
**Hydrometrie — Methode de la pente
de la ligne d'eau**

Hydrometry — Slope-area method

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

[ISO 1070:2018](https://standards.itih.ai/catalog/standards/iso/b4a84cdb-65a4-4b6a-b69f-29d9bd2f5535/iso-1070-2018)

<https://standards.itih.ai/catalog/standards/iso/b4a84cdb-65a4-4b6a-b69f-29d9bd2f5535/iso-1070-2018>



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

[ISO 1070:2018](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/b4a84cdb-65a4-4b6a-b69f-29d9bd2f5535/iso-1070-2018)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/b4a84cdb-65a4-4b6a-b69f-29d9bd2f5535/iso-1070-2018>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2018

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
Fax: +41 22 749 09 47
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	v
Introduction.....	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Principe de la méthode de mesurage	1
5 Choix et délimitation du bief de mesure	3
5.1 Reconnaissance préalable du bief.....	3
5.2 Choix du bief.....	3
5.3 Délimitation du bief.....	4
6 Mesurage de la pente	4
6.1 Laisses de crue.....	4
6.2 Échelles à maximum.....	4
6.3 Capteurs de pression.....	5
6.4 Échelle limnimétrique de référence.....	5
7 Détermination de la pente	5
8 Sections mouillées du cours d'eau	5
8.1 Nombre et emplacement des sections mouillées.....	5
8.2 Mesurage des profils des sections mouillées.....	5
9 Calcul du débit	6
9.1 Généralités.....	6
9.2 Sections mouillées uniformes.....	6
9.2.1 Généralités.....	6
9.2.2 Détermination de la surface mouillée moyenne et du périmètre mouillé moyen du bief.....	6
9.2.3 Détermination du rayon hydraulique.....	6
9.2.4 Détermination de la vitesse moyenne dans le bief.....	7
9.3 Sections mouillées non uniformes (formulation sur deux sections transversales).....	8
9.3.1 Généralités.....	8
9.3.2 Calcul de la débitance.....	8
9.3.3 Évaluation de la pente de la ligne de charge.....	9
9.4 Sections mouillées composites.....	11
9.5 Calcul du débit à l'aide de trois sections mouillées ou plus.....	12
9.6 Régime d'écoulement.....	14
10 Autres méthodes d'estimation de la débitance	14
10.1 Généralités.....	14
10.2 Méthode du chenal divisé.....	14
10.3 Logiciel d'estimation de la débitance.....	14
11 Incertitude de mesure du débit	15
11.1 Définition de l'incertitude.....	15
11.2 Sources d'incertitude pour un bief uniforme.....	15
11.2.1 Considérations générales.....	15
11.2.2 Incertitude de la surface mouillée moyenne.....	15
11.2.3 Incertitude de calcul du périmètre mouillé moyen.....	16
11.2.4 Incertitudes de détermination de la pente de la ligne de charge.....	16
11.2.5 Incertitude due au choix du coefficient de rugosité.....	16
11.2.6 Incertitude globale de mesure du débit.....	17
Annexe A (informative) Valeur approximative des coefficients n et C pour les écoulements à surface libre	18

Annexe B (informative) Valeur approximative des coefficients de Strickler k_{St} dans les cours d'eau naturels	21
Annexe C (informative) Méthode d'estimation du coefficient de Manning n du Service américain de conservation du sol	23
Annexe D (informative) Logiciel d'estimation de la débitance	25
Bibliographie	27

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

[ISO 1070:2018](https://standards.itih.ai/catalog/standards/iso/b4a84cdb-65a4-4b6a-b69f-29d9bd2f5535/iso-1070-2018)

<https://standards.itih.ai/catalog/standards/iso/b4a84cdb-65a4-4b6a-b69f-29d9bd2f5535/iso-1070-2018>

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 le lien suivant: www.iso.org/iso/fr/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 113, *Hydrométrie*.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition (ISO 1070:1992), qui a fait l'objet d'une révision technique. Elle incorpore également l'amendement ISO 1070:1992/Amd.1:1997. Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- réorganisation du document pour présenter d'abord les calculs en deux sections, suivis de plusieurs calculs de biefs;
- ajout d'une troisième formule;
- ajout de trois annexes.

