

---

---

**Hydrométrie — Mesurage du débit  
des liquides dans les canaux découverts  
au moyen de moulinets ou de flotteurs**

*Hydrometry — Measurement of liquid flow in open channels using  
current-meters or floats*

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

ISO 748:2007

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/99ee4130-55b3-49a7-8e12-  
e5809b4b5a36/iso-748-2007](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/99ee4130-55b3-49a7-8e12-e5809b4b5a36/iso-748-2007)



**PDF – Exonération de responsabilité**

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

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

ISO 748:2007

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/99ee4130-55b3-49a7-8e12-e5809b4b5a36/iso-748-2007>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2007

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20  
Tel. + 41 22 749 01 11  
Fax + 41 22 749 09 47  
E-mail [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Version française parue en 2009

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos.....	v
<b>1</b> <b>Domaine d'application.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Références normatives .....</b>	<b>1</b>
<b>3</b> <b>Termes et définitions.....</b>	<b>1</b>
<b>4</b> <b>Principe des méthodes de mesurage .....</b>	<b>1</b>
<b>5</b> <b>Choix et délimitation de l'emplacement .....</b>	<b>2</b>
<b>5.1</b> <b>Choix de l'emplacement.....</b>	<b>2</b>
<b>5.2</b> <b>Délimitation de l'emplacement .....</b>	<b>3</b>
<b>6</b> <b>Mesurage de l'aire de la section droite.....</b>	<b>3</b>
<b>6.1</b> <b>Généralités .....</b>	<b>3</b>
<b>6.2</b> <b>Mesurage de la largeur.....</b>	<b>3</b>
<b>6.3</b> <b>Mesurage de la profondeur.....</b>	<b>4</b>
<b>7</b> <b>Mesurage de la vitesse.....</b>	<b>5</b>
<b>7.1</b> <b>Mesurage de la vitesse à l'aide de moulinets .....</b>	<b>5</b>
<b>7.1.1</b> <b>Moulinets rotatifs.....</b>	<b>5</b>
<b>7.1.2</b> <b>Moulinets électromagnétiques.....</b>	<b>5</b>
<b>7.1.3</b> <b>Méthode de mesurage.....</b>	<b>6</b>
<b>7.1.4</b> <b>Écoulement oblique.....</b>	<b>7</b>
<b>7.1.5</b> <b>Détermination de la vitesse moyenne sur une verticale.....</b>	<b>7</b>
<b>7.1.6</b> <b>Erreurs et limites d'emploi.....</b>	<b>11</b>
<b>7.2</b> <b>Mesurage de la vitesse à l'aide de flotteurs.....</b>	<b>12</b>
<b>7.2.1</b> <b>Généralités .....</b>	<b>12</b>
<b>7.2.2</b> <b>Choix de l'emplacement.....</b>	<b>12</b>
<b>7.2.3</b> <b>Méthode de mesurage.....</b>	<b>12</b>
<b>7.2.4</b> <b>Types de flotteur .....</b>	<b>12</b>
<b>7.2.5</b> <b>Détermination de la vitesse .....</b>	<b>13</b>
<b>7.2.6</b> <b>Principales sources d'erreur .....</b>	<b>14</b>
<b>8</b> <b>Calcul du débit .....</b>	<b>14</b>
<b>8.1</b> <b>Généralités .....</b>	<b>14</b>
<b>8.2</b> <b>Méthode graphique.....</b>	<b>14</b>
<b>8.2.1</b> <b>Intégration des courbes profondeur-vitesse .....</b>	<b>14</b>
<b>8.2.2</b> <b>Méthode d'intégration des courbes d'égale vitesse .....</b>	<b>15</b>
<b>8.3</b> <b>Méthodes arithmétiques .....</b>	<b>17</b>
<b>8.3.1</b> <b>Méthode de la section moyenne .....</b>	<b>17</b>
<b>8.3.2</b> <b>Méthode de la section médiane.....</b>	<b>17</b>
<b>8.4</b> <b>Méthode des verticales indépendantes.....</b>	<b>18</b>
<b>8.5</b> <b>Méthode de la section médiane — Plans horizontaux.....</b>	<b>20</b>
<b>8.6</b> <b>Détermination du débit à partir des mesurages de vitesse par flotteurs de surface .....</b>	<b>21</b>
<b>8.7</b> <b>Détermination du débit en cas de variation du niveau d'eau.....</b>	<b>23</b>
<b>8.7.1</b> <b>Généralités .....</b>	<b>23</b>
<b>8.7.2</b> <b>Calcul du débit .....</b>	<b>23</b>
<b>8.7.3</b> <b>Calcul du niveau d'eau moyen .....</b>	<b>23</b>
<b>9</b> <b>Incertitudes dans le mesurage du débit.....</b>	<b>24</b>
<b>9.1</b> <b>Généralités .....</b>	<b>24</b>
<b>9.2</b> <b>Définition de l'incertitude.....</b>	<b>24</b>
<b>9.3</b> <b>Méthode de calcul de l'incertitude dans la détermination du débit par mesurage de la vitesse à l'aide de moulinets .....</b>	<b>25</b>
<b>9.3.1</b> <b>Généralités .....</b>	<b>25</b>

