

---

# NORME INTERNATIONALE 1438

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 en mince paroi et de canaux venturi

*Liquid flow measurement in open channels using thin-plate weirs and venturi flumes*

Première édition — 1975-07-01

À annuler  
1991-07-10

Annulé  
1991-06-15

---

CDU 532.57 : 627.133

Réf. n° : ISO 1438-1975 (F)

**Descripteurs** : écoulement de liquide en canal, écoulement liquide, tube venturi, déversoir, erreur, formule.

Prix basé sur 36 pages

## AVANT-PROPOS

L'ISO (Organisation Internationale de Normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (Comités Membres ISO). L'élaboration de Normes Internationales est confiée aux Comités Techniques 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 1438 a été établie par le Comité Technique ISO/TC 113, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts*, et soumise aux Comités Membres en juin 1968.

Elle a été approuvée par les Comités Membres des pays suivants :

Afrique du Sud, Rép. d'	Japon	Suède
Espagne	Nouvelle-Zélande	Suisse
Inde	Pays-Bas	Thaïlande
Iran	Pérou	Turquie
Israël	Roumanie	U.S.A.
Italie	Royaume-Uni	

Les Comités Membres des pays suivants ont désapprouvé le document pour des raisons techniques :

Belgique  
France

<b>SOMMAIRE</b>	Page
<b>1 Objet et domaine d'application</b> . . . . .	1
<b>2 Références</b> . . . . .	1
<b>3 Définitions</b> . . . . .	1
<b>4 Unités de mesure</b> . . . . .	1
<b>5 Principe de la méthode de mesurage</b> . . . . .	1
5.1 Déversoirs en mince paroi . . . . .	1
5.2 Canaux venturi à ressaut ou à écoulement dénoyé . . . . .	1
<b>6 Installation</b> . . . . .	1
6.1 Choix de l'emplacement . . . . .	1
6.2 Conditions d'installation . . . . .	3
<b>7 Entretien – Spécifications générales</b> . . . . .	3
<b>8 Mesurage de la charge</b> . . . . .	4
8.1 Généralités . . . . .	4
8.2 Puits de mesurage ou puits à flotteur . . . . .	4
8.3 Repérage du zéro . . . . .	4
<b>9 Déversoirs triangulaires en mince paroi</b> . . . . .	4
9.1 Spécifications relatives au déversoir normalisé . . . . .	4
9.2 Spécifications relatives à l'installation . . . . .	5
9.3 Emplacement de la section de mesurage de la charge . . . . .	5
9.4 Dispositions à prendre pour un écoulement libre aéré . . . . .	5
9.5 Formule fondamentale de débit (Kindsvater-Shen) . . . . .	6
9.6 Effet de la répartition des vitesses dans le chenal d'approche . . . . .	8
9.7 Précision du mesurage . . . . .	8
9.8 Autres coefficients et débits correspondants pour déversoirs triangulaires en mince paroi, à échancrure « type 90° », « type 1/2 90° » et « type 1/4 90° » . . . . .	8
<b>10 Déversoirs rectangulaires en mince paroi</b> . . . . .	21
10.1 Spécifications relatives au déversoir normalisé . . . . .	21
10.2 Spécifications relatives à l'installation . . . . .	22
10.3 Emplacement de la section de mesurage de la charge . . . . .	22
10.4 Dispositions à prendre pour un écoulement libre aéré . . . . .	22

	Page
<b>10.5</b> Formule fondamentale de débit (Kindsvater-Carter) . . . . .	22
<b>10.6</b> Effet de la répartition des vitesses dans le chenal d'approche . . . . .	24
<b>10.7</b> Précision du mesurage . . . . .	24
<b>10.8</b> Autre formule utilisable pour déversoirs rectangulaires en mince paroi (S.I.A.) . . . . .	24
<b>10.9</b> Autre formule utilisable pour déversoirs sans contraction latérale (Rehbock) . . . . .	25
<b>10.10</b> Autre formule utilisable pour déversoirs à contraction latérale totale (Hamilton-Smith) . . . . .	25
<b>11 Canaux venturi à ressaut ou à écoulement dénoyé</b> . . . . .	26
<b>11.1</b> Généralités . . . . .	26
<b>11.2</b> Canaux jaugeurs à cols rectangulaires . . . . .	28
<b>11.3</b> Limites d'application . . . . .	30
<b>11.4</b> Précision du mesurage . . . . .	30
<b>12 Formules unifiées pour déversoirs</b> . . . . .	31
<b>13 Erreurs de mesurage de débit</b> . . . . .	31
<b>13.1</b> Introduction . . . . .	31
<b>13.2</b> Sources d'erreur . . . . .	32
<b>13.3</b> Types d'erreur . . . . .	32
<b>13.4</b> Erreurs sur les grandeurs données dans la présente Norme Internationale . . . . .	32
<b>13.5</b> Erreurs sur les grandeurs mesurées par l'utilisateur . . . . .	32
<b>13.6</b> Combinaison des erreurs limites pour donner l'erreur totale sur le débit . . . . .	33
<b>Annexe : Formules unifiées pour déversoirs</b> . . . . .	34
<b>A.0</b> Introduction . . . . .	34
<b>A.1</b> Objet et domaine d'application . . . . .	34
<b>A.2</b> Formules de débit . . . . .	35
<b>A.3</b> Application des formules unifiées . . . . .	36
<b>A.4</b> Caractéristiques du coefficient de débit pour déversoirs en mince paroi et pour canaux venturi . . . . .	36
<b>A.5</b> Choix et conception des déversoirs et des canaux jaugeurs . . . . .	36
<b>Tableaux</b>	
<b>1</b> – Débit de l'eau dans les déversoirs triangulaires à échancrure « type 90° » . . . . .	9
<b>2</b> – Débit de l'eau dans les déversoirs triangulaires à échancrure « type 1/2 90° » . . . . .	13
<b>3</b> – Débit de l'eau dans les déversoirs triangulaires à échancrure « type 1/4 90° » . . . . .	17

