

---

# NORME INTERNATIONALE **ISO** 3846



3846

---

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 largeur de crête finie et à déversement dénoyé (déversoirs rectangulaires à seuil épais)**

*Liquid flow measurement in open channels by weirs and flumes — Free overfall weirs of finite crest width (rectangular broad-crested weirs)*

Première édition — 1977-07-01

---

CDU 532.572

Réf. n° : ISO 3846-1977 (F)

**Descripteurs** : mesurage de débit, écoulement de liquide, écoulement en canal découvert, déversoir, installation, entretien, calcul d'erreur, utilisation.

Prix basé sur 9 pages

## 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 correspondant. 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.

La Norme internationale ISO 3846 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 113, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts*, et a été soumise aux comités membres en juillet 1975.

Les comités membres des pays suivants l'ont approuvée :

Afrique du Sud, Rép. d'	Inde	<del>Royaume-Uni</del>
Allemagne	Italie	Suisse
Australie	Japon	Tchécoslovaquie
Autriche	Mexique	Turquie
Belgique	Norvège	U.R.S.S.
Canada	Pays-Bas	U.S.A.
France	Roumanie	Yougoslavie

Aucun comité membre ne l'a désapprouvée.

# Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts au moyen de déversoirs et de canaux jaugeurs — Déversoirs à largeur de crête finie et à déversement dénoyé (déversoirs rectangulaires à seuil épais)

## 1 OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

La présente Norme internationale spécifie le mode d'emploi des déversoirs sans contraction latérale, à largeur de crête finie et à déversement dénoyé, pour le mesurage du débit d'eau claire dans les chenaux.

Les avantages et les inconvénients de ces dispositifs, comparativement aux autres types de déversoirs et de canaux jaugeurs, ainsi que la précision relative de chacun d'eux, sont donnés dans l'annexe.

## 2 RÉFÉRENCES

ISO 748, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Méthodes d'exploration du champ des vitesses.*

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

## 3 DÉFINITIONS

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

## 4 UNITÉS DE MESURE

Les unités de mesure utilisées dans la présente Norme internationale sont la seconde et le mètre.

## 5 INSTALLATION

Les conditions relatives à l'étude préliminaire, au choix de l'emplacement, à l'installation, au chenal d'approche, à l'entretien, au mesurage de la hauteur de lame, aux puits de mesurage ou aux puits à flotteur, qui sont généralement nécessaires pour le mesurage du débit, sont données dans les paragraphes suivants. Les conditions particulières aux déversoirs à largeur de crête finie sont données séparément dans le chapitre 8.

### 5.1 Choix de l'emplacement

Il faut procéder à une étude préliminaire des conditions physiques et hydrauliques de l'emplacement proposé pour vérifier qu'il est conforme (ou peut être rendu conforme) aux conditions nécessaires à un mesurage au moyen d'un déversoir.

On doit faire particulièrement attention aux conditions suivantes pour choisir l'emplacement en amont du déversoir :

- a) existence d'une longueur suffisante de chenal, à section régulière;
- b) répartition des vitesses existantes;
- c) chenal à forte pente, à éviter si possible;
- d) effets de l'augmentation des niveaux de l'eau en amont, due au dispositif de mesurage;

e) conditions aval, y compris les influences telles que marées, confluents avec d'autres cours d'eau, écluses, barrages et autres sections de contrôle qui peuvent provoquer un écoulement noyé;

f) imperméabilité du sol sur lequel doit reposer le dispositif de mesurage et nécessité de procéder à un compactage, à un jointoiment ou à tout autre moyen d'assurer l'étanchéité dans les installations en rivière;

g) nécessité pour les rives de retenir le débit maximal de crue dans le chenal;

h) stabilité des rives et nécessité de nettoyer et/ou de garnir d'un revêtement les chenaux naturels;

i) suppression des rochers ou des galets qui se trouvent dans le lit des chenaux d'approche;

j) effet du vent; celui-ci peut avoir une influence considérable sur l'écoulement dans une rivière ou sur un déversoir, en particulier lorsque ceux-ci sont larges et la hauteur de lame faible et que le vent dominant est dans une direction transversale.

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

Si un examen du courant montre que la répartition des vitesses existante est régulière, on peut alors supposer que la répartition des vitesses restera satisfaisante après la construction du déversoir.

Si la répartition des vitesses existante est irrégulière et s'il n'y a pas d'autre station de jaugeage possible, il faut bien vérifier cette répartition après l'installation du déversoir et l'améliorer si nécessaire.

