

NORME
INTERNATIONALE

ISO
9196

Première édition
1992-03-01

**Mesure de débit des liquides dans les canaux
découverts — Mesurage de débit dans des
conditions de glace**

iTeh STANDARD PREVIEW

*Liquid flow measurement in open channels — Flow measurements under
ice conditions*

[ISO 9196:1992](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/670a921f-b7d1-4056-a1b5-40d0be1c4f4f/iso-9196-1992)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/670a921f-b7d1-4056-a1b5-40d0be1c4f4f/iso-9196-1992>



Numéro de référence
ISO 9196:1992(F)

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

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

La Norme internationale ISO 9196 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 113, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts*, sous-comité SC 7, *Problèmes spéciaux et méthodes de mesurage*.

© ISO 1992

Droits de reproduction réservés. 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'éditeur.

Organisation Internationale de normalisation
Case Postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse

Imprimé en Suisse

Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Mesurage de débit dans des conditions de glace

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale traite de la mesure de débit des liquides dans les rivières et les canaux dans des conditions de glace et fournit des renseignements supplémentaires à ceux qui figurent dans des Normes internationales publiées préalablement.

La présente Norme internationale ne prescrit pas les instruments et le matériel de mesure qui sont traités dans d'autres Normes internationales.

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

ISO 1100-2:1982, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Partie 2: Détermination de la relation hauteur-débit.*

ISO 1438-1:1980, *Mesure de débit de l'eau dans les canaux découverts au moyen de déversoirs et de canaux Venturi — Partie 1: Déversoirs en mince paroi.*

ISO 3846:1989, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts au moyen de déversoirs et de canaux-jaugeurs — Déversoirs rectangulaires à seuil épais.*

ISO 3847:1977, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts au moyen de déversoirs et de canaux jaugeurs — Méthode d'évaluation du débit par détermination de la profondeur en bout des chenaux rectangulaires à déversement dénoyé.*

ISO 4359:1983, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Canaux jaugeurs à col rectangulaire, à col trapézoïdal et à col en U.*

ISO 4360:1984, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts au moyen de déversoirs et de canaux jaugeurs — Déversoirs à profil triangulaire.*

ISO 4377:1990, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Déversoirs en V ouvert.*

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

OMM (Organisation météorologique mondiale), Note technique n° 117 (OMM n° 280), *Utilisation de déversoirs et de canaux jaugeurs pour le jaugeage en rivière.*

2 Références normatives

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

ISO 555-1:1973, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Méthodes de dilution pour le mesurage du débit en régime permanent — Partie 1: Méthode d'injection à débit constant.*

ISO 555-2:1987, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Méthodes de dilution pour le mesurage du débit en régime permanent — Partie 2: Méthode par intégration.*

ISO 748:1979, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Méthodes d'exploration du champ des vitesses.*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/si/921fb7d1-4056-a1b5-40d0be1c4f4f/iso-9196-1992>

3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions données dans l'ISO 772 s'appliquent.

4 Méthode de mesure de débit d'eau dans des conditions de glace

Les débits d'eau peuvent être mesurés dans des conditions de glace par les méthodes d'exploration du champ des vitesses, les méthodes de dilution et au moyen de déversoirs à échancrures, de déversoirs et de canaux jaegers.

4.1 Méthode d'exploration du champ des vitesses

Le principe de cette méthode est décrit dans l'ISO 748.

Dans le cas de canaux dont la surface est couverte d'une couche de glace, on prend comme aire de la section de l'écoulement l'aire limitée par le profil du lit (ou périmètre mouillé) et le bord inférieur de la couverture de glace ou de la boue. Quand l'écoulement a lieu entre les couches de glace, l'aire de la section comprend également l'aire limitée par la couche inférieure de glace et la surface inférieure de la couverture de glace ou de boue.

4.1.1 Choix de l'emplacement

Les mesurages de débit dans des conditions de glace sont généralement effectués au même emplacement où sont effectués les mesurages de débit dans les canaux découverts. L'emplacement peut ne pas convenir pour les observations si

- a) plus de 25 % de la section est remplie de boue qui n'est pas régulièrement répartie sur la section;
- b) les zones mortes occupent plus de 10 % de la section;
- c) il existe de vastes zones avec des vitesses d'écoulement très faibles (inférieures à 0,3 m/s) qui ne peuvent pas être mesurées avec des moulinets;
- d) il est situé dans la zone de remous en aval d'un embâcle;
- e) il existe une vaste zone d'eau ouverte qui reste dégelée pendant tout l'hiver (mais voir 4.1.7);
- f) il existe des givrages par suite de la congélation de l'eau s'écoulant à travers des fissures sur la surface de la couverture de glace indiquant une débâcle éventuelle de la glace.

