

NORME  
INTERNATIONALE

ISO  
4374

Deuxième édition  
1990-03-15

---

---

**Mesure de débit des liquides dans les canaux  
découverts — Déversoirs horizontaux à seuil  
épais arrondi**

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
*Liquid flow measurement in open channels — Round-nose horizontal broad-crested  
weirs*  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 4374:1990

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e3c50ea0-2421-4a3f-9020-8db4ae5782d5/iso-4374-1990>

INTERNET

ISO



Numéro de référence  
ISO 4374 : 1990 (F)

## 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 en général 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. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

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 4374 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 113, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 4374 : 1982), dont elle constitue une révision technique.

Les annexes A, B et C font partie intégrante de la Norme internationale.

NOTE — Les critères de choix des déversoirs et des canaux jaugeurs pour le mesurage de débit de l'eau dans les canaux découverts sont donnés dans l'ISO 8368 : 1985, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Principes directeurs pour le choix d'un dispositif de jaugeage*.

# Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Déversoirs horizontaux à seuil épais arrondi

## 1 Domaine d'application

**1.1** La présente Norme internationale traite de la mesure du débit dans les rivières et chenaux artificiels à écoulement permanent à l'aide de déversoirs horizontaux à seuil épais arrondi (voir figures 1 et 2).

**1.2** Les conditions d'écoulement considérées se limitent aux écoulements permanents ne dépendant que de la hauteur de charge à l'amont. Les écoulements noyés sur lesquels influent tant le niveau à l'amont que le niveau à l'aval ne font pas l'objet de la présente Norme internationale.

**1.3** Le déversoir horizontal à seuil épais arrondi a une gamme de débit et une limite modulaire satisfaisantes et convient particulièrement pour les installations de petite ou de moyenne taille. Il est particulièrement robuste et insensible aux dommages matériels mineurs.

## 2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur cette Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 772 : 1988, *Mesurage du débit des liquides dans les canaux découverts — Vocabulaire et symboles.*

ISO 5168 : 1978, *Mesure de débit des fluides — Calcul de l'erreur limite sur une mesure de débit.*

## 3 Définitions et symboles

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions données dans l'ISO 772 s'appliquent. Une liste complète de symboles avec les unités de mesure correspondantes est donnée dans l'annexe A.

## 4 Installation

### 4.1 Choix de l'emplacement

**4.1.1** Le déversoir doit être situé dans un tronçon de chenal rectiligne, dépourvu d'obstructions locales, de rugosités ou d'inégalités du lit.

**4.1.2** 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 tel) aux conditions nécessaires au mesurage de débit au moyen du déversoir. On veillera en particulier aux points suivants dans le choix de l'emplacement:

- a) existence d'une longueur suffisante du chenal, à section droite régulière (voir 4.2.2.2);
- b) uniformité de la répartition des vitesses existante (voir annexe B);
- c) nécessité d'éviter un chenal à forte pente (mais voir 4.2.2.6);
- d) effets de l'augmentation des niveaux de l'eau en amont, due au dispositif de mesurage;
- e) conditions en aval (y compris les influences telles que marées, confluents avec d'autres cours d'eau, vannes, barrages et autres dispositifs 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 de maîtriser les fuites;
- g) nécessité pour les rives de retenir le débit maximal de crue dans le chenal;
- h) stabilité des rives et nécessité de les nettoyer et/ou de les garnir d'un revêtement dans le cas de chenaux naturels;
- i) uniformité de la section du chenal d'approche;
- j) effet du vent qui peut être 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;
- k) croissance d'herbes aquatiques;
- l) transport solide.

**4.1.3** Si l'emplacement ne remplit pas les conditions requises pour effectuer des mesurages satisfaisants, ou si un examen du courant montre que la répartition des vitesses dans le chenal d'approche diffère de manière appréciable de celle qui est indiquée dans les exemples de l'annexe B, il ne faut pas l'utiliser à moins qu'il soit possible d'y apporter les améliorations nécessaires. Le fonctionnement de l'installation peut également être vérifié par des mesures de débit indépendantes.

## 4.2 Conditions d'installation

### 4.2.1 Spécifications générales

**4.2.1.1** L'installation complète de mesurage comprend un chenal d'approche, un déversoir 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 et influence des dispositifs de contrôle en amont ou en aval du dispositif de jaugeage.

**4.2.1.2** La répartition et la direction des vitesses peuvent avoir une influence importante sur le fonctionnement du déversoir (voir 4.2.2 et annexe B).

**4.2.1.3** Une fois le déversoir installé, tout changement matériel apporté à l'installation modifie les caractéristiques de débit.

### 4.2.2 Chenal d'approche

**4.2.2.1** Si le débit dans le chenal d'approche est perturbé par des irrégularités de la couche limite, telles que gros cailloux ou affleurements de roches, ou par une courbe, une vanne ou tout autre élément provoquant une asymétrie de l'écoulement dans le chenal, il peut se produire des erreurs importantes dans la mesure. L'écoulement dans le chenal d'approche doit avoir une répartition symétrique des vitesses (voir annexe B) et la meilleure manière de réaliser cette condition est de prévoir un long chenal d'approche rectiligne de section uniforme.

**4.2.2.2** Une longueur droite du chenal d'approche égale à cinq fois la largeur du cours d'eau à son débit maximal suffit en général, dans la mesure où la pénétration de l'eau dans le chenal ne se fait pas à grande vitesse par un coude à angle aigu ou une écluse oblique. La longueur de chenal uniforme peut néanmoins être augmentée avec profit si cela est possible.

