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

Measurement of liquid flow in open channels — Velocity-area methods

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 748:1997](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e6f5a3f8-cc72-4fea-a1eb-700dbb2016c4/iso-748-1997>



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 748:1997](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e6f5a3f8-cc72-4fea-a1eb-700dbb2016c4/iso-748-1997)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e6f5a3f8-cc72-4fea-a1eb-700dbb2016c4/iso-748-1997>

© ISO 1997

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.ch
Web www.iso.ch

Version française parue en 2001

Imprimé en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
1 Domaine d'application	1
2 Référence normative	1
3 Termes et définitions	1
4 Principe des méthodes de mesurage	2
5 Choix et délimitation de l'emplacement	2
6 Mesurage de l'aire de la section	3
7 Mesurage de la vitesse	5
8 Calcul du débit	14
9 Incertitudes dans le mesurage du débit	21

Annexes

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	28
Annexe B (informative) Mesurage transversal de la section	31
Annexe C (informative) Corrections de longueur immergée du câble dans le mesurage des profondeurs par un câble non perpendiculaire à la surface	34
Annexe D (informative) Correction de dérive	36
Annexe E (informative) Incertitudes dans le mesurage de débit par exploration du champ des vitesses	37
Annexe F (informative) Calcul de la vitesse moyenne à partir des mesurages au flotteur	42
Bibliographie	44

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 3.

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 de la présente Norme internationale 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.

La Norme internationale ISO 748 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 113, *Déterminations hydrométriques*, sous-comité SC 1, *Méthode d'exploration du champ des vitesses*.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition (ISO 748:1979), dont elle constitue une révision technique.

[ISO 748:1997](#)

Les annexes A à F de la présente Norme internationale sont données uniquement à titre d'information.

Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Méthodes d'exploration du champ des vitesses

1 Domaine d'application

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

Elle couvre les méthodes faisant usage de moulinets et de flotteurs destinés au mesurage des vitesses. Bien que, dans la plupart des 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 continu du niveau d'eau durant une certaine période fait l'objet de l'ISO 1100-1 et de l'ISO 1100-2.

NOTE Les méthodes de détermination de la vitesse et de l'aire de la section droite d'un écoulement d'eau en chenal couvert par la glace sont spécifiées dans l'ISO 9196.

iTeh STANDARD PREVIEW

2 Référence normative (standards.iteh.ai)

Le document normatif suivant contient des dispositions qui par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer l'édition la plus récente du document normatif indiqué ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de l'ISO et de la CEI possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

ISO 772:1996, *Déterminations hydrométriques — Vocabulaire et symboles.*

3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les termes et définitions donnés dans l'ISO 772 ainsi que le terme et la définition suivants s'appliquent.

3.1

débit unitaire

débit traversant une section de largeur unitaire à une verticale donnée

NOTE On emploie également le terme «produit unitaire».

4 Principe des méthodes de mesurage

4.1 Le principe de ces méthodes est de mesurer la vitesse de l'écoulement et l'aire de la section. Un emplacement de mesurage est choisi conformément aux spécifications requises ; 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 sur un certain nombre de verticales réparties sur la largeur, nombre suffisant pour déterminer la forme et l'aire de la section.

Des mesurages de vitesse sont effectués à chaque verticale en même temps que les mesurages de profondeur, en particulier dans le cas des lits instables. Ils sont réalisés par l'une des méthodes normalisées mettant en œuvre des moulinets. S'il est nécessaire de déterminer le débit unitaire, celui-ci est généralement calculé à partir de chacun des mesurages. Le principe du mesurage est fondé sur la relation qui existe entre la vitesse locale d'écoulement et la vitesse de rotation du moulinet.

La méthode d'intégration permet d'obtenir directement la vitesse moyenne par verticale de mesurage.

Dans certaines circonstances, les mesurages de vitesse peuvent également être effectués à l'aide de flotteurs de surface et de bâtons lestés. D'autres méthodes consistent à mesurer la vitesse sur une ou plusieurs lignes horizontales de la section (méthode du bateau mobile et méthode à ultrason, par exemple).

4.2 On calcule le débit 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 transversale.

5 Choix et délimitation de l'emplacement

5.1 Choix de l'emplacement

L'emplacement choisi doit, dans la mesure du possible, répondre aux conditions suivantes.