9.3.2	Incertitudes contributives .....	26
9.3.3	Exemple.....	27
9.3.4	Incertitude composée .....	28
9.4	Méthode de calcul de l'incertitude dans la détermination du débit par mesurage de la vitesse à l'aide de flotteurs .....	28
9.4.1	Généralités.....	28
9.4.2	Incertitudes contributives .....	28
9.4.3	Incertitude composée sur le débit.....	29
9.4.4	Exemple.....	29
Annexe A (informative)	Correction du fléchissement, de la traction, de l'inclinaison et de la température dans le mesurage de la largeur de la section par ruban ou par câble .....	31
Annexe B (informative)	Mesurage des distances dans la section.....	34
Annexe C (informative)	Corrections de longueur immergée du câble dans le mesurage des profondeurs par un câble non perpendiculaire à la surface .....	37
Annexe D (informative)	Correction de dérive .....	40
Annexe E (informative)	Incertitudes dans le mesurage par exploration du champ des vitesses .....	41
Annexe F (informative)	Détermination de la vitesse moyenne à partir de mesurages au flotteur .....	45
Bibliographie .....		47

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

[ISO 748:2007](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/99ee4130-55b3-49a7-8e12-e5809b4b5a36/iso-748-2007)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/99ee4130-55b3-49a7-8e12-e5809b4b5a36/iso-748-2007>

## 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 Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO 748 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 113, *Hydrométrie*, sous-comité SC 1, *Méthodes d'exploration du champ des vitesses*.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition (ISO 748:1997) qui a fait l'objet d'une révision technique.

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/99ee4130-55b3-49a7-8e12-e5809b4b5a36/iso-748-2007>

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

ISO 748:2007

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/99ee4130-55b3-49a7-8e12-e5809b4b5a36/iso-748-2007>

# Hydrométrie — Mesurage du débit des liquides dans les canaux découverts au moyen de moulinets ou de flotteurs

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie des méthodes permettant de déterminer la vitesse et l'aire de la section droite d'un écoulement d'eau en chenal non couvert par la glace et de calculer le débit à partir des résultats des mesurages.

Elle couvre les méthodes faisant usage de moulinets ou de flotteurs destinés au mesurage des vitesses. Il est à noter que, bien que dans certains cas ces mesurages soient entrepris pour déterminer la relation hauteur-débit d'une station hydrométrique, la présente Norme internationale ne traite que de simples mesurages du débit; l'enregistrement en continu des débits durant une certaine période fait l'objet de l'ISO 1100-1 et de l'ISO 1100-2.

NOTE Les méthodes permettant de déterminer la vitesse et l'aire de la section droite d'un écoulement d'eau dans les canaux couverts par la glace sont spécifiées dans l'ISO 9196.

## 2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 772, *Déterminations hydrométriques — Vocabulaire et symboles*

ISO 1088, *Hydrométrie — Méthodes d'exploration du champ des vitesses à l'aide de moulinets — Recueil et traitement des données pour la détermination des incertitudes de mesurage du débit*

ISO 2537, *Hydrométrie — Moulinets à élément rotatif*

ISO 3455, *Hydrométrie — Étalonnage des moulinets en bassins découverts rectilignes*

ISO/TS 15768, *Mesurage de la vitesse des liquides dans les canaux découverts — Conception, choix et utilisation des débitmètres électromagnétiques*

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 772 s'appliquent.

## 4 Principe des méthodes de mesurage

**4.1** Le principe de ces méthodes est de déterminer la vitesse de l'écoulement et l'aire de la section droite. Un emplacement de mesurage est choisi conformément aux exigences spécifiées (voir Article 5); la largeur, selon sa grandeur, est mesurée soit à l'aide d'un ruban d'acier, soit par d'autres méthodes topographiques, et la profondeur est mesurée en un certain nombre de points (appelés verticales) répartis sur la largeur, ce nombre étant suffisant pour déterminer la forme et l'aire de la section (voir Article 6).

Des mesurages de vitesse sont effectués à l'aide de moulinets sur chaque verticale, de préférence en même temps que les mesurages de profondeur, en particulier dans le cas de lits instables (voir 7.1.5).