**4.2.2.3** la longueur du chenal d'approche uniforme indiquée en 4.2.2.2 correspond à la distance située en amont du point de mesure de la charge. Dans un chenal naturel, cependant, il ne serait pas rentable de bétonner le lit et les berges sur une telle distance et il peut être nécessaire de prévoir une contraction en plan si la largeur entre les parois verticales du chenal canalisé est inférieure à la largeur du chenal naturel. La portion non canalisée du chenal en amont de la contraction doit néanmoins respecter les conditions de 4.2.2.1 et 4.2.2.2.

**4.2.2.4** Les parois latérales verticales ménageant la contraction en plan doivent être disposées symétriquement par rapport à l'axe du chenal et doivent, de préférence, être incurvées sur

un rayon  $R$  d'au moins  $2H_{\max}$  vu en plan. Le point de tangence doit se situer à au moins  $H_{\max}$  en amont de la section de mesure de la hauteur de charge. La hauteur des parois latérales doit être choisie de manière à pouvoir contenir le débit maximal de projet.

**4.2.2.5** Dans un chenal exempt de débris flottants ou en suspension, on peut également établir de bonnes conditions d'approche 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  $10H_{\max}$ .

**4.2.2.6** Dans certaines conditions, un ressaut peut apparaître en amont du dispositif de mesurage, par exemple si le chenal d'approche est en forte pente. Si ce ressaut est à une distance en amont au moins égale à  $30H_{\max}$ , on peut effectuer le mesurage du débit, sous réserve qu'il existe une répartition régulière des vitesses au niveau de la station de jaugeage.

**4.2.2.7** L'état du chenal d'approche peut être vérifié par examen visuel ou par des mesures pour lesquelles on dispose de plusieurs techniques telles que moulinets, flotteurs, bâtons de vitesse ou solutions concentrées de colorants, la dernière technique servant à vérifier les conditions au fond du chenal. Une estimation complète et quantitative de la répartition des vitesses peut être effectuée à l'aide de moulinets. La répartition des vitesses doit alors être vérifiée par référence à l'annexe B.

## 4.3 Structure du déversoir

**4.3.1** La structure doit être rigide, étanche et capable de résister aux écoulements de crue sans être endommagée par des débordements ou l'érosion aval. La crête du déversoir doit être perpendiculaire à la direction de l'écoulement et la géométrie doit correspondre aux dimensions données dans les chapitres qui s'y rapportent.

**4.3.2** Les surfaces du déversoir et des butées verticales le flanquant doivent être lisses; elles peuvent être en béton recouvert, pour la finition, d'une couche de ciment lisse ou d'un matériau lisse non sujet à la corrosion. Dans les installations de laboratoire, la finition doit être équivalente à celle d'une tôle laminée ou d'un bois raboté, poncé et peint. L'état de surface est particulièrement important sur le seuil horizontal, mais les conditions peuvent être moins sévères au-delà d'une distance longitudinale de  $1/2H_{\max}$  en amont et en aval de la crête.

**4.3.3** Pour minimiser les erreurs sur la mesure du débit, il convient, lors de la construction, de s'efforcer de respecter les tolérances suivantes :

- sur la largeur de la crête: 0,2 % de cette largeur avec un maximum de 0,01 m;
- sur les surfaces horizontales: pente de 0,1 % (1 mm/m).

La structure doit être mesurée dès son achèvement et à intervalles réguliers par la suite, et si ses dimensions s'écartent des dimensions théoriques de plus que les tolérances admissibles, le débit doit être calculé de nouveau.

#### 4.4 Structure de mesurage mobile

**4.4.1** Pour répondre aux besoins de la gestion des eaux, il est nécessaire dans bien des cas de mesurer les débits et aussi de régler le niveau de l'eau ou le débit au même emplacement. La structure mixte de mesurage et de réglage fournit la solution la plus économique. Le déversoir horizontal mobile à seuil arrondi peut être construit avec une seule glissière verticale dans laquelle la plaque de support de la crête du déversoir peut être remontée ou abaissée selon le niveau de crête souhaité. Une paroi de guidage verticale fondée sur le lit du chenal et parallèle à la plaque de support forme une barrière étanche pour le déversoir mobile.

**4.4.2** Dans le cas où une chasse régulière de sédiments est nécessaire, le déversoir peut être construit avec deux glissières. Le déversoir mobile est placé dans la glissière aval et la glissière amont est équipée d'une vanne de fond. Lors du mesurage du débit, la vanne de fond est posée sur le lit. Pour assurer la chasse des sédiments déposés en amont du déversoir, la vanne peut être ouverte en la reliant au déversoir mobile et en relevant ensemble le déversoir et la vanne.

**4.4.3** Le déversoir mobile à deux glissières verticales est le type le plus couramment utilisé. Ce déversoir télescopique comprend deux plaques coulissantes et un déversoir mobile qui sont montés sur un châssis guide en acier de la façon suivante:

- a) La vanne inférieure est bloquée en place dans les conditions de fonctionnement et sert de butée supérieure pour le déversoir mobile.
- b) La glissière supérieure est reliée à la vanne inférieure à l'aide de deux feuillards en acier placés dans les rainures du châssis et agit comme un limiteur supérieur pour le déversoir mobile.
- c) Le déversoir mobile est relié par deux feuillards en acier à une poutrelle de levage horizontale. La crête du déversoir est horizontale dans les deux sens. Son arête amont est arrondie de telle façon que l'écoulement ne décolle pas.

La figure 2 représente le déversoir horizontal à seuil épais arrondi en tant que structure de mesurage et de réglage.