- a) À l'emplacement du mesurage, le chenal doit être rectiligne et de section et de pente uniformes, afin de minimiser la distribution anormale des vitesses.

NOTE Il est recommandé, pour les mesurages au moulinet ou autres types de mesurage de la vitesse, que la longueur droite à l'amont de la section de mesurage soit égale au double de la longueur droite à l'aval.

- b) Le sens de l'écoulement de tous les points des verticales sur la largeur doit être le même et à angle droit par rapport à la section de mesurage.
- c) Le lit et les bords des chenaux doivent être stables et bien définis à tous les niveaux de l'écoulement de façon à permettre de mesurer avec précision la section transversale et à garantir les mêmes conditions pendant et entre deux mesurages de débit.
- d) Les courbes de distribution des vitesses le long des verticales ou des horizontales de mesurage doivent être régulières.
- e) Les conditions d'écoulement au niveau de la section et de son voisinage doivent être telles qu'aucun changement n'intervienne dans la distribution des vitesses pendant la durée de mesurage.
- f) Les sites où ont tendance à se produire des vortex ou des courants de retour ainsi que les zones d'eau morte doivent être évités.
- g) La section de mesurage doit être bien visible sur sa largeur et ne pas être obstruée par des arbres, de la végétation aquatique ou tout autre obstacle. Lorsque le mesurage du débit s'effectue à partir d'un pont avec piliers de division, chaque travée du chenal doit être traitée séparément.
- h) La profondeur de l'eau au niveau de la section doit être suffisante pour assurer l'immersion effective des appareils utilisés, qu'il s'agisse de moulinets ou de flotteurs.

- i) L'emplacement doit être aisément accessible à tout moment avec le matériel de mesurage nécessaire.
- j) La section ne doit pas se trouver 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 contraires à la relation hauteur-débit normale de la station.
- k) Les emplacements présentant un écoulement convergent ou divergent doivent être évités.
- l) Dans le cas où il serait 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 particuliers et lorsqu'une accumulation de glace, de bois flottants ou d'épaves diverses peut se produire, l'emplacement de mesurage pourra être situé en aval du pont. La détermination de la distribution des vitesses nécessite une attention particulière lorsque les ouvertures du pont sont partiellement obstruées.
- m) Le mesurage du débit sous la glace est traité dans l'ISO 9196, mais pour les cours d'eau sujets à formation de glace en surface, les exigences de mesurage précisées dans la présente Norme internationale peuvent être utilisées pendant la période où les eaux sont libres.
- n) Il peut être nécessaire, selon les conditions ou le niveau de l'écoulement, d'effectuer les mesurages au moulinet sur des sections autres que celles choisies pour la station. Cette procédure est tout à fait acceptable dans le mesurage où les pertes/gains non mesurés par rapport à l'écoulement sont mineurs le long du bief d'intervention et tant que tous les mesurages correspondent aux niveaux enregistrés à la section de référence principale.

5.2 Repérage de l'emplacement

NOTE Si l'emplacement est appelé à devenir une station permanente ou est à même d'être utilisé ultérieurement, il doit être équipé de moyens de repérage de la section et de détermination du niveau.

5.2.1 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.

5.2.2 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.

5.2.3 Lorsqu'il y a lieu de craindre une différence du niveau de l'eau entre les deux rives, on doit installer un limnimètre auxiliaire sur la rive opposée. Ceci est particulièrement important dans le cas de très larges cours d'eau. On doit adopter alors, pour niveau du plan d'eau et base de tracé de la section du cours d'eau, la moyenne des lectures faites aux deux limnimètres.

6 Mesurage de l'aire de la section

6.1 Généralités

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

L'emplacement de chacun de ces points est déterminé en mesurant leur distance horizontale 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 séparant les verticales consécutives où sont mesurées les vitesses.

6.2 Mesurage de la largeur

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 ou jusqu'à un point de référence qui doit être situé dans le plan de la section de mesurage.

6.2.1 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 données dans l'annexe A. Les intervalles entre les verticales, c'est-à-dire les largeurs des éléments de section, sont déterminés par différence.