Pendant la période d'eau ouverte, c'est-à-dire la période où n'existe pas de couverture de glace, il est préférable de choisir d'autres emplacements pour les mesurages du débit d'eau et de les marquer sur les rives. Après la stabilisation de la couverture de glace au bief choisi pour les mesurages, il est nécessaire d'effectuer un levé préliminaire pour choisir un profil longitudinal de longueur égale à plusieurs largeurs et de forer un nombre convenable de trous le long du profil en vue de déterminer la présence de boue et sa répartition. En cas de présence de boue dans les canaux et lorsqu'il n'est pas possible de choisir un autre bief de mesure, l'emplacement doit être choisi au centre d'un bief uniforme.

Après le choix préliminaire de l'emplacement, quatre ou cinq trous doivent être forcés à travers la rivièrre à des distances égales en vue de déterminer s'il existe une distribution régulière des vitesses ainsi que d'établir l'épaisseur de la boue et de la glace sur la section. Les emplacements présentant de la boue séparant la rivièrre en des cours d'eau séparés doivent être évités. Des canaux ayant un écoulement anastomosé et qui pendant la période d'eau ouverte ne conviennent pas aux mesurages de débit par suite de la multitude de canaux, peuvent convenir dans des conditions d'hiver, étant donné que les canaux peu profonds peuvent être bouchés par la glace ou la boue, laissant le canal principal débouché et coulant.

4.1.2 Fréquence du mesurage du débit d'eau

La fréquence du mesurage du débit d'eau pendant la période hivernale doit être choisie pour permettre d'assurer une estimation fiable du débit. Lorsque des conditions de couverture de glace stable existent, des méthodes d'interpolation hydraulique de l'écoulement pendant l'hiver, peuvent être utilisées. Toutefois, dans des conditions difficiles (telles que couverture de glace instable et congélation incomplète), les mesurages doivent être effectués aussi souvent que possible parce que dans ces conditions, le débit est calculé par interpolation des débits observés. Le moment auquel doit être effectué le mesurage du débit journalier doit être déterminé à partir des données expérimentales de façon à s'assurer qu'un mesurage de débit, le plus proche possible de la valeur moyenne journalière dans les rivières présentant des variations journalières de débit, est obtenu.

4.1.3 Mesurage de l'épaisseur de la couverture de glace

L'épaisseur de la couverture de glace doit être mesurée à l'aide de bâtons de mesurage de glace qui sont abaissés dans les trous forés à la main ou à l'aide de forets mécaniques. Une indication zéro peut également être obtenue.

4.1.4 Mesurage de la profondeur de la boue

Dans le cas de faible profondeur de la boue, les mesurages peuvent être effectués à l'aide d'un bâton de mesurage de glace. La profondeur de la boue est indiquée par une variation de la résistance à la rotation du bâton vers la droite et vers la gauche quand il est remonté, c'est-à-dire la résistance à la rotation augmente, lorsque la couche de boue est atteinte. Lorsque la couche de boue est plus épaisse, les mesurages peuvent être effectués de la même manière à l'aide d'une tige spéciale avec une plaque d'arrêt ou un disque perforé attaché à son extrémité. Des moulinets sont souvent utilisés pour les mesurages de la profondeur de la boue. Le moulinet est abaissé en dessous de la couche de boue et ensuite il est soulevé graduellement jusqu'à ce qu'une indication zéro soit obtenue. Il faut, toutefois, garder à l'esprit que la profondeur de boue réelle peut être dans une certaine mesure plus faible que celle obtenue par des mesurages, du fait qu'une indication zéro sera également obtenue lorsque la vitesse de l'écoulement ralentit à 0,03 m/s à 0,04 m/s.

4.1.5 Détermination de la profondeur effective

Dans un canal recouvert de glace, la profondeur effective est calculée en soustrayant la distance entre la surface de l'eau et le fond de la couche de glace ou de boue de la profondeur totale. La profondeur totale de l'eau dans le canal est mesurée à l'aide d'une perche ou d'un saumon suspendu à un câble et abaissé à l'aide d'un treuil; cette dernière méthode est identique aux mesurages de profondeur effectués à partir d'un canot dans des conditions de canal découvert.