4 – Canal jaugeur rectangulaire – Valeurs de $C_e$ pour différentes charges en fonction de la largeur et de la longueur du col . . . . .	29
5 – Canal jaugeur rectangulaire avec radier uniforme dans un chenal rectangulaire – Valeurs de $C_v$ pour différents rapports entre la largeur du col et la largeur du chenal d'approche, $b/B$ . . . . .	30
6 – Canal jaugeur rectangulaire avec radier en saillie (seuil) dans un chenal rectangulaire – Valeurs de $C_v$ en fonction du rapport $b/B$ , de la hauteur du seuil $p$ et de la profondeur mesurée $h$ dans le chenal d'approche . . . . .	31
7 – Coefficients de vitesse d'approche . . . . .	35
8 – Coefficients de débit $C_e$ pour déversoirs en mince paroi (formule (45)) . . . . .	36
9 – Rapports des sections tirés des nombres spécifiques de Froude relatifs à la section amont des déversoirs en mince paroi et des canaux venturi . . . . .	37

#### Figures

1 – Exemple de profil régulier de vitesses dans le chenal d'approche . . . . .	2
2 – Déversoir triangulaire en mince paroi . . . . .	5
3 – Coefficient de débit $C_e$ ( $\alpha = 90^\circ$ ) . . . . .	6
4 – Coefficient de débit $C_e$ par rapport à l'angle de l'échancrure . . . . .	7
5 – Valeur de $k_h$ par rapport à l'angle de l'échancrure . . . . .	7
6 – Déversoir rectangulaire en mince paroi . . . . .	21
7 – Coefficient de débit $C_e$ . . . . .	23
8 – Valeur de $k_b$ par rapport à $b/B$ . . . . .	23
9 – Diagramme montrant les dimensions géométriques du canal jaugeur rectangulaire à ressaut dans un chenal rectangulaire . . . . .	27



# Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts au moyen de déversoirs en mince paroi et de canaux venturi

## 1 OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

La présente Norme Internationale spécifie des méthodes de mesurage du débit des liquides dans les canaux découverts au moyen de déversoirs rectangulaires et triangulaires en mince paroi et de canaux venturi. Les conditions d'écoulement considérées se limitent aux débits constants qui dépendent uniquement de la charge amont. Ainsi, on ne considère pas les écoulements noyés qui, eux, dépendent des niveaux d'eau aval ou amont.

## 2 RÉFÉRENCES

ISO/R 541, *Mesure de débit des fluides au moyen de diaphragmes et de tuyères.*

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 (foot).

## 5 PRINCIPE DE LA MÉTHODE DE MESURAGE

### 5.1 Déversoirs en mince paroi

Le débit est mesuré en interposant un déversoir en mince paroi avec ou sans échancrure, en observant la charge sur le déversoir et en utilisant une relation fonctionnelle, unique et connue, entre le débit et la charge sur le déversoir.

La formule fondamentale originale de débit est due à Poleni et peut être exprimée sous la forme

$$Q = Cbh^{3/2}$$

où

$Q$  est le débit;

$C$  est le coefficient de débit;

$b$  est la largeur de l'ouverture;

$h$  est la charge mesurée sur le déversoir.

Dans le cas des déversoirs triangulaires, pour des raisons de commodité,  $b$  est remplacé en fonction de  $h$  et de la tangente de l'angle au sommet.