6.2.2 Lorsque le chenal est trop large pour permettre l'application des méthodes de mesurage ci-dessus, les distances horizontales doivent être déterminées à l'aide d'appareils optiques ou électriques de mesurage des distances ou par l'une des méthodes topographiques données dans l'annexe B.

6.3 Mesurage de la profondeur

6.3.1 Les mesurages de profondeur doivent être faits à des intervalles suffisamment rapprochés pour définir avec précision le profil de la section. En général, les intervalles ne doivent pas dépasser 1/20 de la largeur.

NOTE 1 Pour les petits chenaux ayant un profil de lit régulier, le nombre d'intervalles peut être réduit. Cette réduction peut cependant affecter la précision de la détermination du profil du lit (voir 7.1.3 et article 9).

NOTE 2 L'exactitude du mesurage du débit croît au fur et à mesure que diminue l'espacement des verticales.

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, on peut utiliser un sondeur acoustique. Si la vitesse est importante et le chenal suffisamment profond, il est préférable d'utiliser un sondeur acoustique ou tout autre dispositif n'exigeant pas de corrections importantes.

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 de façon à retenir la valeur moyenne pour les calculs, à moins que la différence entre ces deux valeurs ne dépasse 5 %, auquel cas il convient de prendre deux nouvelles lectures. Si celles-ci diffèrent de moins de 5 %, il convient de les adopter comme mesure et d'ignorer alors les deux premières lectures. Si elles diffèrent à nouveau de plus de 5 %, on ne fera pas de nouvelle lecture, mais on adoptera comme valeur mesurée la moyenne des quatre lectures, en notant que la précision de ce mesurage se trouve réduite.

Lorsqu'on utilise un sondeur acoustique, la moyenne de plusieurs lectures doit toujours être prise à chaque point. Des étalonnages réguliers de l'appareil sont nécessaires dans les mêmes conditions de salinité et de température que l'eau du chenal.

NOTE Lorsqu'il est impossible de faire plus d'une seule lecture de la profondeur, l'incertitude de mesurage 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, on relèvera le niveau de l'eau au moment de chaque mesurage de profondeur. Si cette opération se révèle impossible, le niveau de l'eau doit être relevé à des intervalles de 15 min, et la valeur du niveau à l'instant de chaque mesurage de profondeur doit être obtenue par interpolation.

NOTE 1 Lorsque, pendant le mesurage 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 de vitesse sur une verticale. La valeur moyenne de ces deux mesurages sera adoptée comme étant la profondeur effective. Il convient que toute précaution soit prise, en procédant à des mesurages répétés, de ne pas affouiller le lit du cours d'eau.

NOTE 2 Les incertitudes pouvant survenir au cours des opérations de détection du fond 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 acoustique est utilisé.

Les erreurs dues à a) peuvent être réduites par l'emploi, lorsque cela s'avère faisable, d'un sondeur acoustique ou d'un dispositif de mesurage 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 devra être appliquée à la longueur immergée du câble si celui-ci n'est pas vertical. 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. Les modalités d'exécution de cette correction sont données en annexe C.

Les erreurs dues à b) peuvent être diminuées 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, mais ce dispositif ne doit pas provoquer 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 acoustique une fréquence qui discerne d'une manière adéquate l'interface du lit du cours d'eau.

NOTE 3 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; on notera cependant 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.

ITEH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

7 Mesurage de la vitesse

7.1 Mesurage de la vitesse à l'aide des moulinets

ISO 748:1997

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e6f5a3f8-cc72-4fea-a1eb-700dbb2016c4/iso-748-1997>

7.1.1 Moulinets rotatifs

Les moulinets rotatifs doivent être construits, étalonnés et entretenus conformément à l'ISO 2537 et à l'ISO 3455. Ils ne doivent être utilisés que dans le cadre pour lequel ils ont été étalonnés et installés sur un équipement de suspension similaire à celui qui a été utilisé lors de l'étalonnage.

Au voisinage de la vitesse minimale de réponse, le calcul de la vitesse présente des risques d'erreurs élevés. Le mesurage des vitesses dans ce contexte nécessite donc une attention particulière.