Les mesurages de vitesse peuvent également être effectués à l'aide de flotteurs de surface et de bâtons lestés (voir 7.2).

**4.2** Le débit est calculé en faisant la somme, soit arithmétiquement, soit graphiquement, des produits de la vitesse et de l'aire correspondante pour une série de relevés dans une section droite. S'il est nécessaire de déterminer le débit unitaire, celui-ci est généralement calculé à partir de chacun des mesurages effectués sur chaque verticale de mesure.

## 5 Choix et délimitation de l'emplacement

### 5.1 Choix de l'emplacement

Il convient, dans la mesure du possible, que l'emplacement choisi réponde aux conditions suivantes.

- a) À l'emplacement du mesurage, il convient que le chenal soit rectiligne et de section et de pente uniformes afin de réduire au minimum la distribution anormale des vitesses. Lorsque la longueur du chenal est limitée, il est recommandé, pour les mesurages au moulinet, que la longueur droite à l'amont de la section de mesurage soit égale au double de la longueur droite à l'aval.
- b) Les directions d'écoulement de tous les points des verticales sur la largeur doivent être parallèles les unes aux autres et perpendiculaires à la section de mesurage.
- c) Il convient que le lit et les bords des chenaux soient stables et bien définis à tous les niveaux de l'écoulement de façon à permettre un mesurage précis de la section droite et à garantir des conditions uniformes pendant et entre deux mesurages de débit.
- d) Il convient que les courbes de distribution des vitesses soient régulières dans les plans de mesurage vertical et horizontal.
- e) Il convient que les conditions d'écoulement au niveau de la section droite et de son voisinage soient telles qu'aucun changement n'intervienne dans la distribution des vitesses pendant la durée de mesurage.
- f) Il convient d'éviter les sites où des vortex ou des courants de retour ont tendance à se produire, ainsi que les zones d'eau morte.
- g) Il convient que la section de mesurage soit bien visible sur sa largeur et ne soit pas obstruée par des arbres, de la végétation aquatique ou tout autre obstacle.
- h) Le mesurage du débit à partir d'un pont peut être un moyen pratique et parfois plus sûr d'échantillonner la largeur, la profondeur et la vitesse. Lorsque le mesurage est effectué à partir d'un pont avec piliers de division, il convient de mesurer séparément chaque section du chenal. La détermination de la distribution des vitesses nécessite une attention particulière lorsque les ouvertures du pont sont surchargées ou obstruées.
- i) Il convient que la profondeur de l'eau au niveau de la section soit suffisante pour assurer l'immersion effective des appareils utilisés, qu'il s'agisse de moulinets ou de flotteurs.
- j) Si l'emplacement est appelé à être défini comme une station permanente, il convient qu'il soit aisément accessible à tout moment avec le matériel de mesurage nécessaire.
- k) Il convient que la section ne se trouve pas à proximité d'une pompe, d'un conduit de décharge ou d'un déversoir, si la proximité de ces derniers est à même de créer des conditions d'écoulement instables.
- l) Il convient d'éviter les emplacements présentant un écoulement convergent ou divergent.

- m) Dans le cas où il est nécessaire d'effectuer des mesurages à proximité d'un pont, il est préférable que l'emplacement de mesurage soit en amont du pont. Cependant, dans certains cas et lorsqu'une accumulation de glace, de bois flottants ou de débris peut se produire, l'emplacement de mesurage peut être situé en aval du pont.
- n) Le mesurage du débit sous la glace est traité dans l'ISO 9196. Pour les cours d'eau sujets à formation de glace en surface, les exigences de mesurage spécifiées dans la présente Norme internationale peuvent être utilisées pendant la période où les eaux sont libres.
- o) Dans certaines conditions d'écoulement ou de niveau du cours d'eau, il peut s'avérer nécessaire d'effectuer les mesurages au moulinet sur des sections autres que l'emplacement initialement choisi. Cela est tout à fait acceptable si les pertes ou gains non mesurés par rapport à l'écoulement sont mineurs le long du bief d'intervention et tant que tous les mesurages du débit peuvent être reliés à une valeur de niveau enregistrée dans la section de référence principale.

## 5.2 Délimitation de l'emplacement

**5.2.1** Si l'emplacement est appelé à devenir une station permanente ou est susceptible d'être fréquemment utilisé pour des mesurages ultérieurs, il convient qu'il soit équipé de moyens de repérage de la section et de détermination du niveau. Lorsque l'emplacement n'est utilisé qu'une seule fois ou peu souvent et qu'il n'existe aucun moyen de déterminer les valeurs de niveau sur le terrain, il convient de s'assurer que le niveau et/ou l'écoulement de l'eau ne varient pas de manière significative pendant la durée de mesurage.