4.1.6 Mesurages de la vitesse de l'écoulement

4.1.6.1 Utilisation de moulinets dans des conditions d'hiver

Les mesurages de la vitesse de l'écoulement sont effectués à l'aide de moulinets qui sont abaissés dans des trous percés dans la couverture de glace. Un équipement spécial a été mis au point (par exemple, dispositif à bras rotatif, voir figure 1) pour pouvoir abaisser verticalement le moulinet dans un trou et ensuite le placer dans une position horizontale. Lorsqu'il existe un trou assez profond et large, un moulinet normalisé avec des poids suspendus ou bien un moulinet suspendu à une perche peut être abaissé directement dans une position horizontale. Le moulinet peut être abaissé à l'aide d'une perche, d'un câble à fonctionnement manuel (pour les profondeurs faibles) ou d'un équipement suspendu à un câble (pour des profondeurs de plus de 3 m à 4 m). Lors des mesurages de la vitesse, le dispositif qui maintient doit être situé près du côté amont du trou et doit être tenu de façon rigide au

bord supérieur du trou pour éviter l'influence de la pulsation du niveau vertical.

Pour empêcher le moulinet de se congeler lorsqu'il est déplacé d'un emplacement de mesure à un autre, il peut être placé dans un seau contenant de l'eau chaude ou dans un caisson à air chaud. Dans les emplacements de mesure peu profonds, lorsque le moulinet est abaissé à l'aide d'une perche n'ayant aucune ailette de queue, il faut veiller à ce que le moulinet soit dans une position correcte par rapport à la direction de l'écoulement à l'emplacement. S'il y a de la boue, les moulinets à ailettes peuvent être utilisés car les moulinets à coupelles peuvent être bouchés par la boue.

Avant d'abaisser le moulinet, il est préférable de frayer un passage dans la boue à l'aide d'une perche en acier ou en bois avec des disques ou à l'aide d'un poids elliptique (de forme ronde) suspendu à un câble.

4.1.6.2 Choix des verticales pour les mesurages de la vitesse

Comme dans le cas des mesurages dans les canaux découverts, l'emplacement des verticales dans des conditions de glace est défini par les principes suivants:

- a) Le nombre de verticales doit être d'au moins 20 en vue d'assurer une précision suffisante de l'interpolation des vitesses, compte tenu de la largeur du chenal. Les sections entre des verticales successives doivent contenir des portions sensiblement égales du débit total d'eau.
- b) L'emplacement de la verticale doit être tel qu'il puisse refléter de la meilleure manière possible la structure de l'écoulement et la section du lit de la rivière.
- c) La distance entre les verticales doit être supérieure au diamètre de l'hélice du moulinet; cependant, dans le cas de très petites rivières (ruisseaux), quelques verticales suffiraient.

Le profil du fond à la station de jaugeage doit être déterminé et l'emplacement des verticales choisi avant la formation de la couverture de glace. Lorsque ceci n'est pas possible, environ 20 trous doivent être percés le long de la section à des distances égales. (Il a été constaté par la pratique que 20 était le nombre minimal de trous nécessaires pour reproduire le profil du chenal avec une précision suffisante). Des trous supplémentaires doivent ensuite être percés pour assurer une précision suffisante des mesurages de débit. L'emplacement des bords de la section du chenal doit être déterminé en dernier lieu, après le forage de tous les trous nécessaires du fait que l'extrémité du foret peut s'émauser facilement pendant cette procédure.

4.1.6.3 Mesurages de la vitesse sur une verticale

Par suite de la rugosité de la surface inférieure de la couche de glace, la courbe des vitesses pour la période d'hiver diffère de celle pour les conditions de canaux découverts. Sur la surface inférieure de la couverture de glace, la distribution des vitesses est pour une grande part similaire à la distribution des vitesses dans une tuyauterie. Le degré de réduction des vitesses varie avec la rugosité de la surface inférieure de la glace.

Si la profondeur le permet, la distance de l'axe du moulinet au lit de la rivière ainsi que la distance de l'axe du moulinet à la surface inférieure de la glace ne doit pas être de moins de deux fois le diamètre de l'hélice de l'ailette.