#### 4.5 Conditions en aval

Les conditions en aval de la structure sont importantes parce qu'elles contrôlent le niveau d'eau aval. Ce niveau est l'un des facteurs qui déterminent si, au niveau du déversoir, l'écoulement sera dénoyé ou noyé. Il est donc essentiel de calculer ou de noter les niveaux d'eau aval sur toute la gamme des débits et, en fonction de ces renseignements, de prendre une décision sur le type de déversoir à utiliser et sa forme géométrique.

### 5 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 soit, dans la mesure du possible, maintenu propre et exempt de limon et de végétation

sur une distance au moins égale à celle spécifiée en 4.2.2.2. Le puits à flotteur et l'entrée du chenal d'approche doivent aussi être maintenus propres et exempts de dépôts.

La structure du déversoir doit être maintenue propre et exempte de toute accumulation de débris et on doit prendre soin, au cours du nettoyage, de ne pas endommager la crête du déversoir.

## 6 Mesure de la hauteur de charge

### 6.1 Caractéristiques générales

**6.1.1** En cas de mesures ponctuelles, la charge en amont de la crête du déversoir peut être mesurée à l'aide d'échelles limnimétriques verticales ou inclinées, de pointes limnimétriques recourbées ou droites, de sondes limnimétriques visuelles ou électriques. En cas d'enregistrement en continu, il faut utiliser des limnigraphes. L'emplacement de la section de mesure de la hauteur de charge est indiqué en 7.2.

**6.1.2** Plus la taille du déversoir et la hauteur de charge correspondante sont petites, plus les écarts de construction, de réglage du zéro et de lecture du dispositif de mesurage de la charge, même petits, prennent d'importance relative.

### 6.2 Puits de mesurage

**6.2.1** Il est habituel de mesurer la hauteur de charge dans un puits de mesurage séparé pour réduire les effets des irrégularités de surface. Dans ce cas, il est souhaitable également de mesurer la hauteur de charge dans le chenal d'approche à titre de vérification.

**6.2.2** Le puits de mesurage doit être vertical et de hauteur et/ou de profondeur suffisantes pour couvrir toute la gamme des niveaux d'eau, et avoir une hauteur minimale de 0,3 m au-dessus du niveau maximal escompté. À l'endroit recommandé pour la mesure de la hauteur de charge, le puits doit être raccordé au chenal d'approche par une tuyauterie ou une fente.

**6.2.3** Le puits et la tuyauterie de raccordement ou la fente doivent être étanches et, lorsque le puits est prévu pour loger le flotteur d'un limnigraphe, il doit être de taille et de profondeur suffisantes pour laisser un jeu au flotteur quel que soit le niveau de l'eau. Le flotteur ne doit pas se trouver à moins de 0,075 m de la paroi du puits.

**6.2.4** La tuyauterie ou la fente doivent avoir leur point le plus bas à au moins 0,06 m en dessous du niveau le plus bas à enregistrer. Elles doivent être arasées à la paroi du chenal d'approche et déboucher perpendiculairement à celle-ci. La paroi du chenal d'approche doit être uniforme et lisse ( finition équivalant à celle du béton soigneusement fini), sur une distance égale à 10 fois le diamètre de la tuyauterie ou la largeur de la fente à partir de l'axe du raccordement. La tuyauterie ne peut être inclinée par rapport à la paroi que si elle est munie d'un couvercle ou d'une plaque affleurant la paroi et percée de trous, dont les bords ne doivent être ni arrondis ni matés.

**6.2.5** Une profondeur de réserve doit être prévue dans le puits pour empêcher l'échouage des flotteurs sur le fond ou sur les limons ou les débris accumulés. Le puits de mesurage peut comporter une chambre intermédiaire de dimensions et de proportions similaires placée entre lui et le chenal d'approche, pour permettre le dépôt des limons et autres débris à un endroit où il est facile de les repérer et de les éliminer.

**6.2.6** Le diamètre de la tuyauterie de raccordement ou la largeur de la fente doivent être suffisants pour permettre au niveau d'eau dans le puits de suivre les fluctuations en hausse ou en baisse de la hauteur de charge sans retard appréciable, mais aussi suffisamment petits, compte tenu des exigences d'entretien, pour amortir les oscillations dues aux ondes de courte période.

**6.2.7** Il n'est pas possible de fixer des règles strictes pour la détermination de la taille de la tuyauterie de raccordement, car ce paramètre dépend des conditions particulières de l'installation considérée: par exemple, si l'emplacement est à découvert et donc exposé aux vagues, si le diamètre du puits doit être suffisant pour loger les flotteurs des limnigraphes. Il est préférable d'avoir un raccord plutôt trop large que trop étroit, car il est facile d'ajouter ultérieurement une restriction si l'amortissement des ondes de courte période ne se fait pas convenablement. Il est généralement suffisant d'avoir une tuyauterie de 100 mm de diamètre pour les mesures de débit *in situ*. Un diamètre de 3 mm peut convenir pour les mesures précises en écoulement permanent en laboratoire.

### 6.3 Réglage du zéro

**6.3.1** Pour obtenir une bonne précision globale, il est essentiel de régler initialement le zéro du système de mesure de façon précise par rapport au seuil du déversoir et de vérifier régulièrement ce réglage par la suite.

**6.3.2** Un dispositif précis de vérification du zéro est nécessaire. Le zéro de l'instrument doit être réglé par référence directe au seuil du déversoir, et un enregistrement doit être fait des réglages effectués dans le chenal d'approche et dans le puits de mesurage. Une vérification du zéro basée sur le niveau d'eau (quand l'écoulement cesse ou juste au moment où il commence) est sujette à des erreurs importantes par suite des effets de tension superficielle, elle est donc à proscrire.

