
**Hydrométrie — Mesurage du débit
des écoulements à surface libre —
Méthodes d'exploration du champ des
vitesses utilisant le mesurage de la
vitesse par point**

*Hydrometry — Measurement of liquid flow in open channels —
Velocity area methods using point velocity measurements*

(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

ISO 748:2021

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/070f9c7c-4145-4f7a-953f-7df7fd4f57ca/iso-748-2021>



iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

ISO 748:2021

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/070f9c7c-4145-4f7a-953f-7df7fd4f57ca/iso-748-2021>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2021

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Principe des méthodes de mesurage	1
5 Sélection du site	2
5.1 Choix de l'emplacement	2
5.2 Délimitation de l'emplacement	3
6 Mesurage de l'aire de la section transversale	3
6.1 Généralités	3
6.2 Mesurage de la largeur	3
6.3 Mesurage de la profondeur	4
7 Mesurage de la vitesse moyenne	4
7.1 Détermination de la vitesse moyenne par mesurage de la vitesse par point	4
7.1.1 Généralités	4
7.1.2 Mode opératoire de mesurage	4
7.1.3 Écoulement oblique	5
7.1.4 Détermination de la vitesse moyenne sur une verticale	5
7.1.5 Méthode d'intégration	8
7.1.6 Erreurs et limites d'emploi	8
7.2 Détermination de la vitesse moyenne à partir de la vitesse superficielle	9
7.2.1 Généralités	9
7.2.2 Systèmes sans contact	9
7.2.3 Méthode du point unique en surface avec un courantomètre	9
7.2.4 Mesurage de la vitesse à l'aide de flotteurs	9
7.2.5 Exceptions	10
7.2.6 Principales sources d'erreur	10
8 Calcul du débit	10
8.1 Méthodes arithmétiques	10
8.1.1 Généralités	10
8.1.2 Méthode de la section moyenne	10
8.1.3 Méthode de la section médiane	11
8.1.4 Verticales bathymétriques	12
8.2 Méthode des verticales indépendantes	12
8.3 Méthode de la section moyenne — Plans horizontaux	14
9 Incertitudes sur le mesurage du débit	14
9.1 Généralités	14
9.2 Méthode de calcul de l'incertitude sur la détermination du débit par mesurage de la vitesse à l'aide de courantomètres	14
9.2.1 Généralités	14
9.2.2 Incertitudes contributives	15
9.3 Méthode de calcul de l'incertitude sur la détermination du débit par mesurage de la vitesse à l'aide de flotteurs	17
9.3.1 Généralités	17
9.3.2 Incertitudes contributives	17
9.3.3 Incertitude composée sur le débit	18
9.4 Limites	19
9.5 Méthode par estimation de la variance par interpolation (IVE – Interpolated Variance Estimator)	19
9.6 Q+	20
9.7 Flaure	20

Annexe A (informative) Utilisation des courantomètres à vitesse ponctuelle.....	21
Annexe B (informative) Mesurage de la vitesse superficielle à l'aide de flotteurs.....	24
Annexe C (informative) Exemples de systèmes de vitesse superficielle.....	28
Annexe D (informative) Incertitudes sur le mesurage par exploration du champ des vitesses.....	30
Annexe E (informative) Mesurage de la vitesse dans des conditions de glace.....	34
Annexe F (informative) Corrections de longueur immergée du câble dans le mesurage des profondeurs par un câble non perpendiculaire à la surface.....	40
Bibliographie.....	43

iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

ISO 748:2021

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/070f9c7c-4145-4f7a-953f-7df7fd4f57ca/iso-748-2021>

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 (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier, de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est attirée 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. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 113, *Hydrométrie*, sous-comité SC 1, *Méthodes d'exploration du champ des vitesses*, en collaboration avec le comité technique CEN/TC 318, *Hydrométrie*, du Comité européen de normalisation (CEN), conformément à l'Accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

Cette cinquième édition annule et remplace la quatrième édition (ISO 748:2007), qui a fait l'objet d'une révision technique. Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- mise à jour du document pour tenir compte des évolutions technologiques;
- révision de l'[Article 7](#) pour réduire les incertitudes relatives aux mesurages;
- intégration de l'ISO 9196 pour les mesurages dans des conditions de glace.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

Hydrométrie — Mesurage du débit des écoulements à surface libre — Méthodes d'exploration du champ des vitesses utilisant le mesurage de la vitesse par point

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie des méthodes permettant de déterminer la vitesse et l'aire de la section transversale d'un écoulement d'eau à surface libre et de calculer le débit à l'aide de dispositifs de mesurage de la vitesse par point.