Il existe plusieurs méthodes pour obtenir une indication plus précise de la répartition irrégulière des vitesses : bâtons de vitesse, flotteurs ou solutions concentrées de colorants peuvent être employées pour de petits chenaux, la dernière méthode servant à vérifier les conditions au fond du chenal. Une estimation complète et quantitative de la répartition des vitesses peut s'obtenir au moyen d'un moulinet. Tous les renseignements sur l'emploi des moulinets sont donnés dans l'ISO 748.

## 5.2 Conditions d'installation

### 5.2.1 Généralités

L'installation complète de mesurage comprend un chenal d'approche, un dispositif de mesurage et un chenal aval. Les conditions de chacun de ces trois éléments affectent la précision totale des mesurages.

Les conditions exigées pour l'installation comprennent des caractéristiques telles que : état de surface du déversoir, forme de la section transversale du chenal, rugosité du chenal, influence des appareils de contrôle en amont ou en aval du dispositif de jaugeage.

La répartition et la direction des vitesses ont une influence importante sur le fonctionnement du déversoir, ces facteurs

étant déterminés par les caractéristiques mentionnées précédemment.

Lorsque l'installation a été déterminée, l'utilisateur doit empêcher toute modification qui pourrait affecter les caractéristiques de l'écoulement.

### 5.2.2 Chenal d'approche

Sur toutes les installations, l'écoulement dans le chenal d'approche doit se faire en régime fluvial, sans perturbation, et la répartition des vitesses doit être aussi normale que possible pour toute la section transversale. On peut habituellement la vérifier par examen ou mesurage. Dans le cas des cours d'eau naturels ou des rivières, on n'y parvient que si l'on dispose d'un chenal d'approche long et rectiligne, exempt de saillies soit sur la paroi, soit au fond. Sauf indications spéciales dans les chapitres correspondants, il faut respecter les conditions générales suivantes.

Les changements apportés au régime d'écoulement par la construction du déversoir peuvent faire naître des dépôts en amont de la construction, ce qui, à la longue, pourrait modifier le régime. Les variations du niveau de l'eau qui en résultent doivent être prises en considération dans le projet des stations de jaugeage.

Dans un chenal artificiel, la section transversale doit être uniforme et le chenal doit être rectiligne sur une longueur au moins égale à dix fois sa largeur.

Dans les cours d'eau naturels ou les rivières, la section transversale doit être raisonnablement uniforme et le chenal doit être rectiligne sur une longueur suffisante pour assurer une répartition régulière des vitesses.

Si l'entrée du chenal d'approche se trouve dans un coude ou si le chenal est alimenté par une conduite, par une section transversale plus petite, ou en faisant un angle, on peut alors avoir besoin d'un chenal d'approche rectiligne sur une longueur plus grande afin d'obtenir une répartition régulière des vitesses.

Aucune chicane ne doit être placée à une distance du point de mesurage inférieure à dix fois la hauteur de lame maximale à mesurer.

Dans certaines conditions, un ressaut peut apparaître en amont du dispositif de jaugeage, par exemple si le chenal d'approche est à forte pente. Si ce ressaut est à une distance en amont au moins égale à trente fois la hauteur de lame maximale, on peut effectuer le mesurage du débit, à condition qu'il existe bien une répartition régulière des vitesses au niveau de la station de jaugeage.

Si un ressaut se produit à une distance inférieure, les conditions d'approche et/ou le dispositif de jaugeage doivent être modifiés.

### 5.2.3 Dispositif de mesurage

Le dispositif de mesurage doit être rigide, étanche et capable de résister aux écoulements de crue sans se déformer ou se casser. Il doit être perpendiculaire à la direction de l'écoulement et conforme aux dimensions données dans les chapitres qui s'y rapportent.

#### 5.2.4 Aval du dispositif de mesurage

Le chenal en aval du dispositif de mesurage est généralement sans importance, à condition que le déversoir ait été conçu de façon à ne pas pouvoir être noyé dans les conditions d'emploi.

Les changements apportés au régime d'écoulement par la construction du déversoir peuvent faire naître des dépôts immédiatement en aval du dispositif de mesurage, ce qui, à la longue, pourrait faire suffisamment monter le niveau de l'eau pour noyer le déversoir. Par conséquent, il faut supprimer toute accumulation de matériaux en aval du dispositif de mesurage.

### 6 ENTRETIEN – SPÉCIFICATIONS GÉNÉRALES

L'entretien du dispositif de mesurage et du chenal d'approche est important pour assurer des mesurages précis et continus.

Il est primordial que le chenal d'approche jusqu'au déversoir soit, dans toute la mesure du possible, maintenu propre et exempt de limon et de végétation sur une distance au moins égale à celle qui est spécifiée en 5.2.2. Le puits à flotteur et l'entrée du chenal d'approche doivent également être maintenus propres et exempts de dépôts.