### 5.2 Canaux venturi à ressaut ou à écoulement dénoyé

Le débit est mesuré en construisant un dispositif profilé pour créer une contraction, en observant uniquement la charge amont et en utilisant une relation fonctionnelle entre le débit et la charge amont, puisque, dans les conditions dans lesquelles le débit critique se produit au col, le débit ne dépend que de la charge amont.

## 6 INSTALLATION

### 6.1 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 au mesurage effectué au moyen de déversoirs ou de canaux jaugeurs.

On doit faire particulièrement attention aux conditions suivantes pour choisir l'emplacement :

- a) existence d'une longueur suffisante du chenal, à section droite régulière;
- b) répartition de la vitesse existante;
- 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, confluent avec d'autres cours d'eau, écluses, barrages et autres accessoires 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 des jointoiements ou à tout autre moyen d'assurer l'étanchéité dans les installations de rivières;

- 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) supprimer les rochers ou les galets qui se trouvent dans le lit des chenaux d'approche;
- j) effet du vent; celui-ci peut avoir un effet considérable sur l'écoulement dans une rivière, un déversoir ou un canal jaugeur, surtout lorsque ceux-ci sont larges et la charge 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 existantes est régulière (voir figure 1, exemple type

de répartition régulière des vitesses dans les canaux découverts), on peut alors supposer que la répartition des vitesses restera satisfaisante après la construction du déversoir ou du canal jaugeur.

Si la répartition des vitesses existantes 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 ou du canal jaugeur 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 employés 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.

Profil de vitesses obtenu pour chenal d'une largeur de 360 cm (12 ft)  
 Largeur réelle = 358,75 cm (11 ft 11 1/2 in)  
 Profondeur de l'eau = 74 cm (29,6 in)