**5.2.2** La position de chaque section, perpendiculaire à la direction moyenne de l'écoulement, doit être définie sur les deux rives par des repères clairement visibles et immédiatement identifiables. Lorsqu'un emplacement peut être couvert par une importante couche de neige, les repères de la ligne de section peuvent être référencés par rapport à d'autres objets, tels que des tumuli de pierres.

**5.2.3** Pendant la durée des mesurages, le niveau doit être lu de temps à autre sur un limnimètre et le zéro de l'échelle doit être relié par un nivellement précis à un niveau de référence.

**5.2.4** Lorsqu'il y a lieu de craindre une différence de niveau de l'eau entre les deux rives, un limnimètre auxiliaire doit être installé sur la rive opposée. Ceci est particulièrement important dans le cas de très larges cours d'eau. La moyenne des valeurs relevées par les deux limnimètres doit être utilisée comme niveau moyen de la surface de l'eau et comme base de tracé de la section droite du cours d'eau.

## 6 Mesurage de l'aire de la section droite

### 6.1 Généralités

Le profil de la section du chenal à l'emplacement des mesurages doit être déterminé en un nombre de points suffisant pour établir la forme du fond.

L'emplacement de chacun de ces points est déterminé en mesurant leur distance horizontale par rapport à un point de référence fixe situé sur une rive du chenal, dans le plan de la section. Cette disposition permet de calculer l'aire de chaque élément de section séparé par les verticales consécutives où sont mesurées les vitesses.

### 6.2 Mesurage de la largeur

**6.2.1** Les valeurs de la largeur du chenal et des éléments individuels de section peuvent être obtenues en mesurant les distances horizontales à partir d'un point de référence fixe ou jusqu'à un point de référence fixe qui doit être situé dans le plan de la section de mesurage.

**6.2.2** Lorsque la largeur du chenal le permet, ces distances horizontales doivent être mesurées directement, par exemple à l'aide d'un ruban gradué ou d'un câble muni de repères appropriés, en prenant soin d'effectuer les corrections nécessaires indiquées à l'Annexe A. Les intervalles entre les verticales, c'est-à-dire les largeurs des éléments de section, doivent être mesurés de la même manière.

**6.2.3** Lorsque le chenal est trop large pour permettre l'application des méthodes de mesurage ci-dessus et qu'un bateau est utilisé, les distances horizontales peuvent être déterminées à l'aide d'appareils optiques ou électroniques de mesurage des distances, à l'aide d'un système de positionnement global différentiel ou par l'une des méthodes topographiques indiquées à l'Annexe B.

### **6.3 Mesurage de la profondeur**

**6.3.1** Les mesurages de profondeur doivent être effectués à des intervalles suffisamment rapprochés pour définir avec précision le profil de la section. Il convient que le nombre de points de mesurage de la profondeur soit identique au nombre de points de mesurage de la vitesse (voir 7.1.3).

**6.3.2** La profondeur doit être mesurée en employant des perches ou des câbles de sondage, ou tout autre dispositif approprié. Lorsque le chenal a une profondeur suffisante, un sondeur à écho peut être utilisé. Si la vitesse est élevée et le chenal suffisamment profond, il est préférable d'utiliser un sondeur à écho ou tout autre dispositif n'exigeant pas de corrections importantes. Il peut s'avérer difficile de mesurer la profondeur en périodes de vitesse élevée. L'Annexe C du présent document propose d'autres méthodes.

**6.3.3** Lorsqu'une perche ou un câble de sondage est utilisé, il est souhaitable de prendre au moins deux lectures en chaque point et de retenir la valeur moyenne pour les calculs, à moins que la différence entre ces deux valeurs ne dépasse 5 %, auquel cas deux nouvelles lectures doivent être prises. Si celles-ci diffèrent de moins de 5 %, elles doivent être adoptées comme valeur mesurée et les deux premières lectures ignorées. Si elles diffèrent à nouveau de plus de 5 %, aucune nouvelle lecture ne doit être prise, mais la moyenne des quatre lectures doit être adoptée comme valeur mesurée, en notant que la précision de ce mesurage se trouve réduite.

Lorsqu'un sondeur à écho est utilisé, la moyenne de plusieurs lectures doit toujours être prise à chaque point. Des étalonnages réguliers de l'appareil doivent être effectués dans les mêmes conditions de salinité et de température que celles de l'eau du chenal.

Lorsqu'il est impossible de faire plus d'une seule lecture de la profondeur, l'incertitude de mesure peut être augmentée (voir Article 9).