Le déversoir doit être maintenu propre et exempt de tout dépôt de surface, et l'on doit prendre soin, au cours du nettoyage, de ne pas en détériorer le seuil.

### 7 MESURAGE DE LA HAUTEUR DE LAME

#### 7.1 Généralités

La hauteur de lame en amont du dispositif de mesurage peut être mesurée au moyen d'une pointe limnimétrique recourbée, d'une pointe limnimétrique droite ou d'une échelle limnimétrique lorsqu'on a besoin de mesurages instantanés, ou au moyen d'un limnigraphe à flotteur lorsqu'il faut un enregistrement continu, et, dans beaucoup de cas, il est préférable de mesurer la hauteur de lame dans un puits de mesurage séparé afin de réduire l'influence des irrégularités de la surface. D'autres méthodes de mesurage de la hauteur de lame (par exemple tube à bulle) peuvent être utilisées, à condition qu'il soit possible d'obtenir une précision suffisante.

Les débits obtenus d'après la formule de calcul sont des débits-volumes, et la masse volumique du liquide n'affecte pas le débit-volume pour une hauteur de lame donnée, à condition que la hauteur de lame soit mesurée dans un liquide de même masse volumique. Si l'on effectue le mesurage dans un puits séparé, il peut être nécessaire de faire une correction pour tenir compte de la différence des masses volumiques si la température, dans le puits, est sensiblement différente de celle du liquide en écoulement. Toutefois, on admet ici que les masses volumiques sont égales.

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

#### 7.2 Puits de mesurage ou puits à flotteur

Si l'on utilise un puits de mesurage, il doit être vertical et avoir une marge de 0,6 m au-dessus du niveau maximal de l'eau susceptible d'être enregistré dans le puits.

Il doit être relié au chenal d'approche par une tuyauterie de liaison ou une fente suffisamment grande pour permettre à l'eau, dans le puits, de suivre sans délai notable l'augmentation ou la diminution de la hauteur de lame.

Toutefois, la tuyauterie de liaison ou la fente doit être aussi petite que compatible avec un entretien facile, ou bien être pourvue d'un étranglement pour amortir les oscillations dues à des ondes de faible amplitude. Cela s'imposera, par exemple, si le tracé de l'enregistreur ne peut pas être lu à  $\pm 6$  mm.

Le puits et la tuyauterie de liaison ou la fente doivent être étanches. Si l'on prévoit l'utilisation du flotteur d'un enregistreur de niveau, le puits doit avoir un diamètre et une profondeur adaptés au flotteur.

Le puits doit également être assez profond pour que le limon qui pourrait y pénétrer n'entraîne pas l'échouage du flotteur. L'installation du puits à flotteur peut comprendre une chambre intermédiaire, placée entre le puits de mesurage et le chenal d'approche, ayant des proportions analogues à celles du puits de mesurage pour que le limon s'y décante.

#### 7.3 Repérage du zéro

Il faut prévoir, pour vérifier la position du zéro du dispositif de mesurage de la hauteur de lame, un index ayant ses pointes placées exactement au niveau du seuil du déversoir et fixé de manière permanente soit dans le chenal d'approche, soit dans le puits de mesurage ou du flotteur, s'il y en a un.

Le contrôle du zéro, basé sur le niveau de l'eau quand l'écoulement cesse, est sujet à de graves erreurs dues à l'influence de la tension superficielle, et cette méthode ne doit pas être employée.

Lorsque la taille du déversoir et la hauteur de lame diminuent, les faibles erreurs de construction et celles commises dans le positionnement du zéro et la lecture de l'appareil de mesurage de la hauteur de lame, deviennent plus importantes.

### 8 DÉVERSOIRS À LARGEUR DE CRÊTE FINIE

#### 8.1 Spécifications relatives au déversoir normalisé

Le seuil du déversoir normalisé doit être lisse, horizontal, et former une surface plane rectangulaire (dans les présentes spécifications, une surface «lisse» doit avoir un état de surface équivalent à celui d'une feuille métallique laminée). La largeur du seuil perpendiculaire à la direction de l'écoulement doit être égale à la largeur du chenal dans lequel le déversoir est placé. Les faces amont et aval du déversoir doivent être lisses, verticales, planes et perpendiculaires

aux côtés et au fond du chenal dans lequel le déversoir est placé. La face amont, en particulier, doit former un angle droit à arête vive à son intersection avec le plan du seuil.

Un schéma typique du déversoir est représenté à la figure 1.