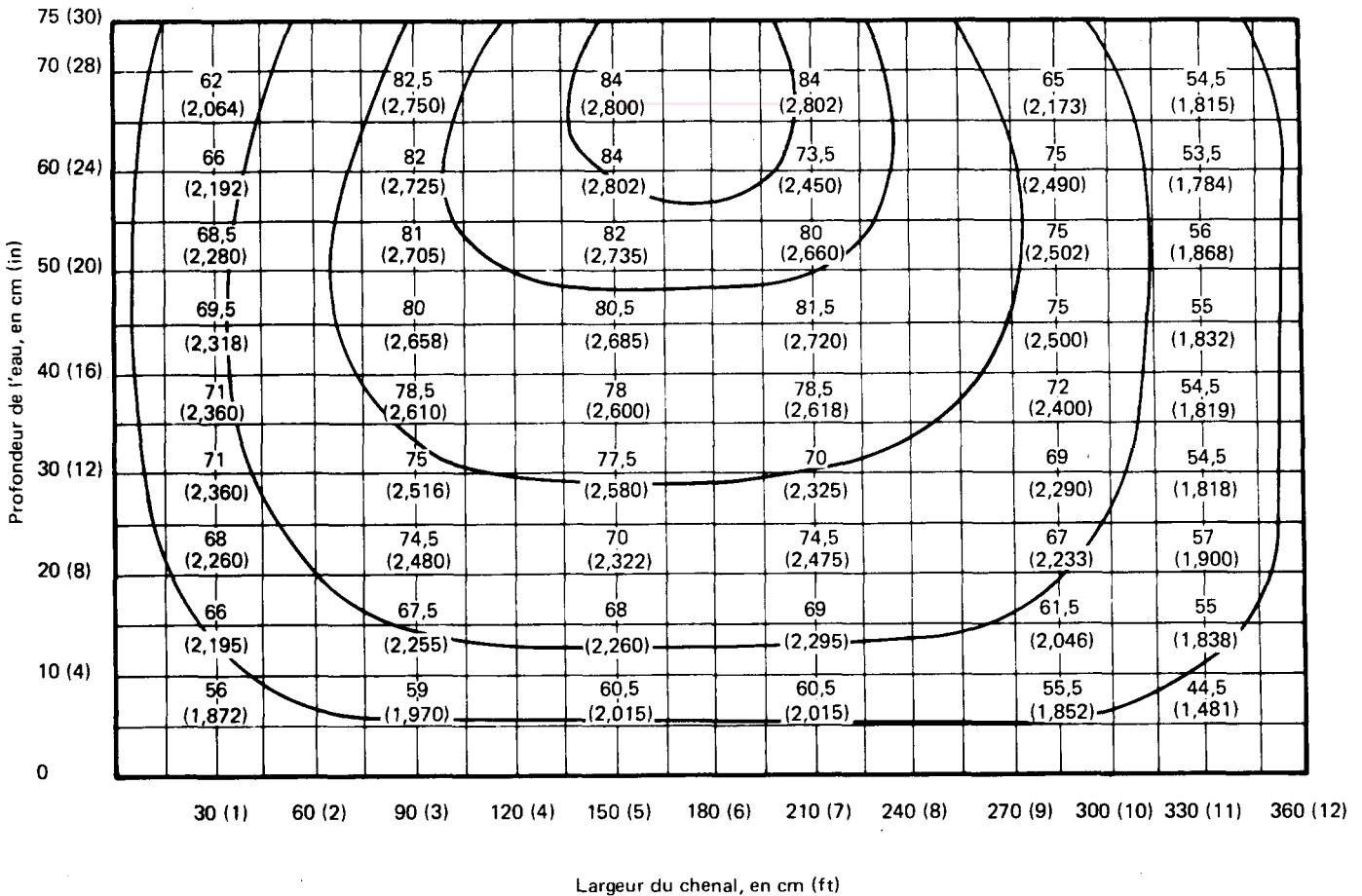


FIGURE 1 — Exemple de profil régulier de vitesses dans le chenal d'approche



## 6.2 Conditions d'installation

### 6.2.1 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 ou du canal jaugeur, 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 ou du canal jaugeur, ces derniers étant définis par les caractéristiques mentionnées ci-dessus.

Lorsque l'installation a été déterminée, l'utilisateur doit empêcher toute modification, qui affecterait les caractéristiques de débit.

### 6.2.2 Chenal d'approche

Sur toutes les installations, l'écoulement dans les chenaux d'approche doit être lisse, exempt de 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 fleuves et des rivières naturelles, 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 des chapitres correspondants, il faut respecter les conditions générales suivantes.

Les changements apportés au régime d'écoulement par la construction du déversoir ou du canal jaugeur peuvent faire naître des bancs de débris en amont du dispositif de mesurage, 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 10 fois sa largeur, si la largeur du déversoir ou du col du canal jaugeur est égale ou supérieure à la moitié de la largeur du chenal. La longueur du chenal peut être réduite, si la largeur du déversoir ou du col du canal jaugeur est inférieure à la moitié de la largeur du chenal.

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 égale à celle exigée pour un chenal artificiel.

Si l'entrée du chenal d'approche se trouve à un coude ou si l'écoulement dans le chenal se fait par une conduite, une section transversale plus petite, ou dans un angle, on peut alors avoir besoin d'une longueur droite, plus grande, du chenal d'approche pour obtenir une même répartition des vitesses.

Dans un chenal artificiel où il n'y a ni débris, ni matières en suspension, on peut souvent obtenir un régime convenable en plaçant judicieusement des chicanes formées de lattes verticales, mais aucune chicane ne doit être placée à une distance du point de mesurage inférieure à 10 fois la charge 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 30 fois la charge maximale, on peut effectuer le mesurage du débit, sous réserve qu'il existe une répartition régulière des vitesses au niveau du dispositif de jaugeage. (Voir paragraphe 11.1.4 e) pour le cas particulier des canaux venturî.)

Si un ressaut se produit sur cette longueur, le chenal d'approche et/ou le dispositif de jaugeage doivent être modifiés pour éviter des erreurs de mesurage.

### 6.2.3 Dispositif de mesurage

Le dispositif de mesurage doit être rigide et 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.

NOTE — Pour les déversoirs en mince paroi, le mur sur lequel ils sont construits doit être exempt de saillies et sa face amont ne doit pas dépasser la face du déversoir. À l'aval, le dispositif de mesurage doit être tel qu'il ne perturbe pas l'aération de la lame déversante.

### 6.2.4 Aval du dispositif de mesurage

Le chenal en aval du dispositif de mesurage est généralement sans importance, car le déversoir, ou le canal jaugeur, a 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 ou du canal jaugeur peuvent faire naître des bancs de débris 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 ou le canal jaugeur. Par conséquent, il faut supprimer toute accumulation de débris en aval du dispositif de mesurage.

## 7 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 les chenaux d'approche du déversoir et du canal jaugeur soient, dans la mesure du possible, maintenus propres et exempts de limon et de végétation sur une distance au moins égale à celle spécifiée en 6.2.2. Le puits à flotteur et l'entrée du chenal d'approche doivent aussi être maintenus propres et exempts de dépôts.

Le col et le convergent d'un canal jaugeur doivent être maintenus propres et exempts d'algues.

Le déversoir doit être maintenu propre et exempt de toute accumulation de débris et on doit prendre soin, au cours du nettoyage, de ne pas en détériorer la crête.

## 8 MESURAGE DE LA CHARGE

### 8.1 Généralités

La charge en amont du dispositif de mesurage peut être mesurée au moyen d'une pointe limnimétrique recourbée, d'une pointe limnimétrique droite ou d'une sonde limnimétrique là où des mesurages ponctuels sont nécessaires, ou au moyen d'un limnigraphe à flotteur là où il faut un enregistrement continu. L'emplacement de la section de mesurage de la charge est fixé en 9.3, 10.3 et 11.1.5, et, dans beaucoup de cas, il est préférable de mesurer les charges dans un puits de mesurage séparé afin de réduire l'influence des irrégularités de la surface.