**6.3.4** Lorsque les mesurages de profondeur sont effectués indépendamment des mesurages de vitesse et que le niveau de l'eau n'est pas constant, ce dernier doit être relevé au moment de chaque mesurage de profondeur. Si cette opération se révèle impossible, le niveau de l'eau doit être relevé à des intervalles suffisants pour déterminer par interpolation la valeur du niveau au moment de chaque mesurage de profondeur.

**6.3.5** Lorsque, pendant la détermination du débit, le profil du lit change d'une manière appréciable, il convient d'effectuer les mesurages de profondeur en prenant une lecture de profondeur à chacun des points au commencement et une autre à la fin de chaque mesurage sur chaque verticale. La valeur moyenne de ces deux mesurages doit être adoptée comme profondeur effective. Lorsque des sondages répétés sont effectués, il convient de prendre soin de ne pas affouiller le lit du cours d'eau.

**6.3.6** Les imprécisions dans les sondages sont le plus souvent dues aux causes suivantes:

- a) perche ou câble de sondage s'écartant de la verticale, en particulier en eau profonde, lorsque la vitesse est élevée;
- b) pénétration du poids ou de la perche de sondage dans le lit du cours d'eau;
- c) nature du fond, lorsqu'un sondeur à écho est utilisé.

Les erreurs dues à a) peuvent être réduites par l'emploi, lorsque cela s'avère possible, d'un sondeur à écho ou d'un dispositif de mesure de la pression. Les effets de la traînée sur le câble de sondage peuvent être réduits en employant un lest profilé (saumon) à l'extrémité d'un câble fin. Une correction doit être appliquée à la longueur immergée du câble si celui-ci n'est pas perpendiculaire à la surface de l'eau. Il est recommandé de faire en sorte que l'angle du câble de sondage par rapport à la verticale ne dépasse pas 30° en raison de l'imprécision qui pourrait en résulter. Deux autres méthodes de correction sont données à l'Annexe C.

Les erreurs dues à b) peuvent être réduites en montant une plaque à l'extrémité inférieure de la perche de sondage ou en fixant un disque à l'extrémité du câble de sondage, à condition que ce dispositif ne provoque pas un affouillement des matériaux fins du fond par suite des vitesses élevées.

Les erreurs dues à c) peuvent être réduites en choisissant pour le sondeur à écho une fréquence qui discerne d'une manière adéquate l'interface lit-eau.

**6.3.7** Dans certains cas, comme les inondations, il peut être impossible de déterminer un profil convenable de la section pendant le mesurage. En pareil cas, le profil entier doit être déterminé par une méthode topographique, soit avant soit après le mesurage. Il convient néanmoins de noter que cette méthode peut conduire à des erreurs du fait de l'érosion ou d'apports toujours possibles dans la section entre le moment où le profil est déterminé et le moment du mesurage du débit.

## 7 Mesurage de la vitesse

### 7.1 Mesurage de la vitesse à l'aide de moulinets

#### 7.1.1 Moulinets rotatifs

Les moulinets rotatifs doivent être construits, étalonnés et entretenus conformément à l'ISO 2537 et à l'ISO 3455. Il convient de ne les utiliser que dans leur plage d'étalonnage et de les installer sur un équipement de suspension similaire à celui utilisé lors de l'étalonnage.

Au voisinage de la vitesse minimale de réponse, l'incertitude de mesure de la vitesse est élevée. Le mesurage des vitesses dans ce contexte nécessite donc une attention particulière.

Pour les vitesses élevées, l'hélice (dans le cas de moulinets à hélice) ou, le cas échéant, le rapport de réduction, doit être choisi de sorte que la vitesse de rotation maximale puisse être correctement mesurée par le compte-tours.

Le moulinet rotatif ne doit pas être utilisé lorsque la profondeur au niveau du point de mesurage est inférieure à quatre fois le diamètre de l'hélice utilisée ou du corps du moulinet lui-même, si celui-ci est plus grand. Aucune partie du moulinet ne doit dépasser la surface de l'eau, excepté lorsque la section droite est très peu profonde d'un côté, mais est la meilleure disponible.

#### 7.1.2 Moulinets électromagnétiques

Les moulinets électromagnétiques conviennent au mesurage de la vitesse en un point donné. Ces moulinets ont l'avantage de ne pas comprendre de parties mobiles, ce qui élimine l'incertitude due au frottement et à la résistance. Il convient que ces moulinets soient étalonnés pour toutes les vitesses auxquelles ils doivent être utilisés et qu'ils satisfassent aux mêmes exigences de précision que les moulinets rotatifs. Il convient de ne pas les utiliser en dehors de leur plage d'étalonnage. Les moulinets électromagnétiques peuvent fonctionner dans des endroits moins profonds que les moulinets rotatifs et peuvent détecter et mesurer une inversion du débit.