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

Le moulinet rotatif ne doit pas être utilisé lorsque la profondeur moyenne est inférieure à 4 fois le diamètre de l'hélice qu'on envisage d'utiliser ou du corps du moulinet lui-même, si celui-ci est plus grand que l'hélice. Aucune partie du moulinet ne doit dépasser la surface de l'eau.

7.1.2 Moulinets électromagnétiques

Les moulinets électromagnétiques conviennent au mesurage de la vitesse en un point donné. Ce type de moulinet a l'avantage de ne pas comprendre de parties mobiles, ce qui élimine toute friction ou résistance. Les moulinets électromagnétiques doivent être étalonnés pour toutes les vitesses auxquelles ils doivent être utilisés et doivent être conformes aux mêmes exigences de précision que pour les moulinets rotatifs. Ils ne doivent pas être utilisés en dehors de la plage pour laquelle ils ont été étalonnés. Ils peuvent fonctionner dans des endroits peu profonds ainsi que détecter et mesurer l'inversion du débit. Le moulinet électromagnétique ne doit pas être utilisé lorsque la profondeur de l'eau est inférieure à trois fois la dimension verticale du capteur.

Le boîtier de commande du moulinet électromagnétique doit être protégé des projections d'eau et afficher numériquement la vitesse instantanée ou la vitesse moyenne sur des périodes de temps prédéfinies.

Le capteur du moulinet électromagnétique doit présenter une nacelle en résine époxy dépourvue de saillie, contenant un détecteur électromagnétique et des circuits intégrés recouverts. Il doit présenter une certaine résistance à l'encrassement ou aux causes de détérioration, être simple à nettoyer et à entretenir, et être facilement interchangeable.

7.1.3 Méthodes de mesurage

Les mesurages de vitesse sont normalement faits en même temps que les mesurages de profondeur. Cette procédure sera utilisée dans le cas de fonds instables. Si, cependant, les deux mesurages sont faits à des moments différents, les relevés de vitesse doivent être effectués pour un nombre suffisant de positions et la distance horizontale entre les mesurages doit être mesurée comme spécifié en 6.2.1 et en 6.2.2.

Pour apprécier le nombre n de verticales qui doit être défini dans le but de jauger le débit à un endroit particulier, les critères suivants doivent être appliqués:

Largeur du chenal > 0 et < 0,5 m $n = 3$ à 4

Largeur du chenal > 0,5 m et < 1 m $n = 4$ à 5

Largeur du chenal > 1 m et < 3 m $n = 5$ à 8

Largeur du chenal > 3 m et < 5 m $n = 8$ à 10

Largeur du chenal > 5 m et < 10 m $n = 10$ à 20

Largeur du chenal > 10 m $n \geq 20$

ITeH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 748:1997

Dans tous les cas, les mesurages de profondeur ou de vitesse effectués en bordure de l'eau s'ajoutent aux prescriptions ci-dessus.

Il est en outre recommandé de sélectionner l'emplacement des verticales après étude préalable du plan de section. Lorsque le chenal est suffisamment uniforme, il est possible de réduire le nombre de verticales et d'allouer une distance égale entre chaque verticale, sans déroger aux prescriptions ci-dessus.

Les verticales doivent être choisies de telle sorte que le débit de chaque élément de section soit, dans la mesure du possible, inférieur à 5 % du total et ne dépasse en aucun cas 10 %.

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. Lorsqu'on utilise un bateau, il faut disposer le moulinet de telle sorte qu'il ne soit pas affecté par les turbulences causées par le bateau.

Le moulinet doit être placé sur sa verticale au point choisi, de telle sorte que son axe horizontal soit parallèle au sens de l'écoulement à ce point. Le moulinet doit être ajusté à l'écoulement avant le début des relevés.

NOTE 1 Il convient de veiller à ce que les mesurages au moulinet ne soient affectés ni par les rides accidentelles de la surface de l'eau ni par le vent.

NOTE 2 Lorsqu'un certain nombre de points d'une verticale doivent être mesurés, une batterie de plusieurs moulinets fixés sur la même perche 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.

S'il se produit un fléchissement appréciable du câble auquel est suspendu le moulinet, 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. Cependant, les valeurs indiquées dans l'annexe C peuvent servir de guide.