### 8.2 Emplacement de la section de mesurage de la hauteur de lame

Des piézomètres ou une station de pointes limnimétriques, permettant de mesurer la hauteur de lame sur le déversoir, doivent être placés à une distance suffisante, en amont du déversoir, pour éviter la région d'abaissement de la surface. D'autre part, ils doivent être placés suffisamment près du déversoir pour que la perte de charge, entre la section de mesurage et la section de contrôle sur le déversoir, soit négligeable. Pour satisfaire à ces conditions, il est recommandé que la section de mesurage de la hauteur de lame se trouve à une distance égale à trois ou quatre fois la hauteur de lame maximale (3 à 4  $h$  max.), en amont de la face amont du déversoir.

### 8.3 Dispositions à prendre pour un écoulement libre aéré

Des dispositions doivent être prises pour aérer la lame déversante afin d'être sûr que la pression, aux surfaces

supérieure et inférieure de celle-ci, soit bien la pression atmosphérique. Le niveau d'eau aval doit être suffisamment bas pour ne gêner ni l'aération, ni l'écoulement libre de la nappe.

## 9 FORMULE DE DÉBIT

### 9.1 Formule

La formule du débit est donnée ci-après :

$$Q = (2/3)^{3/2} C \sqrt{g} b h^{3/2} \quad \dots (1)$$

où

$Q$  est le débit;

$C$  est le coefficient de débit (nombre sans dimension);

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

$b$  est la largeur du déversoir, perpendiculairement à la direction de l'écoulement;

$h$  est la hauteur de lame mesurée.

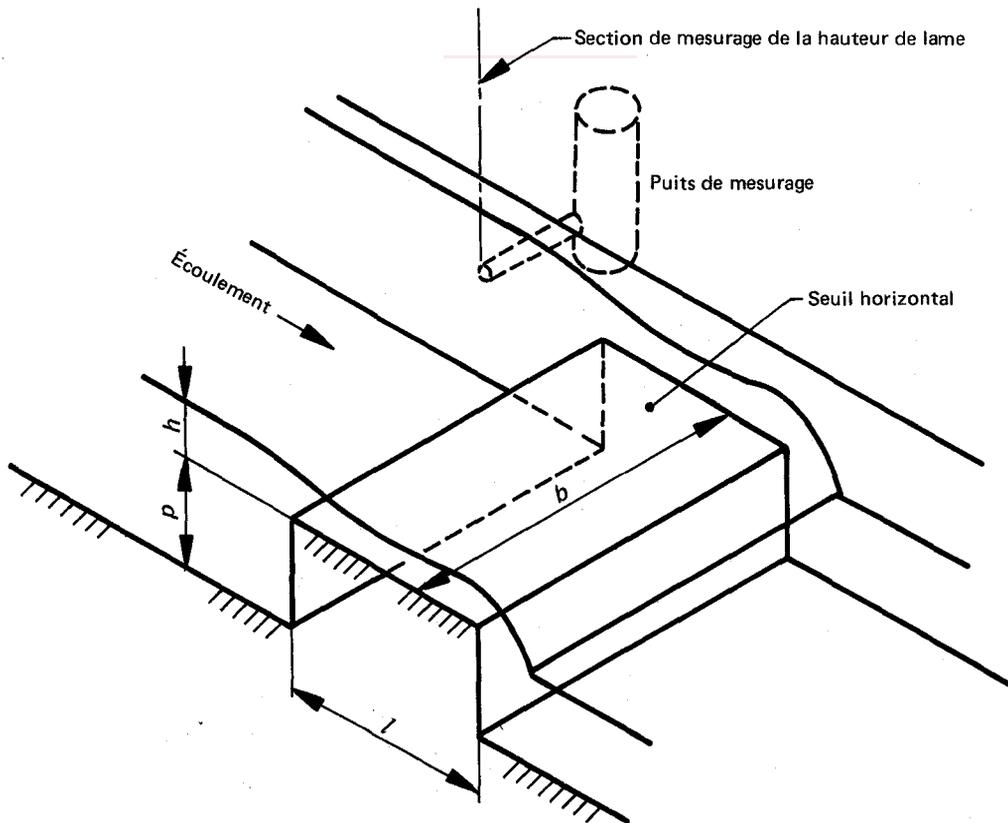


FIGURE 1 — Déversoir à profil rectangulaire

**9.2 Coefficient de débit**

Le coefficient *C* est constant, à savoir : 0,864, dans la gamme

$$0,1 \leq \frac{h}{l} \leq 0,4$$

$$0,15 \leq \frac{h}{\rho} \leq 0,6$$

où

*l* est la largeur du déversoir dans la direction de l'écoulement;

*ρ* est la hauteur du déversoir par rapport au fond du chenal d'approche.