Il convient de ne pas utiliser un moulinet électromagnétique lorsque la profondeur au niveau du point de mesurage est inférieure à trois fois la dimension verticale du capteur (voir l'ISO/TS 15768), excepté lorsque la section droite est très peu profonde d'un côté, mais est la meilleure disponible.

### 7.1.3 Méthode de mesurage

Les mesurages de vitesse sont normalement effectués en même temps que les mesurages de profondeur. Cette méthode doit notamment être utilisée dans le cas de fonds instables. Cependant, si les deux mesurages sont effectués à des moments différents, les relevés de vitesse doivent être effectués en un nombre suffisant de positions et la distance horizontale entre les mesurages doit être mesurée comme spécifié en 6.2.2 et en 6.2.3.

Pour apprécier le nombre spécifique  $n$  de verticales à définir dans les chenaux étroits ( $< 5$  m) pour déterminer le débit à un endroit particulier, les critères suivants doivent être appliqués. Ces critères doivent constituer l'exigence minimale et il convient que seules des contraintes pratiques de temps, de coûts ou de conditions sur le terrain entraînent une réduction de ces nombres.

- Largeur du chenal  $< 0,5$  m  $n = 5$  ou  $6$
- Largeur du chenal  $> 0,5$  m et  $< 1$  m  $n = 6$  ou  $7$
- Largeur du chenal  $> 1$  m et  $< 3$  m  $n = 7$  à  $12$
- Largeur du chenal  $> 3$  m et  $< 5$  m  $n = 13$  à  $16$
- Largeur du chenal  $> 5$  m  $n \geq 22$

Pour des largeurs de chenal  $> 5$  m, le nombre de verticales doit être choisi de telle sorte que le débit dans chaque élément de section soit, dans la mesure du possible, inférieur à 5 % du total et ne dépasse en aucun cas 10 %.

Dans tous les cas, les mesurages de profondeur effectués en bordure de l'eau s'ajoutent aux exigences ci-dessus. Il convient que les première et dernière verticales soient aussi proches que possible de la bordure de l'eau.

Il est en outre recommandé de sélectionner l'emplacement des verticales après une étude préalable du plan de section.

Le moulinet doit être maintenu à la position voulue sur chaque verticale soit à l'aide d'une perche support si le chenal est peu profond, soit par suspension à un câble ou à une perche lorsque les chenaux sont plus profonds. Le moulinet doit être maintenu de manière à ne pas être affecté par les perturbations de l'écoulement.

Il convient de ne pas utiliser de moulinets à compteur ou à indicateur de vitesse à affichage numérique de faible résolution pour de faibles vitesses, par exemple inférieures à 0,15 m/s.

Lorsque l'orientation du moulinet peut être contrôlée, par exemple lorsqu'une perche support est utilisée, il convient de maintenir le moulinet perpendiculairement à la section de mesurage. En cas d'écoulement oblique ou lorsque la section droite n'est pas perpendiculaire à la direction de l'écoulement (voir 7.1.4) et que le moulinet est suspendu, il s'alignera lui-même avec la direction d'écoulement. Dans ce cas, il est nécessaire de laisser le moulinet s'adapter à l'écoulement avant de commencer les relevés.

Il convient de veiller à ce que les mesurages au moulinet ne soient affectés ni par les ondes aléatoires à la surface de l'eau ni par le vent.

Lorsqu'un certain nombre de points d'une verticale doivent être mesurés, une batterie de moulinets fixés sur la même perche ou le même câble peut être utilisée pour mesurer simultanément les vitesses correspondantes, tout en veillant à ce que ceux-ci n'interfèrent pas les uns avec les autres.

Si le câble auquel est suspendu le moulinet présente un fléchissement appréciable, une correction doit être appliquée à la profondeur du point de mesurage. Aucun facteur de correction de validité générale ne peut être donné, mais il doit être déterminé par l'utilisateur en fonction de son propre appareillage et des conditions de mesurage (voir Annexe C).

NOTE Le choix et l'utilisation du matériel de suspension approprié sont spécifiés dans l'ISO 3454 et l'ISO 4375.

La vitesse en chaque point sélectionné doit être mesurée en exposant le moulinet pendant au moins 30 s.

Lorsque la vitesse de l'eau est sujette à des pulsations périodiques de plus de 30 s, il convient d'augmenter le temps d'exposition en conséquence (voir l'ISO 1088).

Le moulinet doit régulièrement être sorti ou amené à la surface de l'eau pour être examiné, généralement lorsque l'on passe d'une verticale à l'autre.