Il est applicable aux méthodes utilisant les courantomètres à élément rotatif, les vélocimètres à effet Doppler acoustique (ADV), à la méthode stationnaire avec profileur acoustique de vitesse à effet Doppler (ADCP), et aux mesurages de la vitesse superficielle, y compris les flotteurs et autres systèmes de vitesse superficielle.

Bien que certaines procédures générales soient abordées, le présent document ne décrit pas en détail comment utiliser ou déployer ces systèmes.

NOTE Pour les procédures détaillées, se référer aux lignes directrices des fabricants d'instruments et des organismes publics appropriés.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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 748:2021
<https://standards.iteh.ai/>
ISO 772, *Hydrométrie — Vocabulaire et symboles*

ISO 25377:2020, *Lignes directrices relatives à l'incertitude en hydrométrie*

3 Termes et définitions

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

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>

4 Principe des méthodes de mesurage

Le principe dépend de la détermination de la vitesse et de l'aire de la section transversale.

Cela est caractérisé par la [Formule \(1\)](#):

$$Q = \bar{V}A \quad (1)$$

où

Q est le débit (m^3/s);

\bar{V} est la vitesse moyenne (m/s) (moyenne sur la section transversale);

A est l'aire de la section transversale (m^2).

Un emplacement de mesurage doit être choisi conformément aux exigences spécifiées.

L'aire de la section transversale doit être mesurée selon une méthode spécifiée dans le présent document et adaptée aux dimensions.

Les relevés de la vitesse doivent être réalisés selon une méthode spécifiée dans le présent document.

Le débit doit être calculé à l'aide d'une méthode spécifiée dans le présent document.

5 Sélection du site

5.1 Choix de l'emplacement

Il convient que l'emplacement satisfasse aux exigences suivantes:

- a) à l'emplacement du mesurage, le chenal doit être rectiligne, ainsi que de section et de pente uniformes afin de réduire au minimum la distribution anormale des vitesses. Il convient que la longueur droite soit équivalente à au moins six fois la largeur du chenal en amont, et à au moins trois fois la largeur en 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) le lit et les bords des chenaux doivent être stables et bien définis à tous les niveaux de l'écoulement de façon à permettre un mesurage précis de la section transversale et à garantir des conditions uniformes pendant et entre deux jaugeages;
- d) les courbes de distribution des vitesses doivent être régulières dans les plans de mesurage vertical et horizontal;
- e) les conditions d'écoulement à la section transversale et son voisinage doivent être telles qu'aucun changement n'intervient dans la distribution des vitesses pendant la durée de mesurage;
- f) les sites où des vortex ou des courants de retour ont tendance à se produire, ainsi que les zones d'eau morte doivent être évités;
- g) la section de mesurage (y compris à l'amont et à l'aval) doit être bien visible sur sa largeur et ne doit pas être obstruée par des arbres, de la végétation aquatique ou tout autre obstacle;
- h) lorsque le mesurage est effectué à partir d'un pont avec piliers de division, chaque section du chenal doit être mesurée séparément. La détermination de la distribution des vitesses doit faire l'objet d'une attention particulière lorsque les ouvertures du pont sont en charge ou obstruées;
- i) la hauteur d'eau à la section de mesure choisie doit être suffisante à tous les niveaux pour garantir la conformité aux critères minimaux du fabricant, quel que soit le dispositif déployé;
- j) si l'emplacement est appelé à être défini comme une station permanente, il doit être aisément accessible à tout moment avec le matériel de mesurage nécessaire adapté aux conditions d'écoulement;
- k) 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 transitoires;
- l) les emplacements présentant un écoulement convergent ou divergent doivent être évités;

- m) si une section transversale appropriée comprend un pont, les mesurages à partir d'un bateau ou en passant à gué doivent être effectués à distance des effets engendrés par le pont;
- n) le mesurage du débit sous la glace est traité à l'[Annexe E](#). Pour les cours d'eau sujets à formation de glace en surface, la partie principale du présent document doit être utilisée lorsque l'écoulement du cours d'eau est libre;
- o) dans certaines conditions d'écoulement ou de niveau du cours d'eau, il peut s'avérer nécessaire d'effectuer les mesurages sur des sections en amont ou en aval de l'emplacement initialement choisi. Cela est tout à fait acceptable si les pertes ou apports 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.