**6.3.3** Dans le cas d'un déversoir mobile, le niveau de l'eau en amont et le niveau de la crête varient. L'élévation de la ligne de crête peut être lue à partir d'un limnimètre fixe. Une méthode caractéristique de mesure du niveau de la crête consiste à fixer cette échelle sur une culée, parallèlement à la barre de levage; un index fixé à celle-ci indique le niveau de la crête.

Le déversoir est amené à un certain niveau. La lecture du limnimètre fixe, sur la butée, est enregistrée et le réglage du zéro décrit en 6.3.2 peut être effectué.

Une lecture directe peut être obtenue en construisant le puits de tranquillisation près de la barre de levage. Le limnimètre est relié à la barre de levage de telle sorte qu'elle se déplace dans le puits de tranquillisation, alors que son zéro coïncide avec l'élévation de la crête. Cette méthode peut également être appliquée pour des enregistrements continus.

## 7 Déversoirs horizontaux à seuil épais arrondi

### 7.1 Définition

**7.1.1** Un déversoir normalisé comporte un seuil vraiment plan et horizontal entre deux culées. L'arête amont doit être arrondie de manière à ne pas provoquer de décollement de l'écoulement et l'arête aval doit être

- soit arrondie,
- soit en pente oblique,
- soit verticale.

Le déversoir doit être placé perpendiculairement au sens de l'écoulement dans le chenal d'approche.

**7.1.2** Les dimensions du déversoir et de ses culées doivent être conformes aux indications de la figure 1. Le rayon de l'arête amont,  $r$ , ne doit pas être inférieur à  $0,2 H_{\max}$ . La longueur de la partie horizontale du seuil ne doit pas être inférieure à  $1,75 H_{\max}$  et la somme de la longueur du seuil et du rayon de l'arête arrondie ne doit pas être inférieure à  $2,25 H_{\max}$ .

**7.1.3** Dans le cas d'un déversoir mobile, le corps du déversoir peut être fait d'une plaque en acier ou en aluminium. Si le déversoir comprend une crête fixe, il peut être fait d'une plaque métallique ou en béton bien fini.

Si la structure doit être utilisée pour régler et pour mesurer les débits, ce qui est souvent le cas pour l'irrigation, la construction prendra alors la forme d'une structure déversante coulissante verticalement, déplaçable manuellement ou mécaniquement.

### 7.2 Emplacement de la section de mesure de la hauteur de charge

**7.2.1** La hauteur de charge sur le déversoir doit être mesurée en un point situé suffisamment loin du seuil en amont pour ne pas être affectée par les effets d'abaissement de la surface, mais suffisamment proche, néanmoins, pour que la perte de charge entre la section de mesure et l'arête amont du déversoir puisse être considérée comme négligeable. Il est recommandé de placer la section de mesure à une distance comprise entre trois et quatre fois  $H_{\max}$  en amont du bloc du déversoir.

**7.2.2** La hauteur de la crête, si cette dernière est mobile, doit être mesurée simultanément avec le niveau de l'eau en amont (voir 6.3.3).

La hauteur de charge  $h$  (voir figure 1) doit être déterminée avec une précision absolue de quelques millimètres (voir 9.2). Une inspection régulière et l'entretien de l'ensemble de la structure sont par conséquent indispensables.

### 7.3 Cas d'un écoulement dénoyé

Un écoulement est dit dénoyé lorsqu'il est indépendant des variations du niveau d'eau aval. Pour aboutir à cette condition, il faut, dans l'hypothèse d'un régime subcritique dans le chenal aval, que la hauteur de charge totale aval ne monte pas au-delà d'un certain pourcentage de  $H$ . Si la face aval du déversoir est