Pour  $\frac{h}{l}$  compris entre 0,4 et 1,6, *C* varie linéairement en fonction de  $\frac{h}{l}$ , à condition que  $\frac{h}{\rho} < 0,6$ , et est donné par la formule

$$C = 0,191 \frac{h}{l} + 0,782 \quad \dots (2)$$

Pour  $\frac{h}{\rho}$  supérieur à 0,6, à condition que  $\frac{h}{l} < 0,85$ , les valeurs de *C* susmentionnées doivent être multipliées par le facteur numérique indiqué dans le tableau, avant de les utiliser dans la formule (1).

TABLEAU – Facteurs de correction pour *C*

Valeur de $\frac{h}{\rho}$	Facteur de correction
0,6	1,011
0,7	1,023
0,8	1,038
0,9	1,054
1,0	1,064
1,25	1,092
1,5	1,123

Les valeurs intermédiaires peuvent être interpolées linéairement.

NOTE – Sur la base de la variation de *C*, on peut dire que le déversoir est à seuil épais lorsque  $0,1 \leq \frac{h}{l} \leq 0,4$ , et à seuil étroit lorsque  $0,4 \leq \frac{h}{l} \leq 1,6$ . Dans la zone du seuil épais, l'écoulement au-dessus du déversoir est parallèle au seuil sur une certaine portion. L'écoulement est complètement curviligne dans la zone du seuil étroit. (Voir figure 2.)

**9.3 Limites**

Les limites générales suivantes sont recommandées :

$$h \geq 0,06 \text{ m};$$

$$b \geq 0,3 \text{ m};$$

$$\rho \geq 0,15 \text{ m};$$

$$0,15 \leq \frac{\rho}{l} \leq 4;$$

$$0,1 \leq \frac{h}{l} \leq 1,6 \text{ (avec } \frac{h}{\rho} \leq 0,85 \text{ pour } \frac{h}{l} > 0,85);$$

$$0,15 \leq \frac{h}{\rho} \leq 1,5 \text{ (avec } \frac{h}{l} \leq 0,85 \text{ pour } \frac{h}{\rho} > 0,85).$$

**9.4 Erreur limite du mesurage**

L'erreur limite globale des mesurages de débit, effectués avec ces déversoirs, dépend de l'erreur limite des mesurages de la hauteur de lame, des dimensions du déversoir et des coefficients qui s'appliquent au déversoir utilisé.

En construisant et en installant ces déversoirs avec le plus grand soin, l'erreur limite maximale sur le coefficient de débit peut être de l'ordre de  $\pm 3 \%$ .

La méthode, selon laquelle l'erreur limite sur le coefficient peut se combiner à d'autres sources d'erreurs, se trouve expliquée dans le chapitre 10. En général, les étalonnages expérimentaux ont été réalisés sur des dispositifs de petites dimensions, et leur transposition à des structures plus grandes peut provoquer de petites variations des coefficients de débit par suite de l'effet d'échelle.

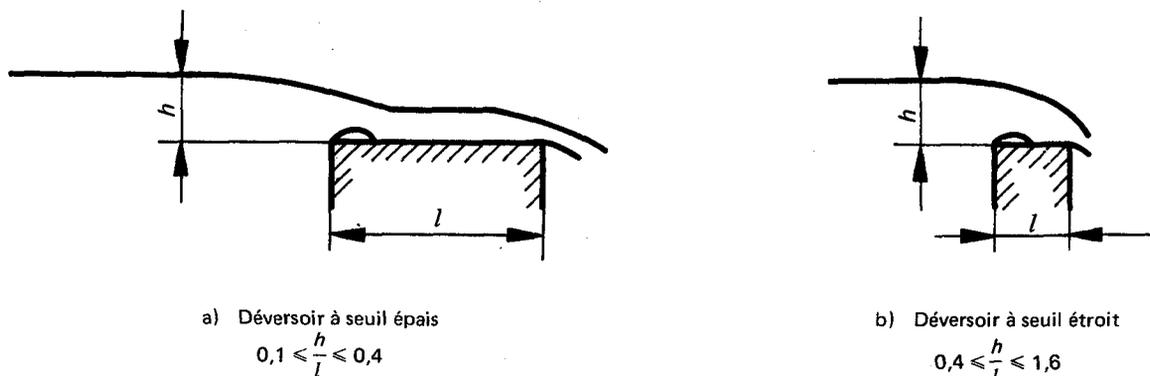


FIGURE 2 – Diagramme montrant l'écoulement au-dessus des déversoirs à largeur de crête finie

## 10 ERREURS LIMITES DE MESURAGE DE DÉBIT

### 10.1 Généralités

10.1.1 On peut évaluer l'erreur limite totale sur les mesurages de débit si les erreurs limites provenant de différentes sources sont combinées. En général, on peut évaluer ces erreurs qui constituent l'erreur limite totale, et elles indiquent si le débit peut être mesuré ou non avec une précision suffisante pour le cas considéré.