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.

Introduction

La méthode de la pente de la ligne d'eau est une méthode indirecte de détermination du débit dans les écoulements à surface libre lorsque le calcul direct du débit est impossible en raison de la rapidité de la crue ou parce que le site est trop dangereux pour les techniques de mesurage direct. La méthode est habituellement utilisée pour documenter le débit d'une crue et pour concourir à l'extrapolation de la courbe de tarage d'une station hydrométrique. La méthode peut également être utilisée sur les sites où il est impossible d'effectuer des mesurages: depuis un pont, à partir d'un téléphérique ou d'une embarcation. Le débit est calculé en utilisant des formules de résistance à l'écoulement reposant sur les caractéristiques des chenaux, le profil de la ligne d'eau et un coefficient de rugosité ou un facteur de frottement.

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

[ISO 1070:2018](https://standards.itih.ai/catalog/standards/iso/b4a84cdb-65a4-4b6a-b69f-29d9bd2f5535/iso-1070-2018)

<https://standards.itih.ai/catalog/standards/iso/b4a84cdb-65a4-4b6a-b69f-29d9bd2f5535/iso-1070-2018>

Hydrometrie — Methode de la pente de la ligne d'eau

1 Domaine d'application

Le présent document décrit une méthode d'estimation du débit pour les écoulements à surface libre à partir d'observations de la pente de la ligne d'eau et d'observations de la surface mouillée du chenal.

Elle s'applique dans des conditions particulières, lorsque le calcul direct du débit par des méthodes plus précises, comme celle de l'exploration du champ des vitesses, n'est pas possible. Cette méthode peut être utilisée pour estimer le débit:

- a) d'une pointe de crue ayant déposé des laisses de crue le long des rives du cours d'eau;
- b) d'une pointe de crue ayant déposé des laisses de crue sur une série d'échelles limnimétriques ou si cette pointe de crue a été enregistrée par des limnigraphes associés;
- c) observé, simultanément, sur une série d'échelles limnimétriques.

La méthode est généralement utilisée pour extrapoler les courbes de tarage vers le haut.

Elle ne s'applique pas à la détermination des débits dans les zones de marée.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte 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 772, *Hydrométrie — Vocabulaire et symboles*

ISO 4373, *Hydrométrie — Appareils de mesure du niveau de l'eau*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans 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 <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>

4 Principe de la méthode de mesurage

Choisir un bief de mesure dans lequel seront déterminées la surface mouillée et la pente de la ligne d'eau. Déterminer alors la vitesse moyenne grâce à des formules empiriques connues qui relient la vitesse au rayon hydraulique. Corriger la pente de la ligne d'eau pour tenir compte de l'énergie cinétique de l'écoulement et des caractéristiques et matériaux du lit. Calculer ensuite le débit comme le produit de la vitesse moyenne par la surface mouillée.

Les hypothèses hydrauliques de la méthode ne sont pas applicables aux chenaux très larges à très faible pente, aux chenaux de montagne escarpés à lit rocheux avec chutes d'eau ou rapides, ou bien aux

chenaux ayant des courbures significatives. Ces conditions exigent un jugement averti pour déterminer si la méthode est applicable.

Les principales formules relatives à la résistance à l'écoulement sont les formules de Manning et de Chézy. La formule de Manning est donnée dans la [Formule \(1\)](#):

$$Q = \frac{AR_h^{\frac{2}{3}}}{n} S^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

où

Q est le débit, en mètres cubes par seconde;

A est la surface mouillée, en mètres carrés;

R_h est le rayon hydraulique, en mètres;

S est la pente de la ligne de charge;

n est la rugosité du chenal, en s. m^{1/3}.