Les débits obtenus par la formule de calcul sont des débits-volumes et la densité du liquide n'affecte pas le débit-volume pour une charge donnée, à condition que la charge agissante soit mesurée dans un liquide de même masse volumique. Si le mesurage s'effectue dans un puits séparé, il peut être nécessaire de corriger la différence de masse volumique au cas où la température du puits serait sensiblement différente de celle du liquide en écoulement. Toutefois, on admet ici que les masses volumiques sont égales.

### 8.2 Puits de mesurage ou puits à flotteur

Si l'on utilise un puits de mesurage, il doit être vertical et avoir une marge d'au moins 0,60 m (2 ft) au-dessus du niveau maximal de l'eau susceptible d'être enregistré.

Il doit être relié à la rivière 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 charge.

Toutefois, la tuyauterie 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 (0,02 ft) près.

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

Le puits doit être assez profond pour que le limon qui pourrait y pénétrer n'entraîne pas la chute du flotteur. L'installation du puits à flotteur peut comprendre une chambre intermédiaire, placée entre le puits de mesurage et le chenal d'approche, de proportions analogues à celles du puits de mesurage pour permettre au limon et aux autres particules de s'évacuer.

### 8.3 Repérage du zéro

Pour vérifier l'emplacement du zéro sur le dispositif de mesurage de la charge, il faut prévoir une pointe, dont l'extrémité placée exactement au niveau du seuil du déversoir ou du radier du col, est fixée, en permanence, dans le chenal d'approche ou bien dans le puits de mesurage ou le puits à flotteur, s'ils ont été prévus.

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

Si l'on réduit les dimensions du déversoir ou celles du canal jaugeur ainsi que la charge, les faibles erreurs de construction de repérage du zéro et de lecture de l'appareil de mesurage de la charge deviennent plus importantes.

## 9 DÉVERSOIRS TRIANGULAIRES EN MINCE PAROI

### 9.1 Spécifications relatives au déversoir normalisé

Dans la gamme des conditions pour lesquelles les données expérimentales disponibles sont valables, le déversoir triangulaire en mince paroi est l'un des dispositifs les plus précis pour le mesurage de débit. Il est d'un prix abordable, simple à construire et facile à installer. Un déversoir triangulaire en mince paroi normalisé est représenté à la figure 2.

Le déversoir normalisé doit être formé d'une échancrure en V symétrique, située dans une mince paroi verticale. La bissectrice de l'angle de l'échancrure doit être verticale et équidistante des côtés du chenal d'approche. La paroi du déversoir doit être lisse et plane, surtout sur la face amont, et elle doit être perpendiculaire aux parois et au fond du chenal.

NOTE – Dans la présente Norme Internationale, une surface «lisse» doit avoir un état de surface équivalent à celui d'une plaque en métal laminé.

Les surfaces de la crête doivent être des surfaces planes, d'une largeur (mesurée perpendiculairement à la face amont de la paroi) comprise entre 1 et 2 mm (0,04 et 0,08 in) et qui doivent former à leur intersection avec la face amont de la paroi du déversoir une arête vive rectangulaire. Ces surfaces doivent être usinées (ou limées) perpendiculairement à la face amont, les arêtes doivent être exemptes de bavures d'usinage et de rayures et n'avoir subi de contact d'aucun tissu ou papier abrasif. Les arêtes aval du déversoir doivent être chanfreinées si la paroi du déversoir est plus épaisse que la largeur de crête admissible. La surface du chanfrein doit faire, avec la surface de la crête, un angle au moins égal à  $45^\circ$ . La plaque du déversoir est généralement en métal; de préférence en métal susceptible de résister à l'érosion et à la corrosion.