Le présent chapitre a pour but de fournir les informations de base nécessaires à l'utilisateur de la présente Norme internationale pour évaluer l'erreur limite sur les mesurages de débit.

10.1.2 L'erreur peut être définie comme étant la différence entre le débit réel et celui calculé à partir de la formule pour un déversoir construit et installé conformément à la présente Norme internationale.

Le terme « erreur limite » sera employé pour désigner l'écart par rapport à la valeur réelle du débit, à l'intérieur duquel la mesure doit se trouver environ dix-neuf fois sur vingt (probabilité de 95 %).

L'erreur limite devrait être calculée selon la méthode spécifiée dans le présent chapitre et être désignée par ce nom chaque fois qu'une mesure est prétendue être obtenue conformément à la présente Norme internationale.

### 10.2 Sources d'erreur

10.2.1 On peut identifier les sources d'erreur en considérant une expression générale de la formule du débit pour les déversoirs :

$$Q = \left(\frac{2}{3}\right)^{3/2} C \sqrt{g} b h^{3/2}$$

où  $\left(\frac{2}{3}\right)^{3/2}$  est une constante numérique sur laquelle on ne fait pas d'erreur;

$g$  est l'accélération due à la pesanteur, qui varie selon le lieu, mais en général sa variation est suffisamment faible pour être négligée dans la mesure du débit.

10.2.2 Les seules sources d'erreur à considérer sont les suivantes :

- a) le coefficient de débit  $C$  pour lequel les valeurs numériques des erreurs limites sont données en 9.4;
- b) le mesurage des dimensions du dispositif de mesurage, par exemple la largeur du déversoir  $b$ ;
- c) le mesurage de la hauteur de lame,  $h$ .

10.2.3 Les erreurs limites pour  $b$  et  $h$  doivent être évaluées par l'utilisateur. L'erreur limite sur la mesure des dimen-

sions dépendra de la précision avec laquelle on peut mesurer le dispositif une fois construit; en pratique, cette erreur peut s'avérer négligeable devant les autres erreurs. L'erreur limite sur la mesure de la hauteur de lame dépendra de la précision de l'appareil de mesurage de cette hauteur, de la détermination du zéro du dispositif de mesurage de la hauteur de lame et de la méthode employée. Cette erreur limite peut être faible si l'on emploie un vernier ou un micromètre et si le repérage du zéro est fait avec une précision comparable.

### 10.3 Types d'erreur

10.3.1 Les erreurs peuvent être accidentelles ou systématiques; les premières affectent la reproductibilité (fidélité) du mesurage, les secondes affectent sa véritable précision.

10.3.2 L'écart-type d'un ensemble de mesures obtenues dans des conditions régulières peut être évalué à partir de la formule

$$S_y = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1} \right]^{1/2}$$

où  $\bar{y}$  est la moyenne arithmétique de  $n$  mesures.

L'écart-type de la moyenne est donc donné par

$$S_{\bar{y}} = \frac{S_y}{\sqrt{n}}$$

et l'erreur limite de la moyenne est égale à deux fois  $S_{\bar{y}}$  (pour une probabilité de 95 %) <sup>1)</sup>. Cela constitue la part des erreurs accidentelles dans l'erreur limite totale pour toute série de mesurages expérimentaux.

10.3.3 Une mesure peut également contenir une erreur systématique : la valeur moyenne mesurée serait alors différente de la vraie valeur de la quantité mesurée. Une erreur dans le repérage du zéro du dispositif de mesurage du niveau de l'eau par rapport au niveau de la crête, par exemple, produit une différence systématique entre la valeur moyenne mesurée et la valeur réelle. Puisque la répétition de la mesure n'élimine pas les erreurs systématiques, la valeur réelle ne pourrait être déterminée que par un mesurage distinct, plus précis.

### 10.4 Erreurs limites sur les valeurs des coefficients

10.4.1 Toutes les erreurs de cette catégorie sont des erreurs systématiques.

10.4.2 La valeur du coefficient de débit  $C$  indiquée dans la présente Norme internationale est basée sur les résultats d'expériences, qui, on peut le supposer, ont été faites soigneusement, avec un nombre suffisant de lectures pour

1) Ce facteur de deux suppose que  $n$  a une valeur élevée. Pour  $n = 6$ , le facteur devrait être 2,6;  $n = 8$  exige 2,4;  $n = 10$  exige 2,3;  $n = 15$  exige 2,1.

obtenir une moyenne de grande fidélité. Cependant, lorsque les mesurages sont faits sur d'autres installations semblables, il peut survenir des écarts systématiques entre les coefficients de débit, que l'on peut attribuer aux différences de l'état de surface du dispositif, à son installation, aux conditions amont, à l'effet d'échelle entre le modèle et le dispositif sur site, etc.