La formule de Chézy est donnée dans la [Formule \(2\)](#):

$$Q = CAR_h^{\frac{1}{2}} S^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

où C est le coefficient de rugosité de Chézy, en m^{1/2} s⁻¹

NOTE Les valeurs de rugosité de Manning n et de Chézy C pour diverses conditions d'écoulement à surface libre sont données dans l'[Annexe A](#). Le coefficient de Strickler, K_s , est l'inverse de n , et est utilisé dans certains pays (voir [Annexe B](#)).

Une autre formule de résistance à l'écoulement est la formule de Darcy-Weisbach (Colebrook-White), basée sur une formule théorique, couramment utilisée pour les écoulements en charge. Elle s'applique tout aussi bien à n'importe quel débit de liquide et suffit généralement pour les écoulements à surface libre. Même si elle n'a pas été beaucoup utilisée (car la formule est difficile à résoudre), elle commence à s'imposer car elle modélise fidèlement la variabilité de rugosité du chenal en fonction de sa géométrie, de ses matériaux et des conditions d'écoulement. La formule de Darcy-Weisbach (Colebrook-White) est donnée dans la [Formule \(3\)](#):

$$Q = \left(\frac{8g}{f} \right)^{\frac{1}{2}} AR_h^{\frac{1}{2}} S^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

où

f est le facteur de frottement de Darcy-Weisbach;

g est l'accélération due à la pesanteur, en m s⁻².

Le facteur de frottement de Darcy-Weisbach, f , peut être déterminé à l'aide de la formule de Colebrook-White relative à l'écoulement turbulent pour les profils pleinement développés, selon la [Formule \(4\)](#):

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -\log_{10} \left(\frac{k}{14,83 R_h} + \frac{2,52}{R_e \sqrt{f}} \right) \quad (4)$$

où

k est la hauteur de rugosité, en mètres;

R_e est le nombre de Reynolds.

Étant donné que le facteur de frottement de Darcy-Weisbach apparaît de chaque côté de la formule, un algorithme de calcul itératif est nécessaire pour déterminer f .

Les trois formules et les facteurs de frottement associés sont idéalement applicables dans les cours d'eau ayant un bief uniforme ou légèrement rétréci dans lequel le profil de section mouillée et le matériau du lit sont homogènes le long du bief. L'utilisation de cette méthode sur des biefs non uniformes et/ou avec des sections mouillées composites (un chenal principal et une ou plusieurs sections de débordement) présentant des modifications de la géométrie et des coefficients de rugosité du chenal introduira une incertitude supplémentaire dans les calculs.

5 Choix et délimitation du bief de mesure

5.1 Reconnaissance préalable du bief

Il est recommandé de mesurer approximativement, au cours d'une reconnaissance préalable, les largeurs et les profondeurs du bief ainsi que les pentes de ligne d'eau, de manière à vérifier que le bief choisi répond aussi bien que possible aux conditions indiquées en [5.2](#) et [5.3](#). Il convient d'effectuer, le cas échéant, des entretiens avec des témoins, pour obtenir des informations sur la durée de la crue, les chemins d'écoulements, les niveaux des hautes eaux, et les éventuelles modifications du lit pendant l'événement, et d'estimer la disponibilité des photographies ou vidéos de la crue.

5.2 Choix du bief

Autant que possible, il convient que le bief soit rectiligne uniforme et ne contienne ni courbures significatives ni méandres. Il convient que le lit ne présente pas, dans le bief de mesure, des changements de pente abrupts comme cela peut se produire dans les chenaux escarpés à lit rocheux. Il convient que la section mouillée soit aussi uniforme que possible ou légèrement rétrécie le long du bief et qu'elle ne présente aucune obstruction. Il convient que la végétation soit réduite au minimum et répartie uniformément le long du bief. Étant donné qu'il est rare d'avoir des conditions idéales pour le bief, il convient d'en choisir un présentant la meilleure combinaison de caractéristiques souhaitables.

