

Norme internationale



4373

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION • МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ • ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

**Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts —  
Appareils de mesure du niveau d'eau**

*Measurement of liquid flow in open channels — Water level measuring devices*

Première édition — 1979-09-01

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

ISO 4373:1979

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a08792f8-1f08-473c-aaa4-16cc903d2cd3/iso-4373-1979>

*Com. p.p. 1, 4, 7, 12*

CDU 532.57 : 532.217

Réf. n° : ISO 4373-1979 (F)

Descripteurs : mesurage de débit, écoulement de liquide, indicateur de niveau, limnigraphe, spécification de matériel.

Prix basé sur 18 pages

## 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 confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique correspondant. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO, participent également aux travaux.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO.

La Norme internationale ISO 4373 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 113, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts*, et a été soumise aux comités membres en juillet 1977.

Les comités membres des pays suivants l'ont approuvée :  
<https://standards.iso.org/standards/catalog/standards/sist/a08792f8-1f08-473c-aaa4-16cc903d2cd3/iso-4373-1979>

Afrique du Sud, Rép. d'	France	Royaume-Uni
Allemagne, R. F.	Inde	Suisse
Australie	Irlande	Tchécoslovaquie
Canada	Italie	URSS
Chili	Mexique	USA
Égypte, Rép. arabe d'	Norvège	Yougoslavie
Espagne	Pays-Bas	
Finlande	Roumanie	

Aucun comité membre ne l'a désapprouvée.

# Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Appareils de mesure du niveau

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

### 0 Introduction

Pour obtenir un relevé systématique du débit d'une rivière en fonction du débit journalier moyen ou instantané, il est habituel d'effectuer d'abord un relevé du niveau de l'eau en fonction du temps, puis de le convertir en valeurs de débit par une ou plusieurs des méthodes analysées dans l'ISO 1100. La précision des relevés de débit dépend principalement de la précision de l'enregistrement du niveau et il est essentiel d'avoir des appareils effectuant les mesures et l'enregistrement avec efficacité et avec une précision suffisante pour l'utilisation future des résultats.

L'enregistrement du niveau d'eau se fait généralement à l'aide de limnigraphes à flotteur et contre-poids ou à l'aide d'un système à ressort, le mouvement du flotteur actionnant en général un mécanisme enregistreur, tel que plume ou tête perceuse, capable de donner soit un graphique analogique sur un diagramme, soit un enregistrement numérique sur une bande perforée. Les enregistrements du niveau d'eau peuvent se faire également en captant la pression hydrostatique au-dessus d'un point fixe du cours d'eau.

Pour protéger le flotteur et éliminer, ou tout au moins réduire, l'effet des ondes superficielles et des chocs de courte période dans le chenal naturel, il est habituel de prévoir un puits de mesurage, généralement en retrait de la rive et relié à la rivière par une ou plusieurs tuyauteries d'amenée, mais qui peut aussi quelquefois être placé en plein milieu du courant. La précision de l'enregistrement du niveau dépend alors, en partie, de la

sensibilité de l'instrument et, en partie, de la différence de niveaux entre le puits de mesurage et la rivière elle-même.

### 1 Objet et domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les caractéristiques de fonctionnement :

- des puits de mesurage à tuyauteries d'amenée;
- des indicateurs limnimétriques;
- des appareils enregistreurs.

### 2 Terminologie

Dans le cadre de la présente Norme internationale, les termes et les définitions utilisés sont conformes à l'ISO 772, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Vocabulaire et symboles*.

### 3 Unités de mesure

Dans le cadre de la présente Norme internationale, les unités de mesure utilisées sont les unités SI conformément à l'ISO 31 et à l'ISO 1000.

## Section deux : Puits de mesurage et entrées

### 4 Puits de mesurage

#### 4.1 Caractéristiques fonctionnelles

##### 4.1.1 Généralités

Le puits de mesurage a pour fonction :

- de contenir les instruments et de protéger le flotteur;
- de reproduire exactement en son sein les conditions de niveau de la rivière (voir l'annexe);
- d'amortir les oscillations de la surface de l'eau.

##### 4.1.2 Caractéristiques particulières

**4.1.2.1** Le puits peut être de section circulaire, ovale, carrée ou rectangulaire. Il peut être construit en n'importe quel matériau approprié.

**4.1.2.2** Il peut être placé en retrait de la rive ou directement dans le courant, auquel cas il ne doit pas être placé au milieu du cours d'eau lorsqu'il pourrait produire des décollements ou une stagnation de l'écoulement. Lorsqu'il est placé dans la rive, il doit être relié au cours d'eau par une ou plusieurs tuyauteries d'amenée. Lorsqu'il est placé directement au milieu du cours d'eau, ces tuyauteries peuvent se réduire à de simples trous ou fentes pratiqués dans la paroi du puits même.