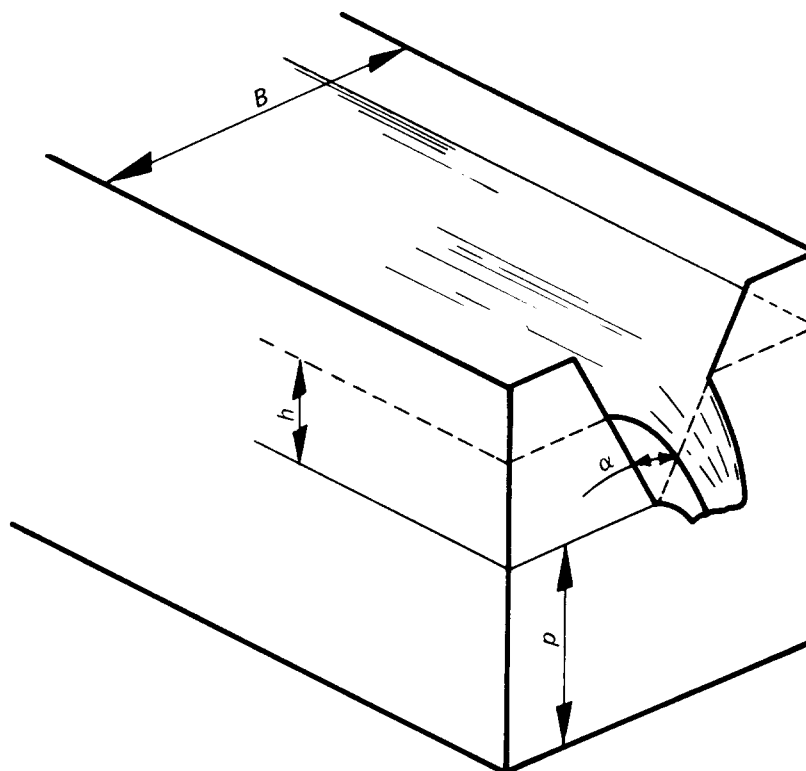


FIGURE 2 – Déversoir triangulaire en mince paroi

## 9.2 Spécifications relatives à l'installation

En plus des conditions spécifiées au chapitre 6, les suivantes doivent être satisfaites :

Le déversoir doit être placé dans un chenal rectiligne, lisse, horizontal (à fond uni) et rectangulaire. Exceptionnellement, la forme du chenal importe peu quand l'ouverture effective du déversoir est suffisamment petite par rapport au chenal amont pour que la vitesse d'approche soit négligeable. Le chenal en amont du déversoir, décrit par la suite comme le chenal d'approche normalisé, doit avoir une longueur suffisante pour permettre la distribution normale des vitesses (écoulement uniforme) pour tous les débits : ou bien ce chenal doit être aménagé et muni de chicanes et d'écrans de façon à obtenir la distribution normale des vitesses et la turbulence normale dans le chenal d'approche (voir 6.2.2).

## 9.3 Emplacement de la section de mesurage de la charge

Des piézomètres ou une station limnimétrique, permettant

de mesurer la charge sur le déversoir, doivent se trouver à une distance suffisante en amont du déversoir pour éviter la région d'abaissement de la surface. D'autre part, ils doivent se trouver assez près du déversoir pour que la perte de charge, entre la section de mesurage et le déversoir, soit négligeable. Il est recommandé que la section de mesurage de la charge se trouve à une distance égale à 3 ou 4 fois la charge maximale ( $3h_{\max}$  à  $4h_{\max}$ ), en amont du déversoir.

## 9.4 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, sur 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.

NOTE — L'écoulement libre (dénoyé) est défini, ici, comme l'écoulement indépendant des variations du niveau d'eau aval. Ce niveau d'eau aval devrait se trouver à au moins 0,1 m (0,3 ft) au-dessous du point le plus bas de l'échancrure.

**9.5 Formule fondamentale de débit (Kindsvater-Shen)**

La formule fondamentale de débit pour un déversoir triangulaire en mince paroi est la formule de Kindsvater-Shen

$$Q = C_e \frac{8}{15} \sqrt{2g} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} h_e^{5/2} \dots (1)$$

où

$Q$  est le débit-volume, en mètres cubes par seconde (feet cubes par seconde);

$C_e$  est le coefficient de débit (nombre pur);

$g$  est l'accélération due à la pesanteur, en mètres par seconde carrée (feet par seconde carrée);

$\alpha$  est l'angle formé par les parois de l'échancrure (en radians ou en degrés);

$h_e$  est la charge piézométrique effective par rapport au sommet de l'échancrure, en mètres (feet).

Pour les eaux à températures ordinaires, c'est-à-dire comprises entre 5 et 30 °C (40 et 85 °F), le coefficient de débit,  $C_e$ , a été déterminé expérimentalement comme étant fonction de trois variables,

$$C_e = f\left(\frac{h}{p}, \frac{p}{B}, \alpha\right) \dots (2)$$

où

$h$  est la charge mesurée, en mètres (feet);

$p$  est la hauteur de pelle, en mètres (feet);

$B$  est la largeur du chenal amont.

La charge effective,  $h_e$ , dans la formule (1), est définie par la formule suivante :

$$h_e = h + k_h \dots (3)$$

où  $k_h$  est la grandeur déterminée expérimentalement, en mètres (feet), qui compense les influences de la tension superficielle et de la viscosité.

**9.5.1 Évaluations de  $C_e$  et de  $k_h$**

Les valeurs des coefficients déterminés expérimentalement et nécessaires pour caractériser le débit pour toute une gamme utile de valeurs pour  $h/p$  et  $p/B$ , ne sont valables que pour une seule valeur de  $\alpha$ , c'est-à-dire pour  $\alpha = 90^\circ$ .