Il est essentiel de choisir correctement les laisses de crue pour la méthode de la pente de la ligne d'eau. La présence et la qualité des laisses de crue sont donc des facteurs clés dans le choix du bief de mesure.

Il convient que le matériau du lit soit de nature similaire tout le long du bief.

Partout où cela est possible, il convient que la longueur du bief soit telle que la différence entre les niveaux d'eau aux extrémités amont et aval du bief soit au moins de 0,25 m.

Il convient que le bief soit exempt d'affluents et de défluent ou que ceux-ci ne perturbent pas le profil des hautes eaux.

Il convient que l'écoulement dans le chenal reste dans des limites déterminées. Dans la mesure du possible, il convient d'éviter les biefs où existent des écoulements dans le lit majeur. Toutefois, si cela

est inévitable, il convient d'éviter les biefs dans lesquels la plaine inondable est propice aux écoulements trop peu profonds. Des calculs supplémentaires seront nécessaires pour déterminer le débit.

Il convient que le bief ne subisse pas de transitions du régime fluvial au régime torrentiel ou inversement.

Si un bief uniforme est idéal, il convient de choisir un bief convergent plutôt qu'un bief présentant des élargissements. Les pertes d'énergie induites par d'importants élargissements sur tout le bief ne pouvant pas être correctement prises en compte, il convient de ne pas choisir les biefs présentant des élargissements importants ou rapides (voir [9.3.3](#)).

5.3 Délimitation du bief

Si le bief est utilisé pour des mesurages périodiques de la pente de la ligne d'eau ou pour un mesurage en continu des débits de crue, des sections transversales permanentes perpendiculaires à la direction d'écoulement doivent être choisies et des marques (clairement visibles et identifiables) doivent être placées sur les deux rives.

Il convient de surveiller le bief pour identifier et évaluer tout changement physique des sections mouillées ou du bief au fil du temps.

6 Mesurage de la pente

6.1 Laises de crue

La méthode de la pente de la ligne d'eau est principalement utilisée pour documenter une crue ou un événement à débit très élevé. La pente de la ligne de charge définie dans les formules de résistance à l'écoulement est approchée en étudiant les laisses de crue sur les deux rives le long du bief de mesure, en déterminant le changement de hauteur de la ligne d'eau, en déterminant les hauteurs dynamiques dans chaque section et en évaluant la perte due au rétrécissement ou à l'élargissement. Il convient que les laisses de crue s'étendent en amont de la section mouillée la plus en amont et en aval de la section mouillée la plus en aval. Les laisses de crue peuvent comprendre les éboulis des rives, les lignes de décapage, l'arrachement de végétation sur les arbres, les traces de boue, l'échouage d'arbres ou de buissons. Il convient que chaque laisse de crue soit notée comme suit: excellente, bonne, assez bonne ou médiocre. Cette information sera utile pour interpréter le profil et la pente de la ligne des hautes eaux. Les traces de boue et les arrachements de végétation sur les troncs d'arbre ou les structures sont généralement d'excellentes laisses de crue. Les éboulis et les lignes de décapage indiquent une laisse de crue bonne, assez bonne ou médiocre, selon la tendance de la végétation des rives du cours d'eau à se remettre des forces exercées par le courant. Il convient d'être prudent lors du choix des laisses de crue sur les arbres et autres obstacles situés dans des zones à haute vitesse, car ils peuvent être plus représentatifs de l'énergie totale que du niveau d'eau, ce qui réduira l'exactitude du débit calculé.

Il convient d'étudier les laisses de crue dès que possible après la crue. Si cela n'est pas possible, il convient de marquer les laisses avec de la peinture, des clous, un balisage ou des étiquettes jusqu'à ce que les levés topographiques puissent être effectués.

6.2 Échelles à maximum

Si le bief est destiné au mesurage périodique des débits de crue, une série d'échelles à maximum installées sur chaque côté du bief peut être utilisée pour déterminer le profil et la pente de la ligne des hautes eaux. Il convient qu'il y ait au moins une échelle à maximum sur la rive gauche et sur la rive droite de chaque section mouillée; il convient que les emplacements des sections mouillées reflètent des changements hydrauliques connus dans le bief de mesure (ruptures de pente observées dans le profil de la ligne des hautes eaux, par exemple). Il convient que les échelles à maximum soient conformes à l'ISO 4373.