NOTE 3 Le choix et l'utilisation du matériel de suspension approprié est spécifié dans l'ISO 3454 et dans l'ISO 4375.

Le mesurage de la vitesse en chaque point impose le respect des temps d'exposition suivants:

- a) au moins 30 s pour le moulinet rotatif; ou
- b) au moins 10 s pour le moulinet électromagnétique.

Lorsque la vitesse de l'eau est sujette à des pulsations périodiques, le temps d'exposition devra être augmenté en conséquence (voir l'ISO/TR 7178).

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.

Un essai de rotation doit être effectué, si nécessaire, après chaque mesurage de débit, de façon à s'assurer que le mécanisme fonctionne librement (voir l'ISO 2537).

Plusieurs moulinets peuvent être utilisés pour déterminer les vitesses sur les diverses verticales, différents moulinets étant employés pour des verticales consécutives.

Dans les chenaux où l'écoulement n'est pas stable, il est utile d'apporter une correction de variation de 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 l'on ne peut éviter un écoulement oblique, on doit mesurer l'angle que fait le sens de l'écoulement avec la perpendiculaire à la section et corriger la vitesse mesurée. 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 que l'on observe en surface. Si le chenal est très profond ou si le profil de son lit varie rapidement, cette hypothèse ne doit pas être admise sans vérification.

Si γ est l'angle mesuré avec la normale, la vitesse servant au calcul du débit de l'écoulement doit être:

$$v_{\text{corrigée}} = v_{\text{mesurée}} \cos \gamma$$

NOTE Certains moulinets permettent de mesurer directement la composante normale de la vitesse lorsqu'ils sont maintenus perpendiculairement à la section de mesurage. Cette correction ne doit alors pas être appliquée.

7.1.5 Méthode de mesurage de la vitesse moyenne sur chaque verticale

7.1.5.1 Choix et classification

Le choix de la méthode de mesurage de 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 voulu 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).
- d) Autres méthodes (voir 7.1.5.5).

7.1.5.2 Méthode de distribution des vitesses

Avec cette méthode, les valeurs de vitesse sont obtenues par des relevés faits en un certain nombre de points le long de chaque verticale entre la surface de l'eau et le fond du chenal. Le nombre et l'espacement des points choisis doivent permettre de déterminer précisément la distribution de la vitesse sur chaque verticale de sorte que la différence des relevés entre deux points adjacents ne dépasse pas 20 % de la vitesse la plus élevée. Les extrémités choisies pour effectuer les relevés seront situées conformément à ce qui a été précisé en 7.1.1 (voir ISO 1088).

Les relevés de vitesse effectués à chacun des emplacements sont ensuite reportés sur un graphique et le débit unitaire déterminé à l'aide d'un planimètre, d'un indicateur ou de toute autre méthode équivalente.

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 La courbe des vitesses peut être extrapolée à partir du dernier point de mesurage jusqu'au fond ou jusqu'à la paroi, en calculant v_x au moyen de l'équation suivante:

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

où

v_x est la vitesse ponctuelle de la zone d'extrapolation à une distance x du lit ou de la paroi;

v_a est la vitesse du dernier point de mesurage, à la distance a du lit ou de la paroi.

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 suivante:

$$\bar{v} = \frac{m}{m+1} \left(\frac{d}{a} \right)^{\frac{1}{m}} v_a$$

où

m est un exposant;

d est la profondeur totale de l'écoulement.

Généralement, m varie entre 5 et 7 mais peut varier considérablement en fonction de la résistance de l'eau. La valeur $m = 2$ s'applique ainsi aux lits (ou parois) rugueux tandis que $m = 10$ caractérise les lits (ou parois) lisses.

m s'obtient de la façon suivante:

$$m = \frac{C_{\text{vert}}}{\sqrt{g}} \left(\frac{2\sqrt{g}}{\sqrt{g} + C_{\text{vert}}} + 0,3 \right)$$

où

g est l'accélération due à la pesanteur (m/s^2);

C_{vert} est le coefficient de Chezy sur une verticale ($\text{m}^{0.5}/\text{s}$).

NOTE 3 Un moyen d'obtenir la vitesse dans la zone située au-delà du dernier point de mesurage repose sur l'hypothèse que, jusqu'à une certaine distance du fond, la vitesse est proportionnelle au logarithme de la distance x à cette paroi. Si l'on porte les vitesses observées aux points voisins du fond 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 se lire sur le graphique.

