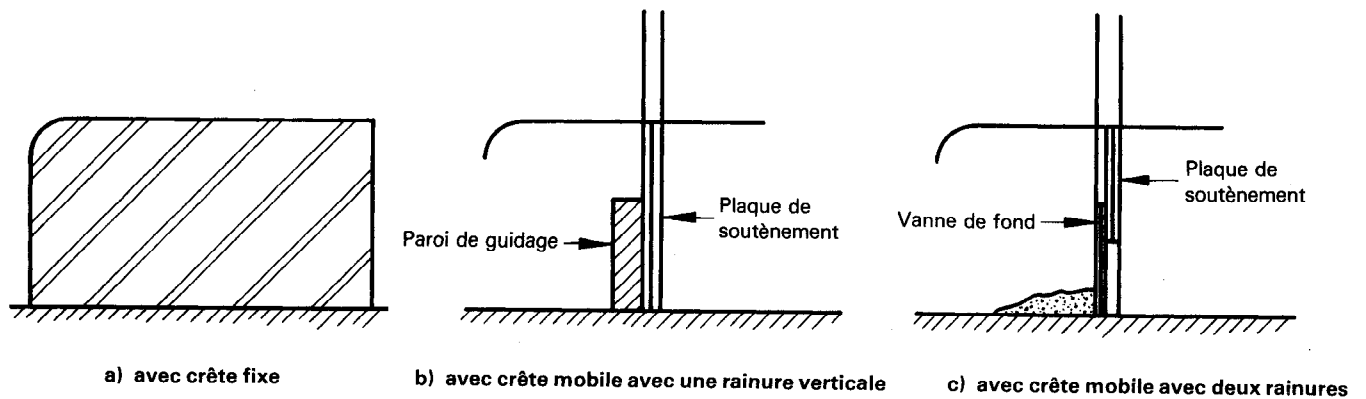


Figure 2 – Section longitudinale des trois types de construction

descendre la plaque de soutènement de la crête du déversoir, selon la hauteur de crête souhaitée. Une paroi verticale de guidage, qui s'appuie sur le fond du chenal et est parallèle à la plaque de soutènement, joue le rôle d'un écran étanche à l'eau pour le déversoir mobile.

Si l'on pense qu'il est nécessaire d'avoir un dispositif pour la chasse fréquente des sédiments, on pourra construire le déversoir avec deux rainures. Le déversoir mobile pourra se déplacer dans la rainure aval, une vanne de fond étant placée dans la rainure amont. Pendant le mesurage du débit, la vanne de fond est fermée. Pour chasser les sédiments qui se sont accumulés en amont du déversoir, on peut ouvrir la vanne en la reliant au déversoir mobile et en soulevant simultanément le déversoir et la vanne.

### 5.2.5 Canal de fuite

Le canal de fuite ne présente habituellement pas d'importance en tant que tel, du moment que le déversoir a été conçu de façon que l'écoulement soit modulaire dans les conditions de fonctionnement.

Les altérations des conditions d'écoulement provoquées par la construction du déversoir peuvent avoir pour conséquence la formation de hauts-fonds dus à des débris immédiatement en aval du dispositif, ce qui, ultérieurement, pourrait élever le niveau de l'eau suffisamment pour noyer le déversoir. Il faut donc éliminer toute accumulation de débris en aval de l'ouvrage.

## 6 Conditions générales d'entretien

Pour permettre d'effectuer les mesurages d'une manière continue et précise, il est important d'entretenir le dispositif de mesurage et le canal d'approche.

Il est essentiel que le canal d'approche en amont des déversoirs soit dans toute la mesure du possible, maintenu propre et exempt de boue et de végétation sur une distance au moins égale à celle spécifiée en 5.2.2. Le puits à flotteur et son raccordement avec le canal d'approche doivent, eux aussi, être maintenus propres et exempts de dépôts.

Le déversoir doit être maintenu propre et exempt de formation de concrétion; il faut faire attention, lors des opérations de nettoyage, à éviter de détériorer la crête du déversoir.

## 7 Mesure de la hauteur de lame

### 7.1 Généralités

Il est possible de mesurer la hauteur de lame en amont du dispositif de mesurage par une pointe limnimétrique recourbée, une pointe limnimétrique droite ou une échelle limnimétrique, chaque fois que l'on a besoin de mesurages ponctuels, ou bien à l'aide d'un limnigraphe à flotteur quand on a besoin d'un enregistrement continu; dans de nombreux cas, il est préférable de mesurer les hauteurs de lame dans un puits de mesurage séparé, afin de réduire l'effet des irrégularités de surface.