Ainsi, on peut appliquer la méthode du point unique pour une profondeur effective d'environ 0,30 m à 1,0 m lorsque le moulinet est placé à 0,5 fois de la profondeur effective. Il faut un coefficient de 0,88 à 0,90 pour calculer la vitesse moyenne (voir ISO 748).

Lorsque la profondeur effective est égale ou supérieure à 1,0 m, la méthode des deux points est préférable (à 0,2, 0,6 et 0,8 fois la profondeur effective). À des profondeurs effectives plus grandes, on peut généralement mesurer les vitesses en trois points (à 0,15, 0,5 et 0,85 fois la profondeur effective). Cependant, pour une meilleure précision des mesurages du débit d'eau, les vitesses doivent être mesurées en six points: à 0,2, 0,4, 0,6 et 0,8 fois la profondeur effective, à la surface inférieure de la glace et au fond de la rivière.

4.1.6.4 Calcul de la vitesse moyenne sur une verticale

Lorsque la méthode des deux ou des trois points est utilisée, la vitesse moyenne sur une verticale est calculée comme la moyenne arithmétique des valeurs mesurées. Pour la méthode des six points, l'équation suivante (voir ISO 748) doit être utilisée pour calculer la vitesse moyenne sur une verticale:

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

4.1.7 Mesurages de débit dans des conditions de couverture partielle de glace

Si l'eau à la station de jaugeage n'est pas complètement gelée, les mesurages de débit dans les sections couvertes de glace peuvent être faits en utilisant les méthodes décrites en 4.1.6. Dans une partie de la rivière exempte de glace, les méthodes des canaux découverts sont appliquées en utilisant un pont, un câble ou un canot. Si des moulinets ne peuvent être utilisés dans la section d'eau ouverte de la rivière, les mesurages de la vitesse doivent être faits par des flotteurs. Des flotteurs spécialement conçus ou de la glace flottante peuvent être utilisés à cette fin. Pendant la période de dérive

des glaces sur de grandes rivières, la méthode en vol est pratiquement la seule méthode sûre à utiliser. Lorsque la glace en dérive est régulièrement répartie sur la rivière, les glaçons flottants peuvent être photographiés pour déterminer le débit de la même manière qu'en utilisant des flotteurs. En cas de répartition irrégulière de la glace sur la largeur de la rivière, des flotteurs spéciaux doivent être jetés d'un avion dans la partie d'eau ouverte de la rivière, et des photographies supplémentaires doivent être prises.

4.1.8 Mesurages de débit dans des conditions de plusieurs couches de glace

Lorsqu'on observe deux ou plusieurs couches de glace à l'emplacement de mesure, les mesurages de débit doivent être faits dans un autre emplacement. Une corrélation doit être établie entre les débits déterminés en cet autre emplacement et les niveaux de l'eau à la station de jaugeage permanente.

4.1.9 Mesurages de débit dans des conditions d'écoulement d'eau au-dessus de la glace

Si l'eau s'écoule au-dessus et au-dessous de la surface de la glace, les débits au-dessus et au-dessous de la couverture de glace doivent être obtenus séparément. Les débits au-dessous de la couverture de glace doivent être déterminés selon la méthode décrite en 4.1.6, avant que l'eau n'apparaisse au-dessus de la glace. L'aire de la section transversale de l'eau s'écoulant au-dessous de la glace est obtenue sur la base des données des mesurages préliminaires. Toutefois, la distance entre la surface de l'eau et la surface supérieure de la glace submergée doit être mesurée.

Les vitesses d'écoulement au-dessus de la glace doivent être mesurées de la même manière que pour les mesurages de débit dans un chenal exempt de glace.

Si le chenal gèle en hiver jusqu'au fond et s'il est rempli de glace et de neige, il est préférable de faire, avant le commencement d'une crue de printemps, un fossé dans la glace d'une largeur de 0,5 m à 1,0 m et d'une longueur d'au moins 20 m pour faire passer le premier jet d'eau.

4.1.10 Mesures de sécurité pour les mesurages à partir d'une couverture de glace

En règle générale, pour assurer la sécurité du personnel effectuant des mesurages de débit à partir d'une couverture de glace, l'épaisseur de la glace doit être au moins de 0,1 m et la température de l'air doit être inférieure à 0 °C.