Il est recommandé de donner une valeur constante à  $k_h$ ,  $k_h = 0,85 \text{ mm}$  (0,002 8 ft), pour les valeurs de  $C_e$  indiquées sur la figure 3.

Les déversoirs triangulaires en mince paroi qui couvrent, pour  $\alpha$ , une gamme de valeurs comprises entre  $10^\circ$  et  $120^\circ$ , ont été étudiés par un grand nombre de chercheurs. Toutefois, la gamme des valeurs de  $p/B$  et de  $h/p$ , couverte par les données disponibles, est très limitée. Les conditions remplies par presque toutes les données expérimentales disponibles sur les déversoirs triangulaires en mince paroi couvrant, pour  $\alpha$ , une gamme de valeurs comprises entre  $10^\circ$  et  $120^\circ$  (excepté pour  $\alpha = 90^\circ$ ) se trouvent dans les limites où  $C_e$  est fonction de  $\alpha$  seulement. Pour de tels déversoirs, pouvant être décrits comme «totalemment contractés», les données expérimentales dont on dispose donnent les valeurs de  $C_e$  indiquées sur la figure 4. Les valeurs correspondantes de  $k_h$  sont indiquées sur la figure 5. Dans les deux figures, les courbes sont indiquées en pointillé pour des valeurs de  $\alpha$  inférieures à  $20^\circ$  ou supérieures à  $100^\circ$ . Pour  $\alpha$  compris entre  $20^\circ$  et  $100^\circ$ , on recommande ces coefficients pour les mesurages de débit normalisés. Hors de ces limites, ces coefficients ne sont pas bien définis.

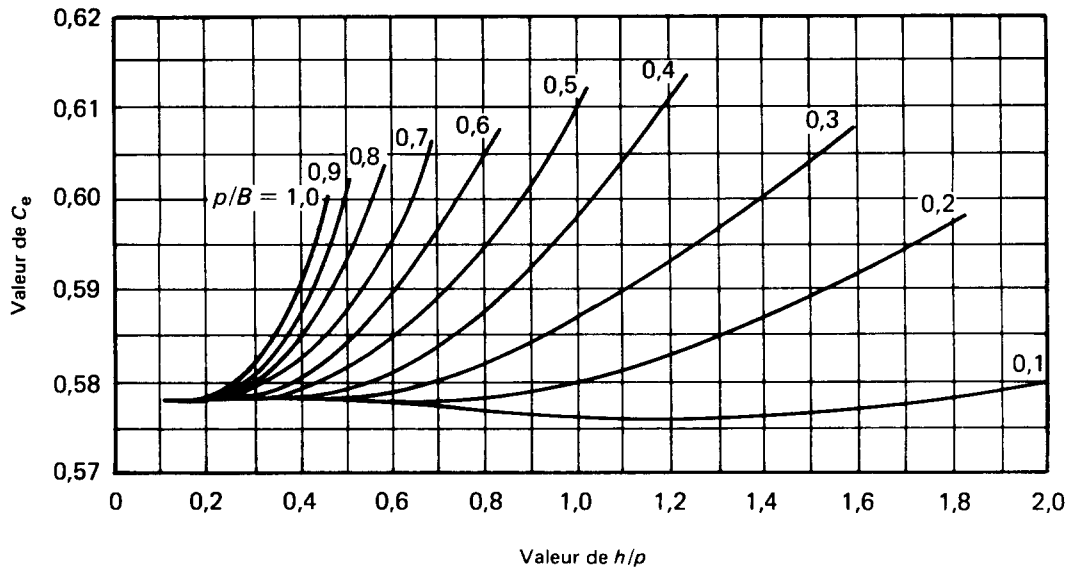


FIGURE 3 – Coefficient de débit  $C_e$  ( $\alpha = 90^\circ$ )