On peut utiliser d'autres méthodes de mesurages de la hauteur de lame (par exemple des dispositifs bulle à bulle), du moment que ces méthodes donnent une précision suffisante.

Les débits donnés par la formule de calcul sont des valeurs en volume, et la masse volumique du liquide n'affecte en rien le débit-volume pour une hauteur de lame donnée, du moment que la hauteur de lame est étalonnée en un liquide ayant une masse volumique identique.

Si le jaugeage est effectué dans un puits séparé, il peut s'avérer nécessaire d'apporter une correction pour tenir compte de la différence de masse volumique si la température du liquide dans le puits est très différente de celle du liquide en écoulement. Cependant, on supposera ici que les masses volumiques sont égales.

Il faut cependant s'assurer que le limnimètre n'est pas situé dans une poche ou dans un trou d'eau, mais qu'il mesure bien la hauteur piézométrique.

### 7.2 Puits de mesurage ou puits à flotteur

Chaque fois que l'on a un puits de mesurage, ce dernier doit être vertical, et doit s'étendre sur au moins 0,6 m au-dessus du niveau d'eau maximal susceptible d'être enregistré dans le puits.

Le puits de mesurage doit être raccordé au chenal d'approche par un tuyau ou une rainure d'admission, suffisamment large pour permettre à l'eau se trouvant dans le puits de suivre sans retard important l'augmentation et la diminution de la charge. Le niveau du tuyau d'admission doit être au moins de 0,1 m au-dessous du point le plus bas de la crête.

Le tuyau ou la rainure de raccordement doivent cependant être aussi petits que possible tout en restant d'un entretien facile; ou bien, ils doivent être pourvus d'un étranglement pour amortir les oscillations provoquées par les ondes de faible amplitude. C'est ce qui sera par exemple nécessaire si le diagramme d'enregistrement ne peut être lu à  $\pm 6$  mm.

Le puits, de même que le tuyau ou la rainure de raccordement, doivent être étanches à l'eau. S'il est prévu de recevoir le flotteur d'un limnigraphe, il faut que le puits présente un diamètre et une profondeur suffisants pour recevoir le flotteur.

De même, il faut que le puits soit suffisamment profond pour pouvoir recevoir les éventuels sédiments susceptibles d'y pénétrer, sans pour autant que le flotteur touche le fond. Le puits à flotteur peut alors posséder une chambre intermédiaire, entre le puits de mesurage et le canal d'approche, ayant des dimensions analogues à celles du puits de mesurage, pour permettre aux sédiments de s'y déposer.

On trouvera dans l'ISO 4373 des spécifications supplémentaires relatives aux puits de mesurage.

### 7.3 Zéro de l'échelle limnimétrique

La précision des mesures de la hauteur de lame dépend fondamentalement de la détermination du zéro de l'échelle limnimétrique, c'est-à-dire du plan de référence, passant par le point le plus bas de l'échancrure du déversoir en V.

Le zéro de l'échelle doit être déterminé avec le plus grand soin, et il faut le contrôler régulièrement.

### 7.3.1 Détermination du zéro de l'échelle limnimétrique pour les déversoirs à crête fixe

Une méthode acceptable pour la détermination du zéro de l'échelle limnimétrique concernant les déversoirs à seuil épais en V à crête fixe est la suivante (voir aussi figure 3).

L'avantage de cette méthode réside dans le fait qu'elle relie le zéro de l'échelle limnimétrique à la ligne de sommet géométrique, définie par les parois verticales du déversoir.

**7.3.1.1** Régler le niveau dans le canal d'approche, en l'absence d'écoulement, à une cote inférieure à la pointe de l'échancrure.

**7.3.1.2** Monter au-dessus du canal d'approche une pointe limnimétrique droite provisoire, la pointe se trouvant à une faible distance en amont du sommet du déversoir.

**7.3.1.3** Placer un cylindre, de diamètre connu, de telle manière que son axe soit horizontal, l'une de ses extrémités reposant sur l'échancrure du déversoir, l'autre extrémité sur un support provisoire. Contrôler la position horizontale du cylindre à l'aide d'un niveau à bulle. Enregistrer la valeur lue sur la pointe limnimétrique droite provisoire, placée exactement au sommet du cylindre.