**4.1.2.3** Le puits ne doit pas perturber le diagramme de l'écoulement dans le chenal d'amenée et, s'il est associé à un contrôle hydraulique, il doit être placé suffisamment loin en amont ou en aval pour se trouver en dehors de la zone affectée par le contrôle.

**4.1.2.4** Le puits doit être solidement enfoncé dans la rive ou doit être bien ancré s'il se trouve dans le cours d'eau, de façon à demeurer toujours stable.

**4.1.2.5** Le puits et tous les joints de construction ainsi que les tuyauteries d'amenée doivent être étanches à l'eau, qui ne doit pouvoir entrer ou sortir que par les tuyauteries elles-mêmes.

**4.1.2.6** Le puits doit être vertical, à certaines limites près, et avoir une hauteur et une profondeur suffisantes pour permettre le libre déplacement du flotteur dans toute la gamme des niveaux d'eau.

**4.1.2.7** Les dimensions du puits doivent permettre le fonctionnement sans encombre de tous les instruments qui y sont installés. La distance entre les parois et le flotteur doit être d'au moins 75 mm et, si le puits contient deux ou plusieurs flotteurs, la distance entre deux flotteurs doit être d'au moins 150 mm. Dans les rivières limoneuses, il y a avantage à avoir un puits suffisamment large pour que l'on puisse y pénétrer pour le nettoyer.

**4.1.2.8** Lorsqu'il est placé dans la rive, le puits doit avoir un fond étanche pour éviter tout suintement ou fuite.

**4.1.2.9** Dans le cas d'un puits à fond étanche, le fond du puits doit se trouver à au moins 300 mm au-dessous du radier de l'entrée la plus basse, pour permettre l'accumulation des sédiments et éviter l'échouage du flotteur en cas de basses eaux.

### 5 Entrées

#### 5.1 Caractéristiques fonctionnelles

##### 5.1.1 Généralités

Les entrées du puits de mesurage ont pour fonction :

a) de permettre l'entrée ou la sortie de l'eau du puits de mesurage de sorte que l'eau du puits reste à la même hauteur que celle de la rivière, quelles que soient les conditions d'écoulement;

b) d'exercer une certaine forme de contrôle sur le retard et les effets oscillatoires dans le puits.

##### 5.1.2 Caractéristiques spécifiques

**5.1.2.1** Les entrées peuvent se présenter sous la forme d'une ou de plusieurs tuyauteries raccordant le puits à la rivière lorsque celui-ci est placé dans la rive, ou sous la forme d'une série de trous ou de fentes lorsqu'il est placé directement dans la rivière. Dans les rivières à fort taux de sédimentation, un puits placé dans le cours d'eau peut avoir un fond en forme de trémie servant à la fois d'entrée et de moyen d'auto-nettoyage.

**5.1.2.2** Les dimensions des entrées doivent être suffisantes pour permettre au niveau d'eau dans le puits de suivre les hausses ou les baisses de niveau dans la rivière, sans retard notable.

**5.1.2.3** Les dimensions des entrées doivent être assez petites pour amortir les oscillations causées par les ondes superficielles ou les chocs.

NOTE — Les deux dernières conditions étant contradictoires, il est nécessaire de réaliser un compromis. Pour éliminer efficacement les chocs, par exemple, il peut être nécessaire de limiter la section des entrées à 0,1 % de la section du puits, tandis que pour réduire le retard à des limites acceptables, ce facteur peut atteindre au moins 1 %. Tout dépend des conditions du site de mesure, du type et de la longueur des entrées et de la surface du puits. Aucune règle rigoureuse ne peut donc être fixée pour déterminer la taille optimale des entrées, mais il est conseillé de les faire trop grandes plutôt que trop petites, car un convergent peut toujours être ajouté. En règle générale, la section totale des entrées ne doit pas être inférieure à 1 % de la section transversale du puits.

**5.1.2.4** Deux entrées ou plus peuvent être installées à différents niveaux pour continuer à faire fonctionner le système même si l'une des entrées s'obstrue.

**5.1.2.5** Lorsque le puits est encastré dans la rive, le radier de l'entrée la plus basse doit se situer à au moins 150 mm au-dessous du niveau le plus bas escompté et à au moins 300 mm au-dessus du fond du puits. Dans les régions de climat froid, cette entrée doit se trouver au-dessous de la ligne des gelées.

**5.1.2.6** Les tuyauteries d'amenée doivent avoir une pente constante en vue d'éviter les points bas et être posées sur une fondation appropriée qui n'est pas destinée à subsister.