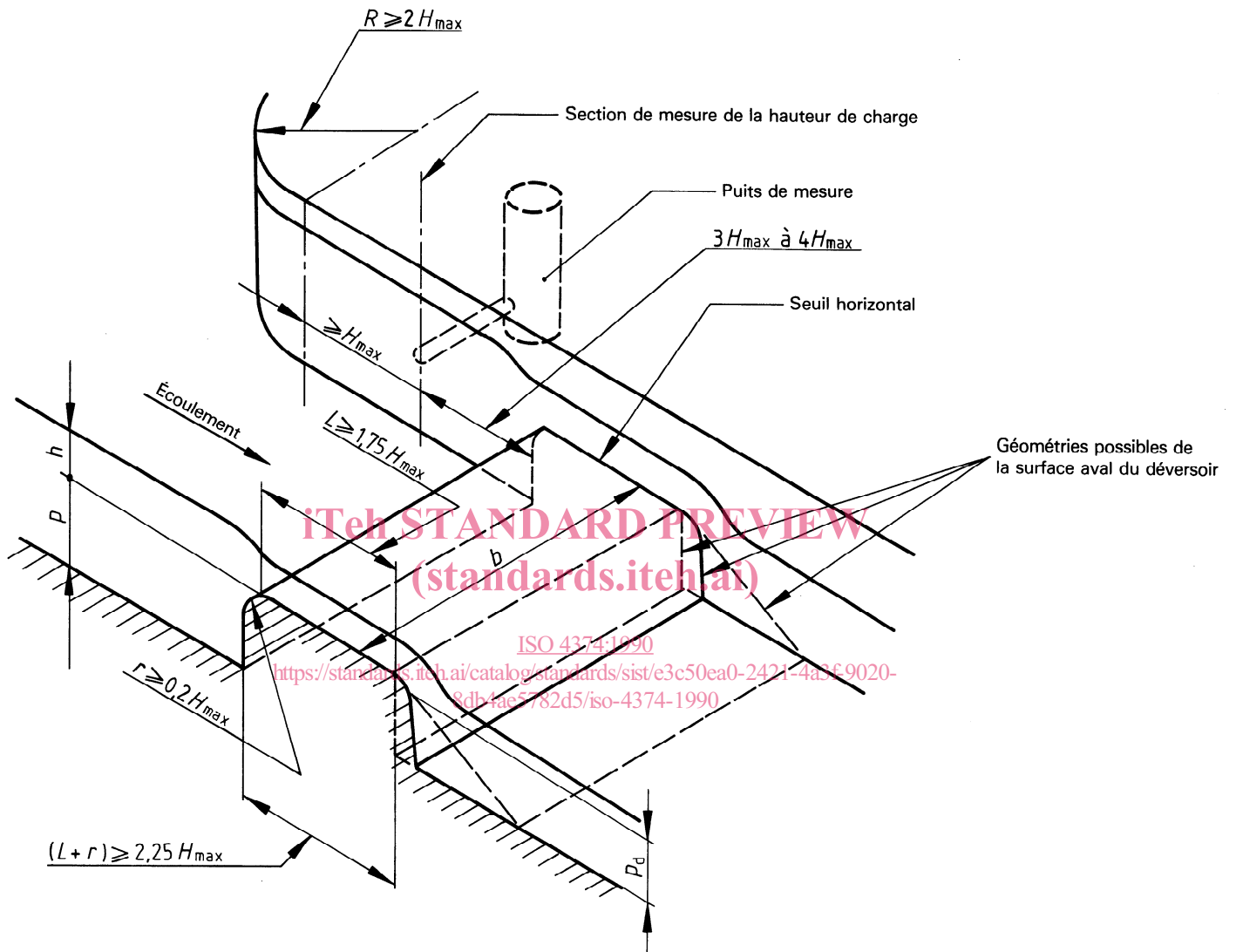
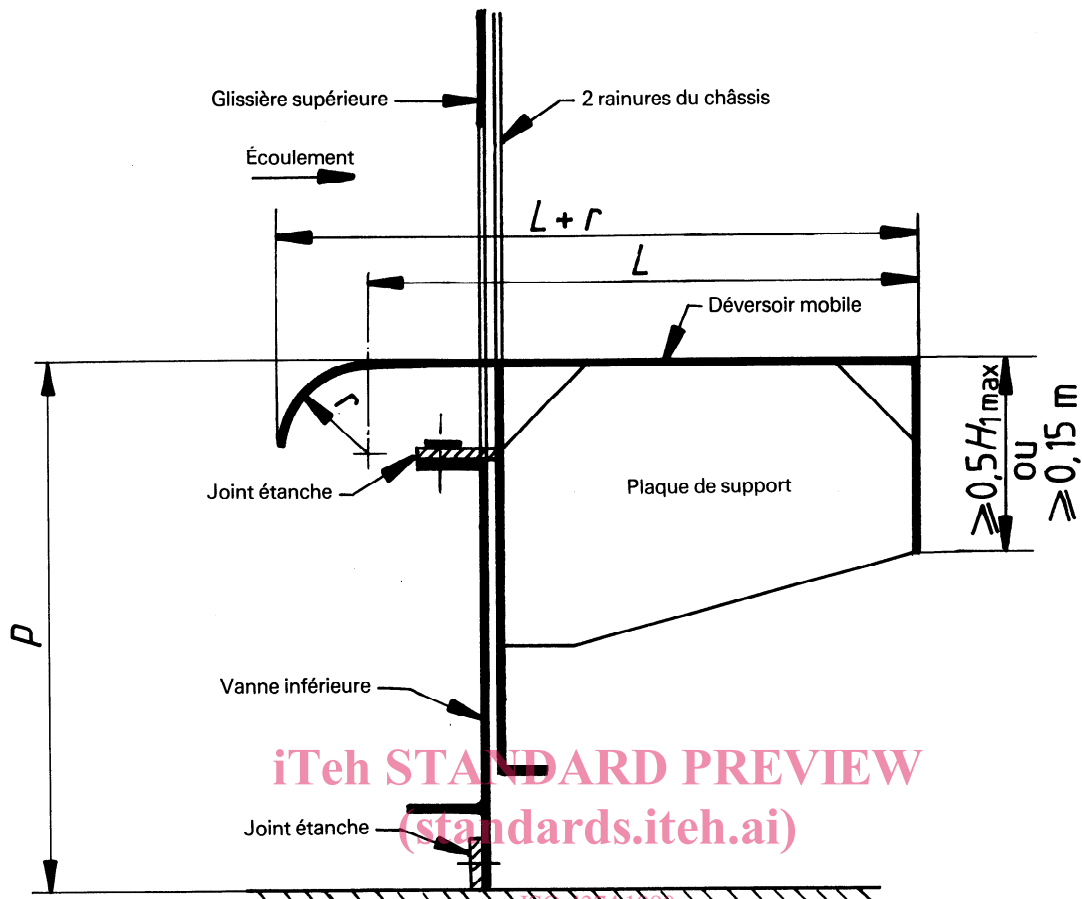


Figure 1 — Déversoir horizontal à seuil épais arrondi — Schéma général



ISO 4374:1990  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e3c50ea0-2421-4a3f-9020-8db4ac5782d5/iso-4374-1990>