**10.4.3** Les erreurs limites sur les coefficients, indiquées dans les paragraphes précédents de la présente Norme internationale, sont fondées sur l'examen de l'écart entre des données expérimentales provenant de différentes sources et les diverses indications obtenues à partir des formules de calcul données. Les valeurs suggérées pour les erreurs représentent donc la compilation des constatations et des expériences disponibles.

**10.5 Erreurs limites sur les grandeurs mesurées par l'utilisateur**

**10.5.1** Les mesures faites par l'utilisateur présentent des erreurs accidentelles et systématiques.

**10.5.2** Puisque ni les méthodes de mesurage, ni la manière de les effectuer ne sont précisées, il est impossible de donner des valeurs numériques pour ces erreurs : elles doivent être évaluées par l'utilisateur. Par exemple, la considération de la méthode de mesurage de la largeur du déversoir permet à l'utilisateur de déterminer l'erreur limite sur cette grandeur.

**10.5.3** L'erreur limite sur la hauteur de lame mesurée doit être déterminée à partir d'une évaluation des différentes sources d'erreurs individuelles, c'est-à-dire : l'erreur de repérage du zéro, la sensibilité du dispositif de mesurage, le jeu dans le mécanisme de mesurage, l'erreur limite accidentelle résiduelle sur la valeur moyenne, etc. L'erreur limite sur la mesure de la hauteur de lame est égale à la racine carrée de la somme des carrés des erreurs limites individuelles.

**10.6 Combinaison des erreurs limites pour donner l'erreur limite totale sur le débit**

**10.6.1** L'erreur limite totale est la résultante de plusieurs erreurs limites, qui peuvent elles-mêmes être des erreurs limites composées (voir 10.5.3).

Lorsque les erreurs limites partielles, dont la combinaison donne l'erreur limite totale, sont indépendantes les unes des autres, faibles et nombreuses, et qu'elles suivent une loi de Gauss, il y a une probabilité de 95 % que l'erreur réelle soit plus petite que l'erreur limite totale.

**10.6.2** L'erreur limite sur le débit doit être calculée à partir de la formule

$$X = \pm \sqrt{(X_C^2 + X_b^2 + 1,5^2 X_h^2)}$$

où

$X_C$  est l'erreur limite, en pourcentage, sur  $C$ ;

$X_b$  est l'erreur limite, en pourcentage, sur  $b$ ;

$X_h$  est l'erreur limite, en pourcentage, sur  $h$ .

Dans ce qui précède,

$$X_b = \pm 100 \times \frac{\epsilon_b}{b}$$

et

$$X_h = \pm \frac{100 (\epsilon_h^2 + \epsilon_h^2 + \dots + 4 S_h^2)^{1/2}}{\bar{h}}$$

où

$\epsilon_b$  est l'erreur limite sur la mesure de la largeur;

$\epsilon_h$ ,  $\epsilon_h$ , etc. sont les erreurs limites sur les mesures de la hauteur de lame (voir 10.5.3);

$2S_h$  est l'erreur limite de la valeur moyenne des lectures de la mesure de la hauteur de lame (voir 10.3.2, y compris la note de bas de page).

**10.6.3** Il faut reconnaître que l'erreur limite  $X$  ne saurait avoir une seule et unique valeur pour un dispositif donné, mais varie selon le débit. Il peut alors être nécessaire de tenir compte de l'erreur limite pour plusieurs débits couvrant la gamme de mesures demandées.

**10.6.4 Exemple**

Ce qui suit est un exemple de l'application de la formule à une détermination unique du débit avec un déversoir rectangulaire ayant une hauteur de seuil au-dessus du lit du chenal d'approche,  $p$ , de 0,30 m et fonctionnant à une hauteur de lame de 0,40 m avec une largeur de seuil du déversoir,  $b$ , et une largeur du chenal d'approche,  $B$ , de 10 m. Un dispositif numérique de mesurage de la hauteur de lame est utilisé, fonctionnant à des intervalles de 1 mm, mais avec une précision réelle de  $\pm 3$  mm avec le zéro repéré à  $\pm 5$  mm.