NOTE Les conditions de mesurage idéales peuvent être obtenues lorsque toutes les exigences sont satisfaites. Si les conditions idéales ne sont pas disponibles, il est encore possible de réaliser un mesurage, mais l'incertitude sera accrue.

5.2 Délimitation de l'emplacement

5.2.1 Une station permanente ou une station susceptible d'être fréquemment utilisée pour des mesurages ultérieurs doit être équipée de moyens de repérage de la section et de détermination du niveau.

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 et, si possible, la position notée à l'aide d'un système mondial de navigation par satellite (GNSS).

5.2.3 Le niveau doit être lu sur une échelle limnimétrique au début et à la fin de la période de mesurage. Si le niveau d'eau change rapidement, il est recommandé d'effectuer un mesurage du niveau au moins toutes les 30 min.

[ISO 748:2021](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/070f9c7c-4145-4f7a-953f-7df7fd4f57ca/iso-748-2021>

5.2.4 Lorsqu'il y a lieu de craindre une différence du niveau de l'eau entre les deux rives, une échelle limnimétrique auxiliaire doit être installée sur la rive opposée. La moyenne des valeurs relevées par les deux échelles doit être utilisée comme niveau moyen de la surface de l'eau et comme base de tracé du profil de la section transversale du cours d'eau.

6 Mesurage de l'aire de la section transversale

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 et pour réduire au minimum l'incertitude liée au calcul de l'aire de la section transversale.

6.2 Mesurage de la largeur

Les valeurs de la largeur du chenal et des éléments individuels de section doivent 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 vertical de la section de mesurage.

6.3 Mesurage de la profondeur

Les mesurages de profondeur doivent être effectués à des intervalles suffisamment rapprochés pour définir avec précision le profil de la section. Le nombre de points de mesurage de la profondeur doit correspondre à chaque verticale où la vitesse est mesurée.

Le nombre de verticales d'échantillonnage dépend de la variabilité de la profondeur de l'eau dans la section. Le nombre de points est adéquat lorsqu'il n'affecte pas sensiblement la valeur de la section transversale obtenue.

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

Lors de la mesure de profondeurs par un câble non perpendiculaire à la surface, voir l'[Annexe F](#).

7 Mesurage de la vitesse moyenne

7.1 Détermination de la vitesse moyenne par mesurage de la vitesse par point

7.1.1 Généralités

Toute une gamme d'instruments est disponible pour mesurer la vitesse par point. Ils sont décrits à l'[Annexe A](#).

7.1.2 Mode opératoire de mesurage

Les relevés de la vitesse sont normalement effectués en même temps que les mesurages de profondeur. Cependant, si les deux mesurages sont effectués à des moments différents, par exemple sur une station préalablement étudiée, 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](#) et [6.3](#).

Il convient de faire appel au jugement professionnel d'un hydromètre expérimenté pour tous les mesurages. Il convient également d'inclure des notes détaillées concernant les mesurages et les hypothèses formulées dans l'enregistrement.

Pour apprécier le nombre minimal recommandé de verticales à définir dans les chenaux étroits pour déterminer le débit à un endroit particulier, les critères suivants doivent être appliqués.

- Largeur du chenal $< 0,5$ m $n \geq 15$
- Largeur du chenal $> 0,5$ m et < 5 m $n \geq 20$
- Largeur du chenal > 5 m $n \geq 22$

Dans la mesure du possible, il convient de choisir les verticales de sorte que le débit de chaque élément de section soit inférieur à 5 % du total et, en aucun cas, il ne doit dépasser 10 % du total.

Pour les chenaux très étroits, les considérations d'ordre pratique ne permettent pas toujours d'atteindre le nombre minimal de verticales recommandé.

La distance entre deux verticales doit être supérieure à la largeur du capteur et il convient que cette distance ne soit pas inférieure aux recommandations minimales relatives à l'instrument utilisé.