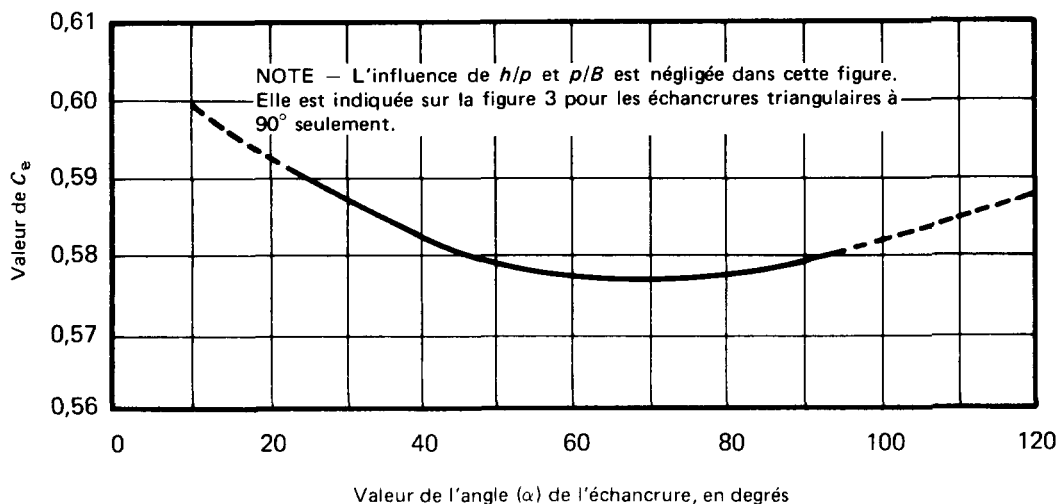


FIGURE 4 — Coefficient de débit  $C_e$  par rapport à l'angle de l'échancrure

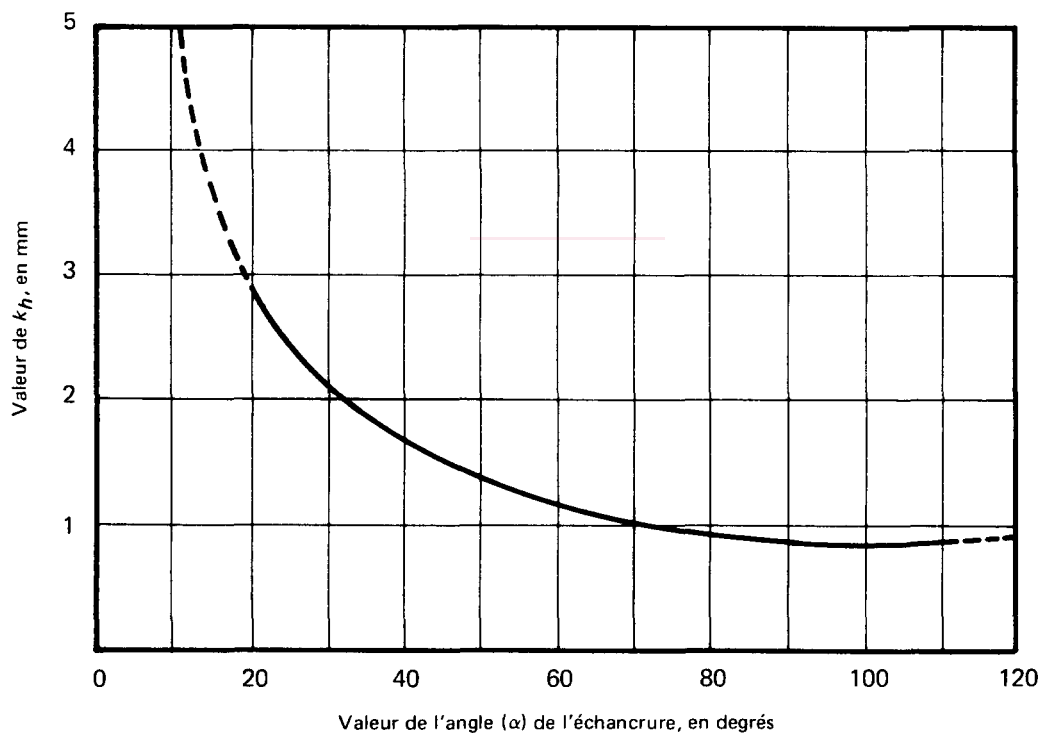


FIGURE 5 — Valeur de  $k_h$  par rapport à l'angle de l'échancrure

**9.5.2 Limitations d'ordre pratique sur  $h/p$ ,  $p/B$ ,  $h$  et  $p$**

Des limitations d'ordre pratique sur  $h/p$  et  $p/B$  sont dues aux difficultés de mesurer la charge et aux erreurs provoquées par les remous et les vagues qui se manifestent dans le chenal d'approche quand la vitesse d'approche est grande par rapport à la profondeur de l'écoulement. Les données expérimentales dont on dispose sont insuffisantes pour établir les limitations sur  $h/p$  et  $p/B$  qui sont liées à

cette condition. La gamme des valeurs pour  $h/p$  et  $p/B$  représentée par les courbes de la figure 3 (pour  $\alpha = 90^\circ$  seulement) est une gamme complète et utilisable.

NOTE — Des limitations sur  $h/p$ , correspondant à de plus petites valeurs de  $p/B$ , n'ont pas été établies, mais on admet que la valeur maximale admissible pour  $h/p$  augmente quand la valeur de  $p/B$  diminue. Des limitations pour  $h/p$  seront définies à partir des caractéristiques de l'écoulement et des conditions qui influencent la précision du mesurage de la charge.