**7.3.1.4** Abaisser la pointe limnimétrique droite provisoire jusqu'à la surface de l'eau dans le canal d'approche et enregistrer la valeur lue. Régler alors le limnimètre permanent de façon à lire le niveau dans le puits de mesure, et noter cette valeur.

**7.3.1.5** Calculer la distance ( $Y$ ) entre le sommet du cylindre et le fond de l'échancrure du déversoir à partir de la valeur connue de l'angle de crête ( $\alpha$ ) et du rayon ( $r$ ) du cylindre comme suit :

$$Y = r / \sin(\alpha/2) + r$$

Déduire ensuite cette distance de la valeur lue sur la pointe limnimétrique droite provisoire en 7.3.1.3. Le résultat est la valeur qu'indiquerait la pointe limnimétrique droite provisoire pour l'échancrure du déversoir.

**7.3.1.6** Ajouter la différence entre la valeur calculée en 7.3.1.5 et la lecture à la pointe limnimétrique droite provisoire obtenue en 7.3.1.4 à la valeur lue sur le limnimètre permanent en 7.3.1.4. Le résultat est le zéro de l'échelle limnimétrique pour le limnimètre permanent.

### 7.3.2 Détermination du zéro de l'échelle limnimétrique pour les déversoirs à crête mobile

Dans le cas d'un déversoir mobile, tant le niveau de l'eau en amont que le niveau de la crête varient. On peut lire la cote de la ligne de crête à l'aide d'une échelle fixe. Une méthode caractéristique consiste à installer cette échelle en la fixant à la culée du déversoir, parallèlement aux montants de relevage sur lesquels une marque horizontale indique la hauteur de la crête.

On porte le déversoir à un certain niveau, la valeur lue sur l'échelle fixe, sur la culée du déversoir, est notée et on peut alors effectuer le réglage du zéro comme décrit en 7.3.1.

L'on peut obtenir une lecture directe en installant le puits de mesure au voisinage immédiat des montants de relevage. Le limnimètre est solidaire des montants de relevage de façon à bouger dans le puits de mesure, son zéro coïncidant avec la cote du sommet de l'échancrure. Cette méthode peut aussi être utilisée pour un enregistrement continu.

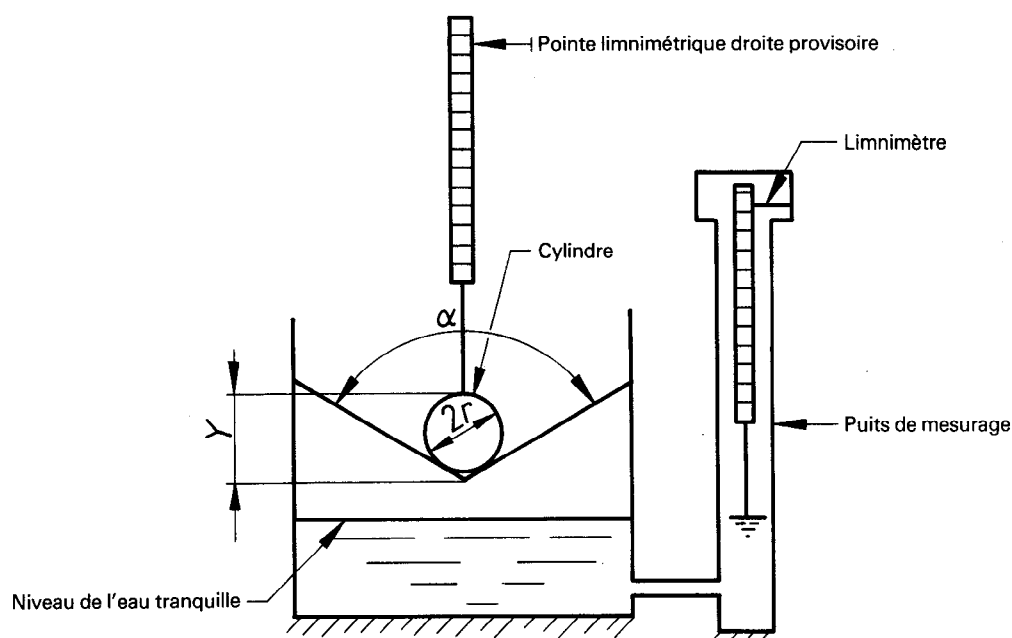


Figure 3 — Détermination du zéro de l'échelle limnimétrique



## 8 Déversoirs à seuil épais en V

**8.1** Le déversoir à seuil épais en V présente une section transversale triangulaire en V, avec une arête inférieure horizontale dans le sens longitudinal (voir figure 4). Le déversoir à seuil épais en V combine les avantages du déversoir triangulaire en mince paroi et du déversoir horizontal à seuil épais. Ses caractéristiques sont les suivantes :