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

Le dispositif utilisé pour réaliser le mesurage de la vitesse par point doit être maintenu en position pendant au moins 30 s afin d'obtenir une bonne représentation de la vitesse moyenne. Il doit être maintenu afin de réduire au minimum le mouvement de l'instrument pendant le mesurage.

Dans les chenaux où l'écoulement est transitoire, 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.

À des fins de continuité avec les précédentes versions du présent document, les critères suivants peuvent être utilisés, mais le niveau d'incertitude du mesurage global sera beaucoup plus élevé.

- Largeur du chenal < 0,5 m $n = 5$ à 6
- Largeur du chenal > 0,5 m et < 1 m $n = 6$ à 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 $n \geq 22$

Voir le [Tableau D.6](#) pour des recommandations relatives au pourcentage d'incertitude lié au mesurage de la vitesse moyenne en raison d'un nombre de verticales limité.

7.1.3 Écoulement oblique

Si un écoulement oblique est inévitable, il convient de mesurer soit directement la composante de vitesse perpendiculaire à la section transversale, soit l'amplitude de la vitesse mesurée et corrigée en fonction de l'angle par rapport à la perpendiculaire. 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, sujet à des marées ou si le profil local de son lit varie rapidement, cette hypothèse ne doit pas être admise sans vérification.

Si θ est l'angle mesuré entre la direction de l'écoulement et la perpendiculaire à la section transversale, la vitesse servant au calcul du débit d'écoulement doit être obtenue comme indiqué par la [Formule \(2\)](#):

$$v_c = v_m \times \cos\theta \quad (2)$$

où

v_c est la vitesse corrigée;

v_m est la vitesse mesurée.

NOTE Certains courantomètres 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 n'est pas appliquée.

7.1.4 Détermination de la vitesse moyenne sur une verticale

7.1.4.1 Choix et classification

Le choix de la méthode permettant de déterminer la vitesse moyenne dépend de certains facteurs: sécurité, 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 7.1.4.2);
- b) méthodes utilisant un nombre réduit de points (voir 7.1.4.3);
- c) méthode d'intégration (voir 7.1.5).

7.1.4.2 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. Le nombre et l'espacement des points doivent être choisis 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. Les emplacements de relevé supérieur et inférieur doivent être choisis en tenant compte des spécifications en 7.1.2 et 7.1.3.

Le présent 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 la Formule (3):

$$v_x = v_a \left(\frac{x}{a} \right)^{\frac{1}{m}} \quad (3)$$

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.

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 la Formule (4):

$$\bar{v} = \left(\frac{m}{m+1} \right) v_a \quad (4)$$

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.

La valeur de m est obtenue comme indiqué par la Formule (5):

$$m = \frac{C_{\text{ver}}}{\sqrt{g}} \left(\frac{2\sqrt{g}}{\sqrt{g} + C_{\text{ver}}} + 0,3 \right) \quad (5)$$

où

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

C_{ver} est le coefficient de Chézy sur une verticale ($\text{m}^{0,5}/\text{s}$).

NOTE 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 fond 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.

7.1.4.2.1 Méthode stationnaire à l'aide d'un ADCP

Pour la méthode stationnaire avec ADCP, celui-ci est maintenu à un emplacement spécifique pendant une durée déterminée, la moyenne des données à cette verticale est ensuite calculée pour obtenir un profil de vitesse moyenne ou une vitesse moyenne intégrée sur la profondeur à cet emplacement.

Il convient de noter que l'instrument ADCP ne peut pas mesurer la vitesse à proximité des transducteurs de l'ADCP, au-dessus des transducteurs ou à proximité du lit. Les logiciels actuels des fabricants permettent l'extrapolation dans ces zones sur la base des vitesses mesurées afin de calculer une vitesse moyenne pour la verticale.

7.1.4.3 Méthodes utilisant un nombre réduit de points

7.1.4.3.1 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 (voir 7.1.4.2).

Pour une nouvelle section de mesurage, il est préférable d'évaluer la précision de la méthode choisie par la méthode de distribution des vitesses.