**5.1.2.7** L'entrée doit être orientée dans le cours d'eau de telle manière que l'on puisse mesurer le niveau vrai. Lorsque les vitesses au point de mesure sont assez grandes pour que la pression dynamique ait une valeur appréciable, l'entrée doit comporter un dispositif de mesurage de la pression statique (dispositif piézométrique sur la paroi ou sur un diaphragme, plaque parallèle à l'écoulement, tubes statiques, etc.) pour que la pression dynamique n'influence pas le niveau du puits.

**5.1.2.8** Il est souhaitable que les tuyauteries d'entrée de plus de 20 m de longueur soient munies d'un trou d'homme intermédiaire, muni d'écrans intérieurs servant de piège à sédiments et permettant l'accès pour le nettoyage.

**5.1.2.9** Des moyens de nettoyage des entrées doivent être prévus, soit par un système de vidange lorsqu'une pression de plusieurs mètres peut être envoyée du niveau de l'extrémité, côté puits de mesurage, de la tuyauterie, soit par pompage d'eau par l'entrée, soit par des moyens manuels à l'aide de tiges de drainage pliantes.

**5.1.2.10** Lorsque la vitesse de l'écoulement est élevée, il peut se produire une aspiration de l'eau dans le puits. Ce phénomène peut être atténué par fixation d'un tube fixe bouché et perforé à l'extrémité côté rivière de l'entrée, qui se prolonge horizontalement vers l'aval.

## 6 Protection contre la gelée

Dans les zones à climat froid, le puits doit être protégé contre les formations de glace. On peut, à cet effet, faire usage de couvercles, de planchers isolants, de réchauffeurs, ou répandre de l'huile à la surface de l'eau. Dans ce dernier cas, l'huile forme une surépaisseur par rapport au niveau normal de l'eau et il convient d'en tenir compte lors du réglage de l'enregistreur.

# iTeh STANDARD PREVIEW

## (standards.iteh.ai)

ISO 4373:1979

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a08792f8-1f08-473c-aaa4-16cc903d2cd3/iso-4373-1979>

## Section trois : Indicateurs limnimétriques

### 7 Précision de la mesure du niveau

Dans certaines installations, une erreur-limite de  $\pm 10$  mm sur la mesure du niveau peut être satisfaisante. Dans d'autres, on peut exiger une erreur-limite de  $\pm 3$  mm ou meilleure. En aucun cas, l'erreur-limite ne doit cependant être supérieure à la plus grande des deux valeurs  $\pm 10$  mm ou  $\pm 0,1$  %.

Cette clause s'applique dans tous les cas, sauf indication contraire.

### 8 Niveau de référence

Le niveau d'un cours d'eau ou d'un lac est la hauteur de la surface de l'eau au-dessus d'un plan de référence prédéterminé. Ce plan de référence peut être une référence connue telle que le niveau moyen de la mer, ou un plan de référence arbitraire choisi pour la commodité d'avoir un nombre relativement faible de mesures limnimétriques. Il est généralement conseillé d'éviter les valeurs négatives. Le plan de référence choisi doit donc se trouver au-dessous de la cote correspondant à un écoulement nul au niveau du contrôle hydraulique.

Si l'on choisit un plan de référence arbitraire, il doit être rattaché à un repère de nivellement dont la cote est connue par rapport au niveau de la mer et a été déterminée par un nivelage précis, de manière que la référence arbitraire puisse être retrouvée si les repères d'échelle et de référence sont détruits. Le point de repère doit être marqué de façon permanente, afin que l'enregistrement du niveau se fasse toujours par rapport à la même référence pendant toute la durée de vie de la station de mesure.

#### 8.1 Zéro de l'échelle

Le zéro de l'échelle limnimétrique doit être rattaché à une cote de nivellement nationale, par l'intermédiaire du repère de nivellement de la station. Le rapport entre le zéro de l'échelle et le repère de nivellement de la station doit être vérifié au moins une fois par an. Le rapport entre le zéro de l'échelle et ses autres graduations doit également être vérifié de temps en temps. La tolérance de report de niveau entre le repère de nivellement de la station et l'échelle limnimétrique ne doit pas dépasser  $\pm 1,0$  mm.

#### 8.2 Repère de nivellement de la station

Le repère de nivellement de la station doit être placé dans un endroit offrant le maximum de sécurité contre les perturbations. Il doit être fixé solidement à un bloc de béton ou à un montage similaire s'enfonçant plus bas que la zone pouvant être affectée par des perturbations telles que la gelée. Il doit être rattaché par un nivelage précis au nivellement topographique national. Pour faciliter le nivelage précis entre le repère de nivellement de la station et le zéro de l'échelle, le repère doit être placé de telle manière que le report de niveau puisse se faire soit par nivelage réciproque, soit par visées avant et arrière convenablement équilibrées lors du réglage du niveau.