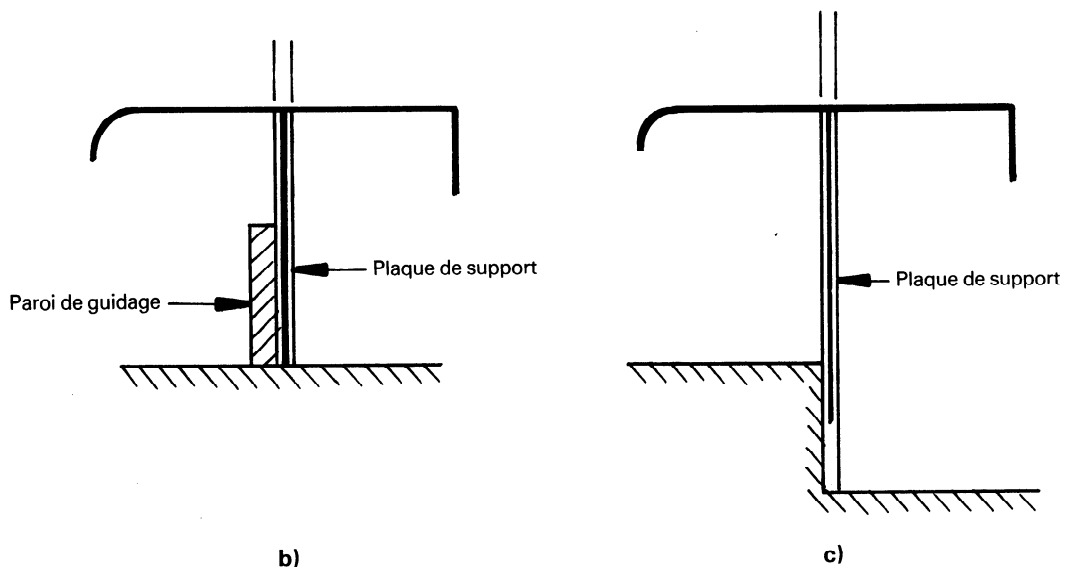


Figure 2 — Structure mixte de mesure et de contrôle d'un déversoir horizontal à seuil épais arrondi



verticale, ce pourcentage dépend de  $H/p_d$ : 63 % pour les faibles valeurs de  $H/p_d$ , montant à 75 % pour  $H/p_d = 0,5$  et à 80 % pour  $H/p_d > 1$ . Ces valeurs s'appliquent aussi à une structure du déversoir mobile. Si le bloc du déversoir a une pente plus faible que  $1/5$  à l'aval, la limite modulaire peut être considérée partout comme supérieure de 5 % à ces valeurs. Dans ce qui précède,  $p_d$  est la hauteur du seuil au-dessus du niveau du lit aval.

## 8 Équations de débit

### 8.1 Équation de base

**8.1.1** La théorie de la profondeur critique, étayée par des données expérimentales, montre que le débit,  $Q$ , sur un déversoir horizontal à seuil épais arrondi peut être représenté à l'aide de l'équation suivante:

$$Q = \left(\frac{2}{3}\right)^{3/2} C_D b \sqrt{g} H^{3/2} \quad \dots (1)$$

où

$C_D$  est le coefficient de débit (sans dimension);

$b$  est la largeur du seuil du déversoir;

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

$H$  est la hauteur de charge totale.

**8.1.2** La hauteur de charge totale,  $H$ , ne pouvant se mesurer directement, l'équation de débit, exprimée en fonction de la hauteur jaugée,  $h$ , par rapport au niveau du seuil, peut s'écrire comme suit:

$$Q = \left(\frac{2}{3}\right)^{3/2} C_D C_v b \sqrt{g} h^{3/2} \quad \dots (2)$$

où  $C_v$  est un autre coefficient sans dimension tenant compte de l'effet de la vitesse d'approche sur le niveau d'eau mesuré en amont du déversoir.

Par définition

$$C_v = \left(\frac{H}{h}\right)^{3/2} \quad \dots (3)$$

**8.1.3** La hauteur de charge totale est liée à la hauteur jaugée par l'équation

$$H = h + \alpha \bar{v}^2 / 2g \quad \dots (4)$$

où

$\bar{v}$  est la vitesse locale moyenne dans le chenal d'approche au niveau de la section transversale où se mesure la hauteur de charge;

$\alpha$  est un coefficient (coefficient d'énergie cinétique ou coefficient de Coriolis) tenant compte du fait que la charge cinétique dynamique excède  $\bar{v}^2/2g$  si la répartition des vitesses dans la section est régulière mais non uniforme.<sup>1)</sup> Pour les besoins de la présente Norme internationale,  $\alpha$  peut être pris égal à 1 compte tenu des tolérances données aux chapitres suivants et des conditions de 4.2 et de l'annexe B.

**8.1.4** On peut déduire des équations (2), (3) et (4) que

$$\frac{3\sqrt{3}(C_v^{2/3} - 1)^{1/2}}{C_v} = \frac{2C_D b h}{A} \quad \dots (5)$$

où  $A$  est l'aire de la section transversale du chenal d'approche en dessous du niveau d'eau observé à la section de mesure.

$C_v$  peut donc être calculé en fonction de  $C_D b h / A$ . La figure 3, qui donne la relation entre  $C_v$  et  $C_D b h / A$ , a été établie pour éviter d'avoir à résoudre l'équation compliquée (5) permettant de déterminer  $C_v$ . On peut obtenir la valeur de  $C_D$  au moyen de l'équation (6) ou (6a).

### 8.2 Calcul du débit

**8.2.1** Il existe deux méthodes courantes de calcul du débit à partir des valeurs de la hauteur mesurée. La première méthode opère par approximations successives et utilise les équations de base de la « hauteur totale ». Cette méthode convient admirablement au traitement des données par ordinateur, celui-ci facilitant efficacement les calculs répétitifs nécessaires. La seconde méthode se fonde sur les rapports établis entre la hauteur mesurée et la hauteur de charge totale pour différentes formes de déversoirs et d'écoulement. On détermine le coefficient de vitesse d'approche,  $C_v$ , de l'équation de débit à partir de tableaux et de graphiques.