- a) il est tout aussi possible de mesurer des débits importants que des débits faibles, avec une précision relativement élevée;
- b) la relation hauteur-débit dépend du niveau de l'eau en aval quand l'on atteint un rapport de submersion élevé ( $S = 80 \%$ , avec  $S = 100 h_2/h_1$ ). En conséquence, ce type de déversoir convient tout particulièrement aux cours d'eau à faible chute disponible.

**8.2** Les bajoyers inclinés sont arrondis à l'extrémité amont, d'une manière analogue à ce que l'on a dans le déversoir horizontal à seuil épais. Pour les stations extérieures, il est recommandé d'avoir un rayon dans la gamme de  $0,20 H_{\max} < R < 0,40 H_{\max}$ .

La longueur  $L$  du seuil est choisie de façon que l'écoulement soit presque horizontal sur la crête. Elle ne doit pas être inférieure à  $2 H_{\max}$ .

Le choix de l'angle de crête  $\alpha$  dépend

- de la précision requise pour le débit minimal;
- de la hauteur de chute disponible entre le niveau de l'eau amont et le niveau de l'eau aval;
- de la largeur disponible  $B$ .

L'angle de crête est généralement situé dans la gamme de  $90^\circ < \alpha < 150^\circ$ .

Selon l'importance de la hauteur  $h_1$ , il est possible d'avoir deux types d'écoulement au-dessus du déversoir à seuil épais en V. Dans des conditions normales, l'on appellera l'écoulement «incomplet» et  $h_1 < 1,25 H_B$ . Cette condition est dérivée du fait que la profondeur critique dans une section triangulaire est égale à  $0,8 H$ . Dans certaines circonstances exceptionnelles, on parlera d'un écoulement «plus que complet» et  $h_1 > 1,25 H_B$ .

Dans le cas d'un déversoir mobile, le corps du déversoir peut être fait en une plaque en acier ou en aluminium. Si le déversoir possède une crête fixe, il peut être fait en une plaque métallique ou en béton présentant une faible rugosité.

Si le dispositif à utiliser a pour but de réguler et de mesurer l'écoulement, ce qui est fréquemment le cas en irrigation, la construction est exécutée sous la forme d'un dispositif submersible à glissement vertical, pouvant être déplacé à la main ou mécaniquement.

**8.3** Le niveau de l'eau en amont doit être mesuré à une distance de trois à quatre fois  $H_{\max}$  en amont du parement du déversoir, à l'aide d'un puits de mesure.

La hauteur de crête, si la crête est mobile, doit être mesurée simultanément avec le niveau de l'eau en amont (voir 7.3).

La hauteur  $h_1$  doit être déterminée avec une précision absolue en vue de maintenir l'erreur limite globale de l'écoulement mesuré dans les limites nominales. La précision requise de la mesure de la hauteur de lame doit être vérifiée en utilisant les méthodes spécifiées au chapitre 10 sur toute la gamme de l'écoulement nominal. Il est donc absolument indispensable d'effectuer une inspection et un entretien réguliers de la totalité du dispositif.

Il n'est pas nécessaire de prendre des dispositions pour aérer la lame déversante.