Avant la traversée d'une rivière, la résistance de la couverture de glace doit être essayée à l'aide d'un

ciseau à glace. La vitesse d'un véhicule traversant la couverture de glace doit être faible (en particulier près des rives) pour empêcher la formation de vagues qui peuvent augmenter la pression sur la glace. Des mesures de sécurité plus sévères doivent être prises en cas d'écoulement de l'eau au-dessus de la glace ou lorsque de nouvelles couches de glace se forment, du fait que la couverture de glace peut être mince.

Les personnes effectuant des mesurages de débit à partir d'une couverture de glace peuvent utiliser des crampons pour éviter de glisser sur la glace. En outre, des moyens de sauvetage doivent être disponibles.

4.1.11 Calcul du débit

Le calcul du débit sous une couverture de glace doit être fait selon les règles de calcul du débit dans un canal découvert (voir ISO 748), la seule différence étant que la profondeur effective est utilisée au lieu de la profondeur totale.

L'aire de la section de l'écoulement d'eau est calculée à partir des profondeurs effectives sur les verticales et de la distance entre elles. L'aire totale de la glace et de la boue submergées est calculée à partir de la profondeur de la glace et de la boue submergées aux points de mesurage et de la distance entre eux. Pendant la période de congélation des rivières, lorsque la largeur totale de la rivière diffère considérablement de la largeur réelle de l'aire de la section, deux valeurs de largeur sont nécessaires: l'une est déterminée par rapport au niveau de l'eau dans les trous de glace et l'autre est déterminée par rapport à la section de l'écoulement.

4.2 Méthode de la verticale représentative

4.2.1 Principe de la méthode

Il existe une relation étroite entre la vitesse moyenne de l'écoulement dans la section et la vitesse de l'écoulement sur la verticale donnée. Le débit, Q , peut être obtenu à partir des valeurs de la vitesse de l'écoulement sur une verticale représentative dans une section, selon l'équation suivante:

$$Q = C \bar{v} A$$

où

- A est l'aire de la section au niveau de l'eau donné;
- \bar{v} est la vitesse moyenne ou unitaire sur la verticale représentative;
- C est le coefficient de correction.

4.2.2 Choix de la verticale et détermination du facteur de correction

Dans le cas d'une couverture de glace stable, et en l'absence de boue et d'autres formations de glace divisant l'écoulement en jets séparés, une corrélation entre la vitesse moyenne de l'écoulement et la vitesse sur la verticale représentative est généralement observée.

Pour obtenir des résultats suffisamment précis, le choix d'une verticale et l'établissement de la relation, qui est généralement linéaire, sont effectués sur la base de 40 ou de 50 mesurages de débit obtenus par la méthode des deux points ou de plusieurs points. Les mesurages doivent être faits dans des conditions stables et doivent couvrir régulièrement toute la gamme des niveaux.

Le débit mesuré est tracé en fonction soit du produit de l'aire de la section et de la vitesse moyenne de l'écoulement sur la verticale donnée, \bar{v} , soit du produit de l'aire de la section et de la vitesse de l'écoulement, $v_{0,2}$, à 0,2 fois la profondeur effective là où la vitesse de l'écoulement selon les données obtenues sur le terrain est la plus proche de la vitesse moyenne de l'écoulement. Pour la pratique, on doit choisir un tracé qui donne la meilleure courbe de cette relation.

Le coefficient de correction est obtenu sous forme de la tangente de la courbe lorsque celle-ci traverse l'origine des coordonnées.

4.2.3 Limites d'application

L'emplacement d'une verticale représentative dans la section d'un cours d'eau doit être stable pendant toute l'année dans la gamme totale des niveaux. L'écart carré moyen de la relation entre les débits obtenus sur la base de la méthode de la verticale représentative et les débits réellement mesurés ne doit pas être supérieur de 5 % à 10 %. La méthode n'est pas applicable dans des conditions de boue, de remous intermittent et de courant oblique.

4.2.4 Procédure de mesurage du débit

La procédure normale décrite en 4.1 doit être appliquée pour le mesurage du débit selon la méthode de la verticale représentative.

4.3 Méthode de dilution

Pour obtenir le débit par des méthodes de dilution, le degré de mélange du traceur dans le cours d'eau doit être déterminé. Les méthodes de dilution sont traitées dans l'ISO 555-1 et l'ISO 555-2.

Dans les cours d'eau recouverts de glace, le mélange du traceur peut être peu satisfaisant du fait que la zone des courants à vitesse peut augmenter.