Il convient, le cas échéant, d'effectuer un essai de rotation avant et après chaque mesurage de débit afin de s'assurer que le mécanisme du moulinet fonctionne librement (voir l'ISO 2537).

Dans les chenaux où l'écoulement n'est pas stable, il est possible de corriger les variations du débit total pendant la période de mesurage, non seulement en observant les changements du niveau, mais aussi en mesurant de façon continue la vitesse en un point approprié du courant principal.

#### 7.1.4 Écoulement oblique

Si un écoulement oblique est inévitable, l'angle que fait la direction de l'écoulement avec la perpendiculaire à la section droite doit être mesuré et la vitesse mesurée doit être corrigée. Des instruments spéciaux ont été mis au point pour mesurer simultanément l'angle et la vitesse en un point. Cependant, si l'on n'en dispose pas et s'il n'y a pratiquement pas de vent, on peut admettre que l'angle de l'écoulement le long d'une verticale est égal à celui observé en surface. Cet angle peut être mesuré à l'aide d'un équipement approprié à condition que l'opérateur soit placé au-dessus de la verticale de mesurage. Si le chenal est très profond ou si le profil local de son lit varie rapidement, cette hypothèse ne doit pas être admise sans vérification.

Si  $\theta$  est l'angle mesuré entre la direction de l'écoulement et la perpendiculaire à la section droite, la vitesse servant au calcul du débit d'écoulement doit être:

$$v_{\text{corrigé}} = v_{\text{mesuré}} \cos \theta \quad (1)$$

NOTE Certains moulinets permettent de mesurer directement la composante normale de la vitesse lorsqu'ils sont maintenus perpendiculairement à la section de mesurage dans l'écoulement oblique. Dans ce cas, cette correction ne serait pas appliquée.

#### 7.1.5 Détermination de la vitesse moyenne sur une verticale

##### 7.1.5.1 Choix et classification

Le choix de la méthode permettant de déterminer la vitesse dépend de plusieurs facteurs: temps disponible, largeur et profondeur du chenal, état du fond dans la section de mesurage et en amont du bief, taux de variation du niveau, degré de précision souhaité et matériel utilisé.

Ces méthodes sont classées de la façon suivante:

- a) méthode de distribution des vitesses (voir 7.1.5.2);
- b) méthodes utilisant un nombre réduit de points (voir 7.1.5.3);
- c) méthode d'intégration (voir 7.1.5.4).

7.1.5.2 Méthode de distribution des vitesses

Avec cette méthode, les valeurs de vitesse sont obtenues par des relevés effectués en un certain nombre de points le long de chaque verticale entre la surface de l'eau et le fond du chenal. Il convient de choisir le nombre et l'espacement des points de manière à déterminer précisément la distribution des vitesses sur chaque verticale, la différence des relevés entre deux points adjacents ne dépassant pas 20 % de la vitesse la plus élevée. Il convient de choisir les emplacements de relevé supérieur et inférieur en tenant compte des spécifications en 7.1.1 et en 7.1.2 (voir aussi l'ISO 1088).

Les relevés de vitesse effectués à chacun des emplacements sont ensuite reportés sur un graphique et le débit unitaire ou la vitesse moyenne est déterminé à l'aide d'un planimètre, d'un numériseur ou de toute autre méthode équivalente. La vitesse moyenne sur la verticale peut également être obtenue en divisant le débit unitaire par la profondeur totale.

NOTE 1 Cette méthode peut ne pas convenir aux mesurages courants de débit, du fait que le gain apparent de précision peut être amplement compensé par les erreurs résultant de la variation du niveau durant la longue période exigée pour les mesurages.

NOTE 2 Bien que ce paragraphe traite principalement de la détermination de la vitesse moyenne sur une verticale, il peut s'avérer nécessaire d'appliquer le même principe à la détermination de la vitesse moyenne à proximité de la berge ou de la paroi verticale d'un chenal. La courbe des vitesses peut être extrapolée à partir du dernier point de mesurage jusqu'au fond ou jusqu'à la paroi verticale du chenal en calculant  $v_x$  au moyen de l'Équation (2):

$$v_x = v_a \left( \frac{x}{a} \right)^{1/m} \tag{2}$$

où

- $v_x$  est la vitesse ponctuelle dans la zone d'extrapolation à une distance  $x$  du lit ou de la paroi verticale;
- $v_a$  est la vitesse au niveau du dernier point de mesurage, à une distance  $a$  du lit ou de la paroi verticale;
- $m$  est un exposant.