7.1.4.3.2 Méthode du point unique

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

7.1.4.3.3 Méthode des deux points

Les relevés de la vitesse doivent être effectués sur chaque verticale en plaçant le courantomètre 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. Voir la [Formule \(6\)](#):

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

La méthode Kreps est une autre méthode permettant de déterminer la vitesse moyenne d'une verticale. Elle utilise les relevés de la vitesse à la surface et à 0,62 fois la profondeur au-dessous de la surface.

Lorsque la méthode Kreps est utilisée, les relevés de la vitesse doivent être réalisés aussi près que possible de la surface et à 0,62 fois la profondeur sous la surface. Voir la [Formule \(7\)](#):

$$\bar{v} = 0,31 \times v_0 + 0,634 \times v_{0,62} \quad (7)$$

NOTE La méthode Kreps, développée par l'hydrologue autrichien Harald Kreps, est également une méthode en deux points^[21].

7.1.4.3.4 Méthode des trois points

Les relevés de la vitesse doivent être effectués sur chaque verticale en plaçant le courantomètre 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 la [Formule \(8\)](#):

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

7.1.4.3.5 Méthode des cinq points

Les relevés de la vitesse sont effectués sur chaque verticale en plaçant le courantomètre 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} est obtenue à l'aide de la [Formule \(9\)](#):

$$\bar{v} = 0,1(v_0 + 3v_{0,2} + 3v_{0,6} + 2v_{0,8} + v_{\text{bed}}) \quad (9)$$

7.1.4.3.6 Méthode des six points

Les relevés de la vitesse sont effectués sur chaque verticale en plaçant le courantomètre 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. La vitesse moyenne \bar{v} peut être obtenue à l'aide de la [Formule \(10\)](#):

$$\bar{v} = 0,1(v_0 + 2v_{0,2} + 2v_{0,4} + 2v_{0,6} + 2v_{0,8} + v_{\text{bed}}) \quad (10)$$

7.1.4.3.7 Autres méthodes d'échantillonnage

D'autres méthodes d'échantillonnage permettant de déterminer la vitesse moyenne sur la verticale peuvent être utilisées dans des circonstances exceptionnelles (par exemple vitesse élevée, niveau fluctuant rapidement ou débris flottants), à condition qu'il puisse être démontré expérimentalement que la méthode appliquée donne des résultats ayant la même précision que ceux obtenus par les méthodes indiquées ci-dessus.

7.1.5 Méthode d'intégration

Avec la méthode d'intégration, la vitesse sur chaque verticale est mesurée en élevant et en abaissant un courantomètre à une vitesse uniforme sur toute la profondeur. Il convient que la vitesse de déplacement du courantomètre ne soit pas supérieure à 5 % de la vitesse moyenne de l'eau et ne dépasse en aucun cas 0,04 m/s. Il convient de réaliser deux cycles complets sur chaque verticale et, si les résultats diffèrent de plus de 10 %, il convient de répéter l'opération (deux cycles complets) jusqu'à ce que les résultats cadrent avec cette limite.

La méthode d'intégration donne de bons résultats si le temps de mesurage est suffisamment long (60 s à 100 s). Cette technique peut être utilisée, mais ne l'est normalement pas, lorsque la profondeur de l'eau est inférieure à 1 m.

Le nombre moyen de tours est le nombre total de tours divisé par le temps total pris pour le mesurage sur cette verticale. La vitesse moyenne donnée par l'étalonnage de l'instrument correspond au nombre moyen de tours. Il convient d'éviter les incertitudes introduites par l'utilisation de courantomètres ayant plus d'une équation d'étalonnage.

7.1.6 Erreurs et limites d'emploi

Une estimation des erreurs qui peuvent se produire lorsque les diverses méthodes détaillées en [7.2](#) sont utilisées est donnée à l'[Article 9](#). Il convient de noter que cette estimation concerne les erreurs aléatoires qui peuvent survenir même si toutes les précautions signalées ci-dessus et ci-dessous ont été prises. Si le mesurage n'est pas effectué dans des conditions optimales, une incertitude supplémentaire doit être ajoutée lors de l'estimation de l'incertitude globale de la mesure.

Des erreurs peuvent survenir:

- a) si l'écoulement est transitoire;
- b) si les matières en suspension perturbent le fonctionnement du courantomètre;
- c) si un écoulement oblique apparaît et si les facteurs de correction appropriés ne sont pas connus avec précision;