7.1.5.3 Méthodes utilisant un nombre réduit de points

Ces méthodes, moins strictes que celles examinant l'intégralité du champ de vitesses, sont couramment 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 supposés.

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

a) Méthode des deux points

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

b) 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. On prendra la valeur mesurée comme vitesse moyenne sur la verticale.

7.1.5.4 Méthode d'intégration

Avec cette méthode, on déplace le moulinet sur chaque verticale, à une vitesse uniforme, de haut en bas et de bas en haut, sur la totalité de la profondeur. La vitesse de déplacement du moulinet ne doit pas être supérieure à 5 % de la vitesse moyenne de l'écoulement dans la section, et dans tous les cas, ne doit pas excéder 0,04 m/s. Deux cycles complets doivent être réalisés sur chaque verticale et, si les résultats diffèrent de plus de 10 %, l'opération (deux cycles complets) doit être répétée jusqu'à ce que les résultats cadrent avec cette limite. Cette méthode convient aux moulinets à hélices et à coupelles à condition que le mouvement vertical soit inférieur à 5 % de la vitesse moyenne, ainsi qu'aux moulinets électromagnétiques.

La méthode d'intégration donne de bons résultats si le temps de mesurage est suffisamment long (60 s à 100 s). En général, cette technique n'est pas utilisée lorsque la profondeur de l'eau est inférieure à 1 m.

Avec un moulinet à hélices, la vitesse moyenne donnée par l'étalonnage de l'instrument correspond au nombre moyen de tours (nombre total de tours divisé par le temps total pris pour le mesurage sur cette verticale). Des erreurs peuvent être dues à l'utilisation de moulinets pour lesquels la courbe d'étalonnage ne correspond pas à une droite unique.

En utilisant un moulinet qui mesure directement la vitesse, comme le moulinet électromagnétique, la vitesse moyenne sur la verticale peut être obtenue par lecture directe de l'instrument.

Lorsqu'une sonde ou un saumon est utilisé, il n'est pas possible de mesurer la vitesse sur toute la verticale; une zone relativement importante peut ainsi ne pas être prise en compte près du lit du chenal. Une estimation du débit unitaire de cette zone peut être obtenue à l'aide de la formule suivante:

$$q_u = 2 \frac{v_m \times h_f}{3}$$

où

q_u est le débit unitaire sous la zone mesurée;

v_m est la vitesse moyenne de la partie mesurée de la verticale;

h_f est la profondeur de la zone non mesurée.

De même, le débit unitaire de toute zone non mesurée à proximité de la surface s'obtient de la façon suivante:

$$q_s = \frac{v_m \times h_s}{0,9}$$

où

q_s est le débit unitaire au-dessus de la zone mesurée;

h_s est la profondeur de la zone non mesurée.

Dans la mesure du possible, le matériel de mesure doit être choisi de façon à minimiser la profondeur des zones non mesurées.

7.1.5.5 Autres méthodes

a) Méthode des six points

Les relevés de vitesse sont effectués sur chaque verticale en plaçant le moulinet à 0,2, 0,4, 0,6 et 0,8 fois la profondeur à partir de la surface et aussi près que possible de la surface et du lit [voir la note en d)]. Les relevés de la vitesse en chaque point sont portés sur un graphique et la vitesse moyenne est déterminée à l'aide d'un planimètre.

iTeh STANDARD PREVIEW

La vitesse moyenne peut aussi être calculée algébriquement à partir de l'équation suivante:

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

ISO 748:1997

b) Méthode des cinq points

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e6f5a3f8-cc72-4fea-a1eb-700dbb2016c4/iso-748-1997>

Les relevés de vitesse sont effectués sur chaque verticale en plaçant le moulinet à 0,2, 0,6 et 0,8 fois la profondeur à partir de la surface et aussi près que possible de la surface et du lit. La vitesse moyenne peut être déterminée en planimétrant une représentation graphique du profil des vitesses ou à partir de l'équation suivante:

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

c) Méthode des trois points

Les relevés de vitesse sont effectués sur chaque verticale en plaçant le moulinet à 0,2, 0,6 et 0,8 fois la profondeur à partir de la surface. La moyenne de ces trois valeurs peut être considérée comme étant la vitesse moyenne sur la verticale.