**8.2.2** L'équation de base du débit donnée en 8.1 met en jeu la hauteur de charge totale et la hauteur mesurée. L'équation (2) peut être utilisée pour évaluer le débit, les valeurs appropriées de  $C_v$  étant tirées de la figure 3.

**8.2.3** Pour l'eau à des températures ordinaires,  $C_D$  est fonction de la hauteur,  $h$ , de la longueur du seuil dans le sens de

1) Les formules données dans la présente Norme internationale découlent d'expériences où la répartition des vitesses dans le chenal d'approche était relativement uniforme et où  $\alpha$  avoisinait donc l'unité. Si une étude des vitesses au niveau de la section de jaugeage indique  $\alpha > 1,25$ , la station ne respecte visiblement pas les conditions de 4.2 et des améliorations doivent être apportées au chenal d'approche. De façon approximative:

$$\alpha = 1 + 3e^2 - 2e^3$$

$$\text{où } e = \frac{v_{\max}}{\bar{v}} - 1$$

$v_{\max}$  étant la vitesse maximale observée dans la section où la hauteur de charge est mesurée.

l'écoulement, de la rugosité du seuil et du rapport  $h / b$ . Il peut s'exprimer par l'équation suivante :

$$C_D = \left(1 - \frac{2xL}{b}\right) \left(1 - \frac{xL}{h}\right)^{3/2} \dots (6)$$

où

$x = \delta_s / L$  est un facteur tenant compte de l'influence de la couche limite du seuil,

où  $\delta_s$  est l'épaisseur de la couche limite de déplacement ;

$L$  est la longueur de la portion horizontale du seuil dans le sens de l'écoulement.

Dans la plupart des installations ayant un bon fini de surface, la valeur de  $\delta_s / L$  se trouve en pratique dans la gamme de 0,002 à 0,004. Si  $4\,000 < L/k < 10^5$  ( $k$  est la valeur de la rugosité) et  $Re > 2 \times 10^5$  ( $Re$  est le nombre de Reynolds),  $\delta_s / L$  peut être considéré comme égal à 0,003 sans erreur appréciable. L'équation (6) devient donc :

$$C_D = \left(1 - \frac{0,006L}{b}\right) \left(1 - \frac{0,003L}{h}\right)^{3/2} \dots (6a)$$

L'annexe C donne un exemple illustrant avec plus de précision une méthode de calcul de  $C_D$  en fonction de l'épaisseur de déplacement de la couche limite.

Les valeurs de  $C_D$  sont valables tant pour les faces antérieures fermées (crête fixe) que pour les faces antérieures ouvertes (crête mobile).

### 8.3 Limites d'application

**8.3.1** La limite pratique inférieure de  $h$  dépend de l'importance de l'influence des propriétés du fluide et de la rugosité limite. La limite inférieure recommandée est, selon la valeur la plus élevée, 0,06 m ou 0,01  $L$ .

**8.3.2** Les limites de  $H/p$  sont dues aux difficultés rencontrées lorsque le nombre de Froude dans le chenal d'approche dépasse 0,5 et au fait qu'on ne dispose pas de suffisamment de données expérimentales confirmant la théorie à des valeurs élevées de  $H/p$ . La limite supérieure recommandée est  $H/p = 1,5$ .

**8.3.3**  $H/L$  ne doit pas dépasser 0,57. Cette limite est fixée du fait de la nécessité d'assurer un écoulement parallèle au niveau de la section critique sur le seuil.

**8.3.4** La hauteur de pelle,  $p$ , ne doit pas être inférieure à 0,15 m. La largeur du seuil  $b$  ne doit être inférieure ni à 0,3 m, ni à  $H_{\max}$ , ni à  $L/5$ .