6.3 Capteurs de pression

Si le bief est destiné au mesurage périodique des débits de crue ou au mesurage en continu des hydrogrammes de crue, une série de limnigraphes installés de chaque côté du bief peut être utilisée pour déterminer le profil et la pente de la ligne des hautes eaux. Comme indiqué en 6.2, il convient que les emplacements des sections mouillées reflètent des changements hydrauliques connus dans le bief de mesure. Les dispositifs d'enregistrement peuvent être des limnigraphes individuels ou une série de capteurs de pression raccordés à un seul enregistreur de données.

6.4 Échelle limnimétrique de référence

Il convient de référencer les niveaux d'eau établis par des laisses de crue (soit par des échelles à maximum soit enregistrés par des limnigraphes) dans le système de nivellement national ou local par un levé de nivellement précis à partir du repère le plus proche. Si le site de mesure est une station de jaugeage, alors il convient de rattacher les niveaux à l'échelle de référence de la station, que celle-ci soit verticale ou inclinée. L'échelle limnimétrique de référence doit être conforme à l'ISO 4373 et doit être solidement fixée, dans le cours d'eau, à un support stable et rigide.

7 Détermination de la pente

Le profil ou la pente de la ligne des hautes eaux est généralement déterminé(e) à partir d'un relevé des laisses de crue sur les deux rives de la rivière. Les niveaux d'eau dans les sections mouillées sont déterminés par l'intersection de ces sections mouillées avec la ligne d'eau. Chaque laisse de crue sera définie par sa position et un critère de qualité, le tout indiqué sur un relevé graphique du niveau d'eau en fonction de la distance mesurée le long du thalweg du cours d'eau ou de l'axe central de l'écoulement.

La dénivelée peut aussi être déterminée par l'écart entre les niveaux d'eau amont et aval. Ces niveaux d'eau sont déterminés par la moyenne des niveaux de laisses rive gauche et rive droite, dans la section la plus en aval et la section la plus en amont.

Plusieurs laisses de crue, même d'apparences redondantes et non situées dans les sections mouillées étudiées, peuvent permettre d'identifier et d'écarter les laisses de crue incohérentes et de confirmer l'uniformité du régime d'écoulement le long du bief.

8 Sections mouillées du cours d'eau

8.1 Nombre et emplacement des sections mouillées

Il est généralement souhaitable de disposer d'au moins trois sections mouillées dans le bief de mesure choisi; cinq ou plus de cinq sections mouillées peuvent fournir plus d'informations et réduire l'incertitude du débit calculé. Les sections mouillées doivent être clairement marquées sur les rives à l'aide de piliers de maçonnerie ou de marques facilement identifiables. Les sections mouillées doivent être numérotées comme suit: 1 pour la section mouillée la plus en amont, 2 pour la section mouillée adjacente suivante, etc.

Il convient de choisir les emplacements des sections mouillées en fonction des profils relevés lors de crue (voir Article 7) et des ruptures de pente importante dans ces profils. Cette approche garantit la variabilité uniforme de la débitance entre les sections mouillées, qui est une hypothèse de la méthode de la pente de la ligne d'eau. En plus de ce critère, il convient que l'espacement entre les sections mouillées soit conforme à la longueur du bief de mesure et au nombre de sections mouillées utilisées. Il convient d'orienter chaque section mouillée perpendiculairement au sens d'écoulement^[4].

8.2 Mesurage des profils des sections mouillées

Le profil de chaque section mouillée choisie doit être mesuré en même temps que les observations sont faites, ou à un moment le plus proche possible. Il est souvent impossible de mesurer (par sondage) la section mouillée pendant la crue. Par conséquent, une erreur peut être introduite lors de la