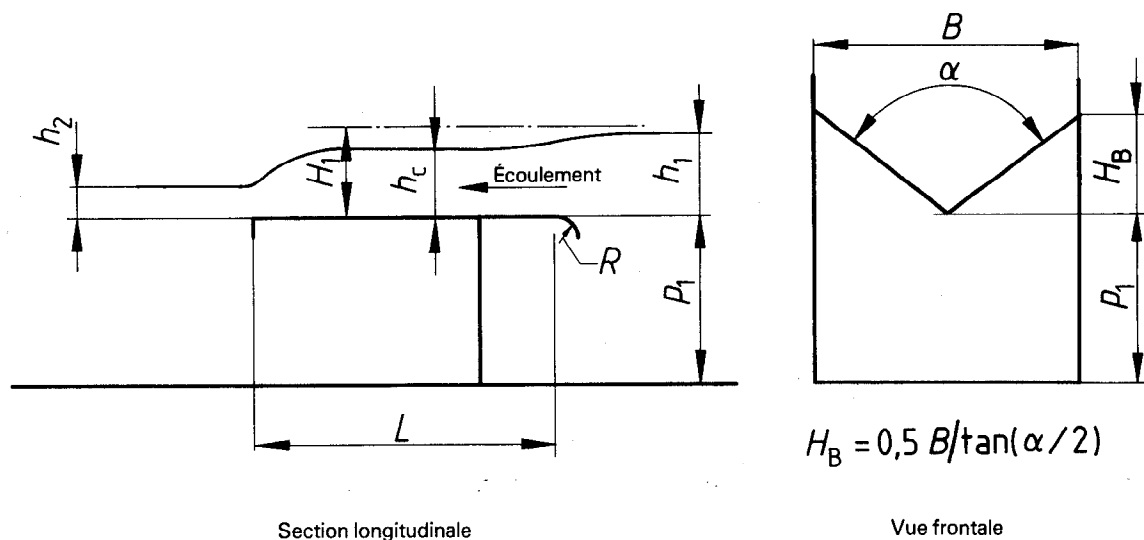


Figure 4 — Dimensions du déversoir et écoulement



## 9 Équations de débit

### 9.1 Équations

L'équation de débit pour un écoulement libre, dans le cas d'un écoulement «incomplet» est la suivante, à condition que  $h_1 < 1,25 H_B$  :

$$Q = \left(\frac{4}{5}\right)^{5/2} \cdot \left(\frac{g}{2}\right)^{1/2} \cdot \tan(\alpha/2) \cdot C_D \cdot C_V \cdot h_1^{5/2}$$

où

$Q$  est le débit;

$g$  est l'accélération due à la pesanteur;

$\alpha$  est l'angle de crête;

$C_D$  est le coefficient de débit;

$C_V$  est le coefficient de vitesse d'approche  $[(H_1/h_1)^{5/2}]$ ;

$h_1$  est la hauteur de lame mesurée en amont;

$H_1$  est la hauteur de lame totale en amont;

$H_B$  est la hauteur du triangle de crête  $[0,5 B / \tan(\alpha/2)]$  (voir figure 4).

L'équation du débit correspondant à un écoulement libre «plus que complet» est donnée dans l'annexe B.

La limite modulaire et le facteur de réduction d'un écoulement noyé «incomplet» sont donnés dans l'annexe C.

Les écoulements noyés «plus que complets» n'ont pas été étudiés.

### 9.2 Coefficient de débit

Lors de la conception, l'on peut utiliser pour  $C_D$  une valeur moyenne de 0,95 pour la gamme de  $0,1 < h_1/L < 0,45$ .

Pour ce qui est du mesurage proprement dit, la figure 5 donne le coefficient de débit en fonction de  $h_1/L$  et de  $\alpha$ . La figure 6 donne un exemple de la configuration de l'écoulement au-dessus de la crête pour un écoulement libre.

### 9.3 Limites d'utilisation

Il faut noter les limites d'utilisation suivantes :

- a)  $h_1$  ne doit pas être inférieur à 0,06 m ou 0,05  $L$ , en tous cas à la plus grande de ces deux valeurs;
- b)  $h_1$  ne doit pas être supérieur aux valeurs de  $h_1/L$  indiquées sur la figure 5 ou  $1,25 H_B$ , en tous cas à la plus petite de ces deux valeurs;
- c) l'angle de crête,  $\alpha$ , ne doit pas être inférieur à  $90^\circ$ ;
- d) la valeur maximale de  $h_1/p_1$  varie de  $h_1/p_1 = 1,5$  pour les angles de crête importants à  $h_1/p_1 = 3$  pour les petits angles de crête;
- e) le rayon,  $R$ , de l'arrondi amont doit être dans la gamme de  $0,1 L < R < 0,2 L$ .

### 9.4 Précision

La précision relative des mesures du débit effectuées avec ces déversoirs dépend de la précision de la mesure de la hauteur de lame, de la mesure des dimensions du déversoir et de la précision des coefficients qui s'appliquent au déversoir utilisé.