$X_C$  est supposé égal à  $\pm 3$  % pour le cas en question.

$$X_h = \pm 100 \times \frac{(0,003^2 + 0,005^2)^{1/2}}{0,40} = \pm 1,46 \%$$

Si la largeur du seuil,  $b$ , est mesurée à 0,02 m près, sur une largeur totale de 10 m,

$$X_b = \pm 100 \times \frac{0,02}{10} = \pm 0,20 \%$$

Donc, l'erreur limite totale sur  $Q$  est

$$X = \pm [3^2 + 0,20^2 + (1,5^2 \times 1,46^2)]^{1/2} = \pm 3,7 \%$$

## ANNEXE

## GUIDE POUR LE CHOIX DES DÉVERSOIRS ET DES CANAUX JAUGEURS POUR LE MESURAGE DE DÉBIT DE L'EAU DANS LES CHENAUX DÉCOUVERTS

### A.1 OBJET

La présente annexe spécifie les critères de choix des déversoirs et des canaux jaugeurs pour le mesurage de débit de l'eau dans les chenaux découverts. Les conditions d'écoulement considérées se limitent aux débits constants et uniformes aux températures ambiantes (5 à 30 °C environ).

Malgré le grand nombre de types de déversoirs et de canaux jaugeurs disponibles, dont certains peuvent être avantageux pour des utilisations spécifiques, seulement les types suivants sont actuellement normalisés. Les critères de choix parmi les types normalisés sont donnés dans le chapitre A.3.

### A.2 TYPES DE DÉVERSOIRS ET DE CANAUX JAU-GEURS NORMALISÉS

#### A.2.1 Déversoir en mince paroi

Déversoir réalisé de façon que la lame déversante ne soit en contact avec la crête que suivant une ligne, le débit étant mesuré par la hauteur de lame sur le déversoir et la largeur de la crête (ou l'angle de l'échancrure).

Les types suivants sont compris :

- déversoir rectangulaire sans contraction latérale;
- déversoir à échancrure rectangulaire;
- déversoir à échancrure triangulaire.

#### A.2.2 Déversoir à seuil épais

Déversoir dont la crête a une dimension suffisante dans la direction de l'écoulement (largeur) pour que le régime critique se produise en un point de la crête, le débit étant mesuré par la hauteur de lame sur le déversoir et la largeur de la crête.

Les types suivants sont compris :

- déversoir à profil rectangulaire à arêtes vives;
- déversoir à profil rectangulaire à extrémités arrondies.

#### A.2.3 Déversoir à profil triangulaire

Déversoir à profil triangulaire dans la direction de l'écoulement, le débit étant mesuré par la hauteur de lame sur le déversoir et la largeur de la crête.

Le type suivant est compris :

- déversoir à profil triangulaire à pentes 1/2 à l'amont et 1/5 à l'aval.

#### A.2.4 Canal jaugeur à ressaut (écoulement libre)

Dispositif à contraction latérale et avec ou sans contraction de fond, dans lequel l'écoulement passe du régime fluvial au régime torrentiel, le débit étant mesuré par la section transversale et la vitesse d'écoulement à la profondeur critique dans le col du canal jaugeur.

Les types suivants sont compris :

- à col rectangulaire;
- à col trapézoïdal;
- à col en U.

#### A.2.5 Déversement dénoyé

Chute brusque du fond d'un chenal rectangulaire, le débit étant mesuré par la profondeur au bord de la chute et par la largeur du chenal au niveau de la section de bord.

### A.3 CRITÈRES DE CHOIX DES DÉVERSOIRS OU DES CANAUX JAUGEURS NORMALISÉS

Les critères essentiels permettant de fixer un choix parmi les déversoirs et les canaux jaugeurs normalisés sont donnés ci-après.

#### A.3.1 Différence de niveaux d'eau disponible

Les déversoirs en mince paroi et les déversements libres nécessitent une différence suffisante entre les niveaux de l'eau à l'amont et à l'aval pour assurer un écoulement libre aéré dans des conditions de débit maximal.

Les déversoirs à seuil épais sont utilisables lorsque la différence entre les niveaux de l'eau est relativement faible; les déversoirs à profil triangulaire, ainsi que les canaux jaugeurs à ressaut, sont utilisables lorsque la différence entre les niveaux de l'eau est beaucoup plus faible.

Pour tous les types de déversoirs et de canaux jaugeurs qui font l'objet de la présente Norme internationale, le débit doit être libre ou indépendant du niveau de l'eau à l'aval.

#### A.3.2 Précision de la mesure

La précision d'une mesure unique de débit dépend de l'évaluation des incertitudes composantes en jeu, mais les gammes approximatives de l'erreur limite sur le débit pour les déversoirs et les canaux jaugeurs (probabilité de 95 %) sont les suivantes :

- déversoirs rectangulaires en mince paroi (sans contraction latérale et à échancrure) : 1 à 4 %;