Ainsi, une plus grande longueur d'un bief de mesure peut être nécessaire. Avant d'effectuer les essais avec un fluoromètre, tous les échantillons d'eau froide prélevés de la rivière doivent être chauffés à la même température pour éviter les corrections de température. Le chauffage peut aussi aider à empêcher l'accumulation de bulles d'oxygène sur les parois latérales de la cuvette, ce qui pose des difficultés pour les mesures fluorométriques, en particulier dans le cas des échantillons prélevés des cours d'eau avec une forte concentration d'oxygène dissout.

4.4 Mesures de débit par des déversoirs à échancrures, des déversoirs et des canaux jaugeurs pendant la période d'hiver

4.4.1 Conception et construction

Le choix de la meilleure structure possible pour un cours d'eau donné, les spécifications, l'étalonnage et les procédures de fonctionnement sont donnés dans l'ISO 1438-1, l'ISO 3846, l'ISO 3847, l'ISO 4359, l'ISO 4360, l'ISO 4377, et dans la Note technique OMM n° 117 (OMM n° 280).

4.4.2 Protection dans des conditions de glace

Les dispositifs de mesure du débit doivent être chauffés en entourant le dispositif et la section adjacente du chenal de matériaux isolants et en installant à l'intérieur de la hotte diverses sources de chauffage (par exemple radiateurs électriques, poêles à pétrole, radiateurs de propane, etc.). Les dispositifs d'isolation peuvent être réalisés sur la base de plusieurs modèles. La hotte du dispositif est souvent en bois rond et mince, reposant sur les éléments du dispositif de mesure du débit ou sur des poteaux. La hotte peut être recouverte de brindilles de sapin, de paille ou de roseaux. Quand il commence à neiger, on peut recommander la neige comme un moyen supplémentaire d'isolation du débitmètre. À l'intérieur de l'abri, il faut qu'il y ait assez d'espace pour installer les radiateurs et pour donner libre accès aux dispositifs de mesure. Soit le toit, soit les parois doivent être munis d'un ou de deux trous d'homme avec des portes de protection contre la chaleur.

Lors du mesurage des débits dans des conditions de glace, on doit enlever la glace en amont du dispositif de mesure du débit à une distance d'environ quatre fois la hauteur maximale à partir de la section de jaugeage et la glace dans la section du col du dispositif de mesure pendant le mesurage du débit.

Pour éviter une forte accumulation de boue (qui peut boucher les prises d'eau et les puits de mesure) en amont du dispositif de mesure, il est conseillé de pousser à la main la boue à travers la section du débitmètre ou d'installer des barres spéciales

d'orientation de boue en amont du débitmètre. Ces barres sont des structures flottantes composées d'un ou de deux jeux de tronçons de bois attachés à un écran vertical en bois d'une hauteur de 0,5 à 0,6 fois la profondeur, noyé dans l'eau. Elles sont situées à l'entrée du déversoir ou du canal jaugeur pour former une embouchure à la section du col du dispositif de mesure.

5 Mesurage du niveau durant la période d'hiver

5.1 Mesurages discrets du niveau de l'eau

Des trous doivent être percés dans la glace autour d'échelles-limnimétriques, de piles de mesure et de limnimètres de référence d'enregistreurs du niveau de l'eau à une station de jaugeage pour que les observations soient libres et pour empêcher que l'équipement de mesure ne soit endommagé au cas où le niveau de la couverture de glace monte ou baisse. Les accumulations de glace sur les échelles limnimétriques doivent être soigneusement ébréchées ou enlevées avec de l'air chaud fourni par un radiateur portable.

5.2 Puits de mesure

Le puits de mesure et les tuyauteries d'entrée doivent être construits pour assurer le fonctionnement du système pendant de longues périodes de basse température. À cet effet, les conditions suivantes doivent être remplies:

- Le puits doit être construit en matériau non conducteur ou doit être isolé pour empêcher la pénétration d'air froid.
- Là où il est nécessaire et réalisable, la tuyauterie d'entrée inférieure doit être enveloppée d'un ruban électrique thermique ou ce dernier doit être placé à l'intérieur de la tuyauterie d'entrée pour que celle-ci soit exempte de glace. Une source de puissance commerciale ou une génératrice portable peut être utilisée comme source de chaleur. Un appareil d'étuvage avec un boyau à vapeur suffisamment long peut aussi être utilisé pour dégeler la tuyauterie d'entrée.
- La tuyauterie d'entrée inférieure doit être située au-dessous du fond de la couverture de glace et la tuyauterie supérieure au-dessus de la couche. On doit faire fonctionner l'enregistreur sur la tuyauterie inférieure pendant la période de congélation; toutefois, si la tuyauterie inférieure est gelée on doit faire fonctionner la tuyauterie supérieure pendant que la tuyauterie inférieure dégèle.
- Les puits de mesure installés assez loin sur la rive pour être en dessous de la ligne de gelée

peuvent être maintenu exempts de glace à l'aide d'un sous-plancher isolé amovible. On doit le placer en dessous de la ligne de gelée mais au-dessus du niveau de l'eau maximum envisagé pendant la période de congélation. Il faut prévoir un passage libre du flotteur et des fils de contrepoids. Le sous-plancher doit être retiré avant que la neige ne commence à fondre ou bien une planche mousse très légère capable de flotter peut être utilisée.

- e) En tant que variante à d), un cylindre étanche à l'eau, à bout ouvert, et de diamètre supérieur à celui du flotteur peut être installé verticalement dans le puits et peut être rempli en partie avec un distillat de pétrole non volatil (voir figure 2). Au commencement de la saison chaude, le pétrole peut être pompé du cylindre à l'aide d'un siphon. Le cylindre doit être suffisamment long pour assurer que son extrémité inférieure soit suffisamment en dessous du niveau de l'eau minimum envisagé pendant la période de congélation. On doit prendre des précautions pour assurer le mouvement libre du flotteur et du contrepoids dans le cylindre. Il faut retirer le cylindre ainsi que le distillat de pétrole avant que la neige ne commence à fondre au printemps. Si le distillat s'échappe du cylindre, des erreurs de niveau peuvent se présenter par suite de la différence entre les masses volumiques de l'eau et du distillat; la hauteur de l'eau, H_0 , au-dessus du zéro du limnimètre est inférieure à la hauteur du pétrole H_k (cette différence est prise en compte en ajustant le zéro du limnimètre avant le début des relevés).
- f) Un puits de mesurage peut être chauffé par un radiateur électrique ou à propane ou une ampoule électrique au cas où le courant est disponible. Le radiateur peut être installé à l'intérieur du flotteur pour empêcher la congélation du puits de mesurage. Le surchauffage doit être évité en raison de la formation excessive de vapeur; la condensation de vapeur sous forme de gelée blanche peut endommager l'enregistreur ainsi que l'horloge.

Parfois, il est préférable de chauffer les dispositifs d'enregistrement du niveau de l'eau pour assurer un fonctionnement continu à basses températures.

Toutefois, certains instruments peuvent fonctionner à $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ grâce à l'utilisation de lubrifiants spéciaux pour basses températures.

5.3 Enregistreur pneumatique

- a) Un orifice d'où du gaz comprimé débouche dans la rivière doit être ménagé en dessous de la surface inférieure de la couverture de glace généralement observée à la station de jaugeage.
- b) L'orifice doit être situé assez loin des emplacements où de la glace de fond peut apparaître, par exemple au-dessus des rapides, pour empêcher son obstruction.
- c) S'il y a un risque de congélation de l'orifice, la pression du gaz doit être réduite à une valeur inférieure à la valeur de pression correspondant à la gamme totale de l'instrument. Ceci empêchera des dégâts éventuels de l'instrument en cas d'obstruction de l'orifice.
- d) La tuyauterie d'accès à l'orifice doit être enterrée à une profondeur suffisante pour empêcher les dégâts dus à l'affouillement lorsque la neige fond.
- e) Étant donné que dans le cas de certains instruments spécifiques, le mercure utilisé se solidifie à environ $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ entravant le recueil des données du niveau d'eau à basses températures, les instruments doivent être chauffés aux températures minimales de fonctionnement indiquées par le fabricant si un fonctionnement ininterrompu est nécessaire. Les accumulateurs, qui agissent comme sources d'énergie, peuvent être étanches et peuvent être placés dans le cours d'eau pour assurer l'énergie nécessaire.

6 Évaluation des incertitudes dans le mesurage et le calcul du débit d'hiver

L'évaluation des incertitudes dans le mesurage du débit d'hiver ainsi que les calculs des débits journaliers doivent être effectués conformément aux recommandations données dans l'ISO 748, l'ISO 5168 et l'ISO 1100-2.