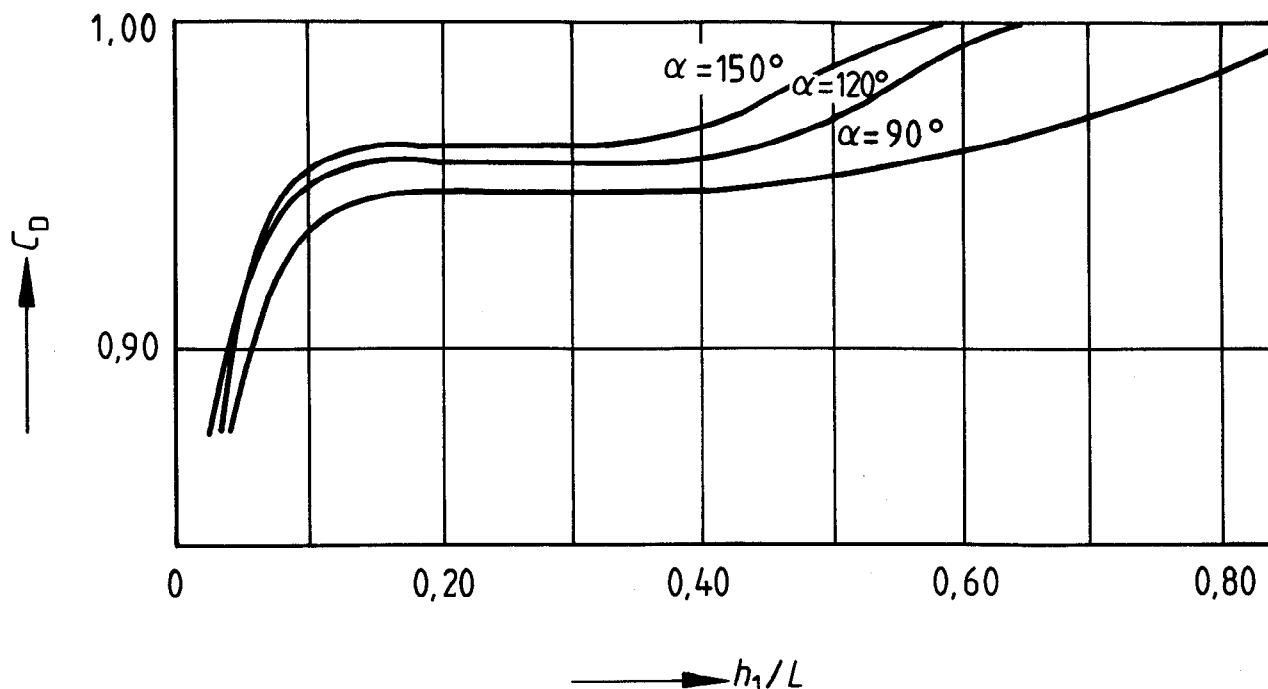


Figure 5 — Coefficient de débit en fonction de  $h_1/L$

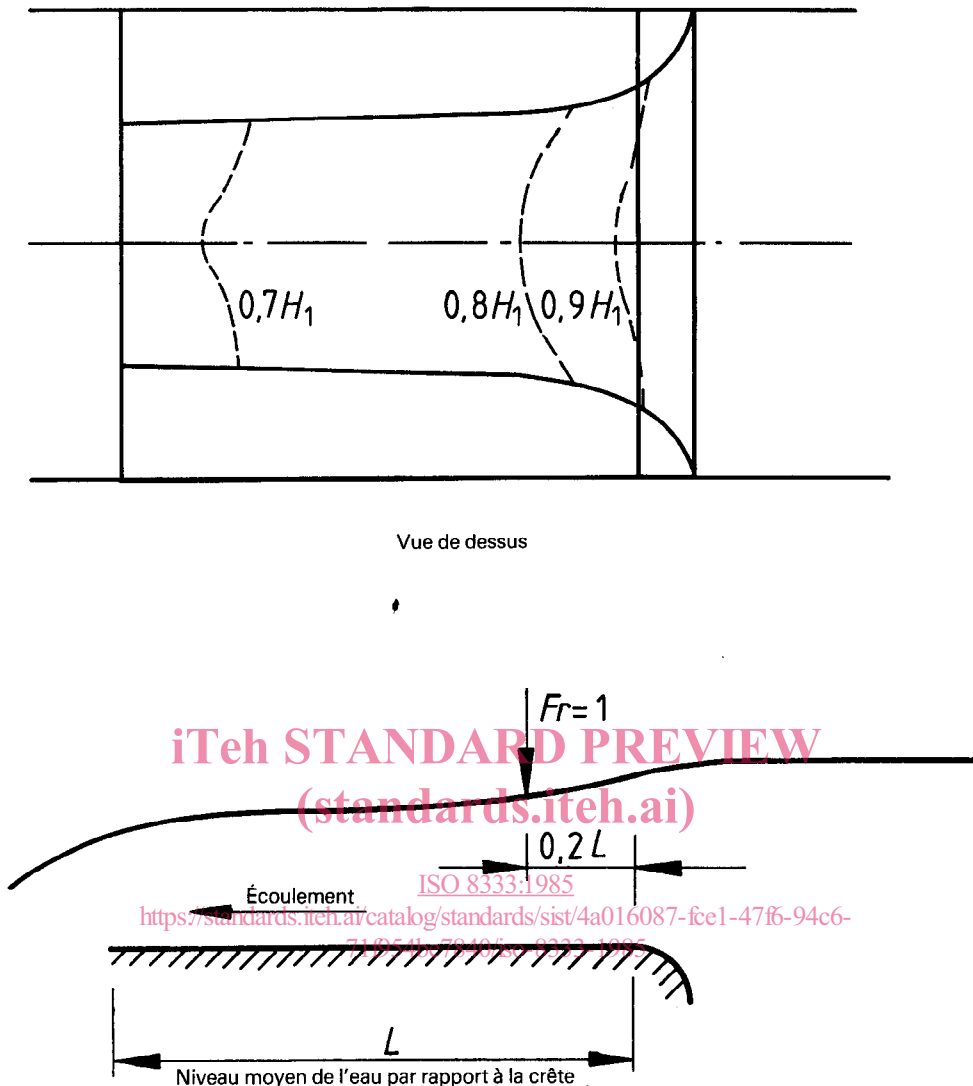


Figure 6 — Configuration de l'écoulement au-dessus de la crête pour écoulement libre avec  $h_1/L = 0,353$

Si l'on prend un soin particulier à la construction et à l'installation d'un déversoir à seuil épais en V, il est possible de déduire l'erreur systématique grevant le coefficient de débit à partir de l'équation

$$X'_c = \pm (2,0 + 0,15 L/h_1) \%$$

L'erreur aléatoire dépend de la qualité des recherches utilisées pour déterminer le coefficient et peut être prise, dans ce cas, égale à  $X'_c = \pm 0,5 \%$ .

La méthode qu'il faut utiliser pour combiner les erreurs sur les coefficients avec les erreurs provenant d'autres sources est décrite au chapitre 10.

En général, des expériences d'étalonnage ont été effectuées sur des maquettes de faibles dimensions, et, lors de la transposi-

tion à des structures plus grandes, il peut y avoir de légères modifications des coefficients de débit, en raison de l'effet d'échelle (voir annexe A).

## 10 Erreurs de la mesure de débit (voir aussi ISO 5168)

### 10.1 Généralités

10.1.1 L'erreur limite totale sur un mesurage quelconque du débit peut être estimée en combinant les erreurs limites provenant des différentes sources. En général, ces contributions à l'erreur limite totale peuvent être évaluées, et elles indiquent si

le débit peut être mesuré avec une précision suffisante pour l'application prévue. Le présent chapitre a pour but de donner suffisamment d'informations à l'utilisateur de la présente Norme internationale pour lui permettre d'estimer l'erreur limite lors d'un mesurage du débit.

**10.1.2** L'erreur peut être définie comme étant la différence entre le débit vrai et celui calculé conformément aux équations utilisées pour étalonner le dispositif de mesurage, lequel est supposé être construit et installé conformément à la présente Norme internationale. Le terme « erreur limite » est utilisé ici pour désigner l'étendue dans laquelle est censée se trouver la valeur vraie du débit mesuré dans dix-neuf cas sur vingt (limites de confiance 95 %).