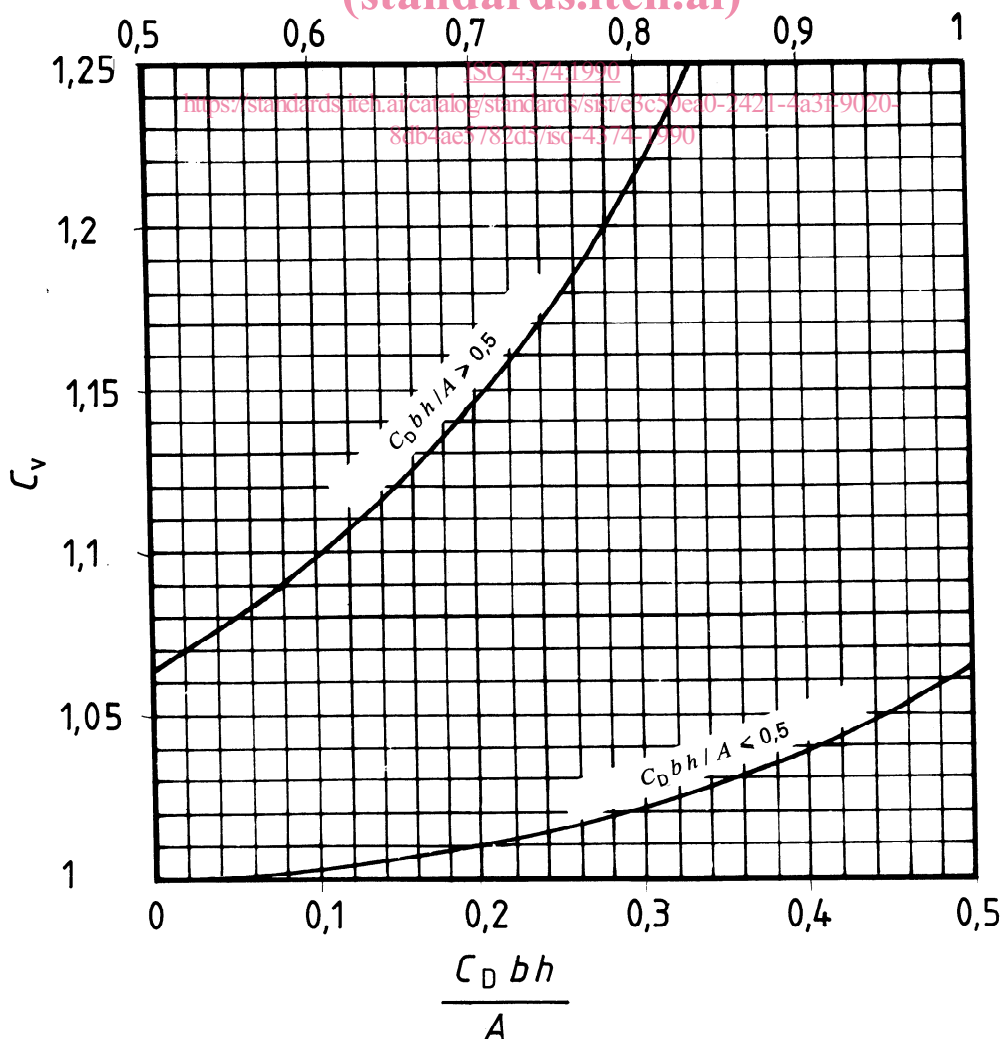


Figure 3 — Coefficient de vitesse d'approche,  $C_v$

## 8.4 Exactitude

**8.4.1** L'exactitude relative des mesurages de débit, effectués avec les déversoirs horizontaux à seuil épais arrondi, dépend de l'exactitude des mesurages de la hauteur de lame, des dimensions du déversoir et de l'exactitude du coefficient de débit qui s'applique au déversoir utilisé.

**8.4.2** En construisant et en installant ces déversoirs avec le plus grand soin, l'incertitude systématique (en pourcentage) sur le coefficient de débit peut être déduite de l'équation

$$X'_C = \pm \left( 2 + 0,15 \frac{L}{H} \right)$$

L'incertitude aléatoire associée à la détermination du coefficient de débit peut être supposée égale à  $X'_C = \pm 1 \%$  dans ce cas.

Le coefficient de la vitesse d'approche,  $C_v$ , peut varier dans la section de jaugeage de la hauteur. Lorsque l'entretien du chenal d'approche se fait d'une façon régulière, l'incertitude sur  $C_v$  peut être négligée.

**8.4.3** La méthode selon laquelle les incertitudes sur les coefficients de débit doivent être combinées aux incertitudes provenant d'autres sources est donnée dans l'article 9.

## 9 Incertitudes sur les mesures de débit

Le présent article a pour but de fournir les informations de base nécessaires à l'utilisateur de la présente Norme internationale pour évaluer l'incertitude sur une mesure de débit.

### 9.1 Généralités

**9.1.1** Il convient de se reporter à l'ISO 5168.

**9.1.2** On peut évaluer l'incertitude totale sur une mesure de débit si les incertitudes provenant de différentes sources sont combinées. En général, on peut évaluer ces composantes de l'incertitude totale qui indiquent si le débit peut être mesuré ou non avec une exactitude suffisante pour le cas considéré.

**9.1.3** 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 «incertitude» sera employé pour désigner l'écart par rapport à la valeur réelle du débit, à l'intérieur duquel la mesure doit se trouver environ 19 fois sur 20 (au niveau de confiance de 95 %).

### 9.2 Sources d'erreur

**9.2.1** On peut identifier les sources d'erreur en considérant la formule du débit:

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

où

$\left( \frac{2}{3} \right)^{3/2}$  est une constante numérique;

$g$  est l'accélération due à la pesanteur (elle varie selon le lieu, mais en général sa variation est suffisamment faible pour être négligée dans les mesures du débit);

$C_v$  est le coefficient de la vitesse d'approche dont l'erreur peut être négligée (voir 8.4).

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

- le coefficient de débit,  $C_D$  (les valeurs estimées des incertitudes sur  $C_D$  sont données en 8.4);
- le mesurage des dimensions de la structure, par exemple la largeur,  $b$ , du déversoir;
- le mesurage de la hauteur de lame,  $h$ .

**9.2.3** Les incertitudes sur  $b$  et  $h$  doivent être évaluées par l'utilisateur. L'incertitude sur la mesure de ces dimensions dépendra de l'exactitude avec laquelle on peut mesurer le dispositif une fois construit; en pratique, cette incertitude peut s'avérer négligeable par rapport aux autres. L'incertitude sur la mesure de la hauteur de lame dépendra de l'exactitude 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 incertitude peut être faible si l'on emploie un vernier ou un micromètre et si le repérage du zéro est fait avec une exactitude comparable.

### 9.3 Types d'erreur

**9.3.1** Les erreurs peuvent être aléatoires ou systématiques; les premières affectent la reproductibilité (fidélité) du mesurage, les secondes affectent sa véritable exactitude.

**9.3.2** L'écart-type,  $s_y$ , d'un ensemble de  $n$  mesures d'une grandeur  $y$  obtenues dans des conditions stables peut être évalué à partir de la formule suivante:

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

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'incertitude sur la moyenne est égale à  $2 s_{\bar{y}}$  (au niveau de confiance de 95 %). Cela constitue la part des erreurs aléatoires dans l'incertitude totale pour toute série de mesurages expérimentaux.