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)  
ISO 748:2007  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/99ee4130-55b3-49a7-8e12-e5809b4b5a36/iso-748-2007>

La vitesse moyenne,  $\bar{v}$ , entre le fond (ou une paroi verticale) du chenal et le point de mesurage le plus proche (où la vitesse mesurée est  $v_a$ ) peut être calculée directement par l'Équation (3):

$$\bar{v} = \left( \frac{m}{m+1} \right) v_a \tag{3}$$

En général,  $m$  varie entre 5 et 7, mais il peut varier sur une plage plus étendue selon la résistance hydraulique. La valeur  $m = 4$  s'applique aux lits ou parois verticales rugueux alors que  $m = 10$  caractérise les lits ou parois verticales lisses.

$m$  s'obtient de la façon suivante:

$$m = \frac{C_{ver}}{\sqrt{g}} \left( \frac{2\sqrt{g}}{\sqrt{g} + C_{ver}} + 0,3 \right) \tag{4}$$

où

- $g$  est l'accélération due à la pesanteur ( $m/s^2$ );
- $C_{ver}$  est le coefficient de Chézy sur une verticale ( $m^{0,5}/s$ ).

NOTE 3 Une autre méthode permettant d'obtenir la vitesse dans la zone située au-dessous du dernier point de mesurage repose sur l'hypothèse que, jusqu'à une certaine distance du lit du chenal, la vitesse est proportionnelle au logarithme de la distance  $X$  par rapport à cette paroi. Si les vitesses relevées aux points voisins du fond sont représentées graphiquement en fonction de  $\log X$ , la droite ajustée passant par ces points peut être prolongée jusqu'à la paroi. Les vitesses au voisinage de la paroi peuvent alors être lues sur le graphique.

### 7.1.5.3 Méthodes utilisant un nombre réduit de points

#### 7.1.5.3.1 Généralités

Ces méthodes, moins strictes que celles examinant l'intégralité du champ des vitesses, sont fréquemment utilisées parce qu'elles sont plus rapides que la méthode de distribution des vitesses (7.1.5.2). Elles reposent toutefois sur des profils de vitesse théoriques.

Pour une nouvelle section de mesurage, il est préférable d'évaluer la précision de la méthode choisie en comparant les résultats de mesurages préliminaires à ceux obtenus par la méthode de distribution des vitesses.

#### 7.1.5.3.2 Méthode du point unique

Les relevés de la vitesse doivent être effectués sur chaque verticale en plaçant le moulinet à 0,6 fois la profondeur au-dessous de la surface. La valeur mesurée doit être prise comme vitesse moyenne sur la verticale.

#### 7.1.5.3.3 Méthode des deux points

Les relevés de la vitesse doivent être effectués sur chaque verticale en plaçant le moulinet à 0,2 et à 0,8 fois la profondeur au-dessous de la surface. La moyenne de ces deux valeurs doit être prise comme vitesse moyenne sur la verticale.

#### 7.1.5.3.4 Méthode des trois points

Les relevés de la vitesse doivent être effectués sur chaque verticale en plaçant le moulinet à 0,2, 0,6 et 0,8 fois la profondeur au-dessous de la surface. Le mesurage à 0,6 peut être pondéré et la vitesse moyenne  $\bar{v}$  calculée à l'aide de l'Équation (5):

$$\bar{v} = 0,25(v_{0,2} + 2v_{0,6} + v_{0,8}) \quad (5)$$

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/99ee4130-55b3-49a7-8e12-e5809b4b5a36/iso-748-2007>

#### 7.1.5.3.5 Méthode des cinq points

Les relevés de la vitesse sont effectués sur chaque verticale en plaçant le moulinet à 0,2, 0,6 et 0,8 fois la profondeur au-dessous de la surface et aussi près que possible de la surface et du lit. La vitesse moyenne  $\bar{v}$  peut être déterminée en planimétrant une représentation graphique du profil des vitesses ou à partir de l'Équation (6):

$$\bar{v} = 0,1(v_{\text{surface}} + 3v_{0,2} + 3v_{0,6} + 2v_{0,8} + v_{\text{lit}}) \quad (6)$$

#### 7.1.5.3.6 Méthode des six points

Les relevés de la vitesse sont effectués sur chaque verticale en plaçant le moulinet à 0,2, 0,4, 0,6 et 0,8 fois la profondeur au-dessous de la surface et aussi près que possible de la surface et du lit (voir 7.1.5.3.7.2). Les relevés de la vitesse en chaque point sont portés sur un graphique et la vitesse moyenne ou le débit unitaire est déterminé à l'aide d'un planimètre. La vitesse moyenne  $\bar{v}$  peut aussi être calculée algébriquement à l'aide de l'Équation (7):

$$\bar{v} = 0,1(v_{\text{surface}} + 2v_{0,2} + 2v_{0,4} + 2v_{0,6} + 2v_{0,8} + v_{\text{lit}}) \quad (7)$$