## 10.2 Sources d'erreur

**10.2.1** L'on peut identifier les sources d'erreur lors du mesurage du débit en étudiant une forme généralisée de l'équation du débit s'appliquant aux déversoirs :

$$Q = \left(\frac{4}{5}\right)^{5/2} \cdot \left(\frac{g}{2}\right)^{1/2} \cdot \tan(\alpha/2) \cdot C_D \cdot C_V \cdot h_1^{5/2}$$

où

$\left(\frac{4}{5}\right)^{5/2}$  est une constante numérique non soumise à erreur;

$g$  est l'accélération due à la pesanteur qui varie selon le lieu considéré, mais la variation est suffisamment faible pour être négligée lors du mesurage du débit. L'on prendra généralement  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

**10.2.2** Les sources d'erreur qu'il convient d'étudier plus en détail sont les suivantes :

- le coefficient de débit  $C_D$ . Une estimation numérique de cette erreur est donnée en 9.4;
- le coefficient de vitesse d'approche  $C_V$ . Il est soumis à des variations dans la section transversale de la section de mesurage de la hauteur de lame. L'on peut négliger l'erreur sur  $C_V$  si le canal d'approche est régulièrement entretenu;
- l'angle de crête  $\alpha$ , considéré comme une mesure dimensionnelle de la structure. L'erreur limite dépend de la précision avec laquelle on peut mesurer le dispositif tel que construit. Dans la pratique, cette erreur limite peut s'avérer insignifiante par rapport aux autres erreurs limites. Il est possible de corriger directement un faible écart par rapport à l'angle de crête voulu;
- la hauteur de lame mesurée  $h_1$ . Elle est insignifiante par rapport aux autres erreurs limites. L'erreur limite sur la hauteur de lame dépend de la précision du dispositif de mesure de la hauteur de lame, de la détermination du zéro de

l'échelle limnimétrique et de la technique utilisée. Cette erreur limite peut être faible si l'on utilise un vernier ou un micromètre, instruments dont la détermination du zéro aurait une précision comparable.

## 10.3 Types d'erreurs

**10.3.1** Les erreurs peuvent être classées en erreurs aléatoires et erreurs systématiques. Les premières affectent la reproductibilité (la fidélité) du mesurage, les dernières affectent sa précision vraie.

**10.3.2** L'écart-type d'un ensemble de  $n$  mesurages d'une grandeur  $Y$  dans des conditions constantes peut être estimé à partir de l'équation

$$s_Y = \left( \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1} \right)^{1/2} \quad \dots (1)$$

où  $\bar{Y}$  est la moyenne arithmétique de  $n$  mesurages.

L'écart-type de la moyenne est donné par la formule :

$$s_{\bar{Y}} = \frac{s_Y}{\sqrt{n}} \quad \dots (2)$$

et l'erreur limite sur la moyenne sera  $2 s_{\bar{Y}}$  (à 95 % de probabilité)<sup>1)</sup>. Cette erreur limite est la contribution des observations de  $Y$  à l'erreur limite totale.

**10.3.3** Un mesurage peut aussi être sujet à des erreurs systématiques. La moyenne de très nombreuses valeurs mesurées sera alors encore différente de la valeur vraie de la grandeur mesurée. Une erreur faite lors du raccordement du zéro d'une échelle linimétrique au niveau du radier produira par exemple une différence systématique entre la valeur moyenne vraie de la hauteur mesurée et la valeur réelle. Une répétition des mesures n'élimine pas les erreurs systématiques; la valeur réelle ne pourrait être déterminée que par un mesurage indépendant dont on saurait qu'il est plus précis.

## 10.4 Erreurs sur la valeur des coefficients

**10.4.1** La valeur du coefficient de débit  $C_D$  mentionné dans la présente Norme internationale est fondée sur l'exploitation d'expériences dont on peut supposer qu'elles ont été réalisées avec suffisamment de soins, et avec une répétition des lectures suffisante pour assurer une précision appropriée. Les erreurs aléatoires et les erreurs systématiques dues à cette source d'erreur sont faibles. Cependant, quand les mesurages sont effectués sur d'autres installations analogues, il peut parfaitement se produire des écarts systématiques entre les coefficients de débit, écarts pouvant être attribués à des différences de la rugosité de surface du dispositif, à son installation, aux conditions d'approche, à l'effet d'échelle entre la maquette et la structure réelle, etc.

1) Ce facteur de deux suppose que  $n$  est grand. Pour  $n = 6$ , le facteur doit être de 2,6, pour  $n = 8$ , il doit être de 2,4, pour  $n = 10$ , il doit être de 2,3 et pour  $n = 15$ , il doit être de 2,1.