On peut aussi pondérer le mesurage à 0,6 et obtenir la vitesse moyenne à partir de l'équation suivante:

$$v = 0,25 (v_{0,2} + 2v_{0,6} + v_{0,8})$$

d) Méthode du point unique en surface

En période de crue subite ou lorsque les méthodes ci-dessus ne sont pas praticables, on doit mesurer la vitesse en un point situé immédiatement au-dessous de la surface. La profondeur d'immersion du moulinet doit être uniforme pour toutes les verticales et l'on doit s'assurer que les relevés faits au moulinet ne sont pas affectés par les rides accidentelles de la surface ou par le vent. Cette vitesse "superficielle" peut être convertie en vitesse moyenne sur la verticale en la multipliant par un coefficient prédéterminé, particulier à la section et au débit.

Ce coefficient doit être calculé pour tous les niveaux par corrélation entre la vitesse «superficielle» et la vitesse à la profondeur 0,6 ou, pour une plus grande précision, avec la vitesse moyenne obtenue par l'une des méthodes décrites plus haut.

Lorsqu'il n'est pas possible de vérifier directement ce coefficient, on peut noter, à titre indicatif, qu'il varie généralement entre 0,84 et 0,90 selon la forme du profil des vitesses. On obtient généralement les valeurs les plus élevées, de 0,88 à 0,90, lorsque le fond est lisse.

NOTE L'utilisation de moulinets à proximité de la surface ou du lit du chenal doit se faire conformément aux instructions du fabricant (voir aussi 7.1.1).

7.1.6 Erreurs et limites d'emploi

Une estimation des erreurs qui peuvent se produire lorsque l'on utilise les diverses méthodes détaillées en 7.1.5 figure en 9.3.3. Il convient de noter que cette estimation concerne les erreurs accidentelles qui peuvent survenir même si toutes les précautions signalées ci-dessus ont été prises. Si le mesurage n'est pas effectué dans des conditions optimales, il conviendra d'ajouter une tolérance supplémentaire dans l'évaluation de la précision du mesurage.

Il peut y avoir des erreurs

- a) si l'écoulement n'est pas stable;
- b) si les matériaux en suspension perturbent la rotation du moulinet;
- c) si le sens de l'écoulement n'est pas parallèle à l'axe du moulinet à hélice ou s'il n'est pas dans le plan du moulinet à coupelles, et si les facteurs de correction appropriés ne sont pas connus avec précision;
- d) si l'on utilise le moulinet pour mesurer des vitesses situées en dehors de la plage pour laquelle il a été étalonné;
- e) si le dispositif utilisé pour le mesurage (perche ou câble de suspension du moulinet, bateau, etc.) diffère de celui employé pour l'étalonnage du moulinet; dans ce cas, on introduit une erreur systématique;
- f) s'il y a une perturbation sensible de la surface de l'eau due au vent;
- g) si le moulinet ne reste pas à la position appropriée pendant le mesurage, ce qui est le cas si le bateau dérive (voir annexe D), ou s'il se produit une oscillation transversale. Dans ce dernier cas, la résultante de la vitesse de l'écoulement et de la vitesse transversale peut aboutir à d'importantes erreurs positives.

7.2 Mesurage de la vitesse au moyen de flotteurs

Cette méthode ne doit être utilisée que s'il est impossible d'employer un moulinet en raison de vitesses ou de profondeurs excessives, de la présence de matériaux en suspension, de vitesses trop faibles pour être mesurées au moulinet ou dans les cas de reconnaissance.

7.2.1 Choix de l'emplacement

Trois sections doivent être choisies le long d'un bief du chenal tel que décrit à l'article 5, au début, au milieu et à la fin du bief. Les sections doivent être suffisamment éloignées pour que le temps mis par les flotteurs pour aller d'une section à la suivante puisse être mesuré avec précision. La section médiane doit servir uniquement à vérifier la mesure de la vitesse entre les sections initiale et finale du bief. Le déplacement du flotteur doit durer au moins 20 s.