### 9 Indicateurs limnimétriques à lecture directe

Les appareils limnimétriques peuvent être de type direct ou indirect, avec des instruments de mesure fixes ou mobiles. Parmi les indicateurs directs, on peut citer les échelles limnimétriques verticales ou inclinées, les pointes limnimétriques, les limnimètres à flotteur et les sondes limnimétriques. La caractéristique principale de ce groupe d'indicateurs est que la mesure peut se faire directement en unités de longueur sans facteur intermédiaire.

#### 9.1 Échelles limnimétriques verticales ou inclinées

Ces appareils renferment une échelle graduée à même une surface appropriée ou rapportée sur elle.

##### 9.1.1 Caractéristiques fonctionnelles

Ces échelles doivent présenter les caractéristiques fonctionnelles suivantes :

- être précises et clairement graduées;
- être durables et faciles à entretenir;
- être simples à installer et à utiliser.

##### 9.1.2 Matériau

Le matériau de construction des échelles limnimétriques doit être résistant, notamment aux alternances de sécheresse et d'humidité et également du point de vue de l'usure ou de l'effacement des graduations. Il doit avoir un coefficient de dilatation faible à la température et à l'humidité.

##### 9.1.3 Graduation

**9.1.3.1** Les graduations d'une échelle verticale doivent être marquées de façon claire et permanente directement sur une surface lisse ou sur une planche limnimétrique. Les chiffres doivent être lisibles et placés de telle sorte qu'il n'y ait aucune possibilité d'ambiguïté. Un exemple type est présenté à la figure 1.

**9.1.3.2** Les graduations d'une échelle inclinée peuvent être portées directement sur une surface lisse ou sur une planche limnimétrique similaire à celle qui est décrite en 9.1.3.1, ou sur une plaque fabriquée spécialement pour une pente donnée. Sauf dans ce dernier cas, l'échelle limnimétrique doit être étalonnée in-situ, par nivelage précis par rapport au repère de nivellement de la station.

**9.1.3.3** Les plaques limnimétriques doivent être fabriquées en longueurs appropriées, la largeur de l'échelle couvrant au moins 50 mm.

**9.1.3.4** Les graduations de l'échelle doivent permettre des mesures en multiples du millimètre. La plus petite graduation dépend de la précision requise mais elle peut correspondre à 10 mm.

**9.1.3.5** Les repères des subdivisions doivent avoir une précision de  $\pm 0,5$  mm. L'erreur cumulée ne doit pas excéder la plus grande des deux valeurs 0,1 % ou 0,5 mm.

## 9.1.4 Installation et emploi

### 9.1.4.1 Généralités

L'échelle limnimétrique doit, de préférence, être placée au bord du cours d'eau de manière à permettre une mesure directe du niveau. En cas d'impossibilité par suite de turbulences excessives, du vent ou de l'impossibilité d'accès, la mesure peut être faite dans une baie ou un puits de mesurage approprié(e) où l'action des vagues est amortie et où le niveau d'eau suit fidèlement les fluctuations du niveau du cours d'eau. Cette condition est réalisée grâce à une conception et à un positionnement appropriés des entrées aux puits de mesurage.

L'échelle doit être placée aussi près que possible de la section de jaugeage sans affecter le régime en ce point. Elle ne doit pas être placée là où l'eau présente des turbulences ni là où elle pourrait être entraînée par le courant. Les piles et culées de pont ne sont en général pas des emplacements convenables. Quel que soit l'endroit où est placée l'échelle, il faut qu'elle soit immédiatement et commodément accessible de façon que l'observateur puisse faire les mesures aussi près que possible du niveau de ses yeux. Là où c'est nécessaire, la construction d'une rampe pour assurer un accès commode est recommandée. La planche ou la plaque limnimétrique doit être fixée solidement à son support, mais doit pouvoir être enlevée pour l'entretien ou le réglage. Les bords de la planche limnimétrique doivent être protégés.

### 9.1.4.2 Échelles verticales

Le support le plus approprié d'une échelle verticale est la surface d'une paroi verticale, ou presque verticale, parallèle au sens de l'écoulement. La planche ou la plaque doit être fixée à cette surface de manière à former une face vraiment verticale pouvant recevoir les graduations. La planche limnimétrique et son support doivent être solidement fixés à la paroi. Les échelles limnimétriques peuvent être fixées à des pieux, soit enfoncés dans le lit ou les rives de la rivière, soit noyés dans du béton afin de ne pas s'enfoncer, ni bouger, ni s'arracher. Dans tous les cas, l'ancrage doit s'enfoncer dans le sol au-dessous de la zone affectée par les gelées. Pour éviter l'effet de la vitesse d'écoulement qui peut empêcher des mesures de précision, le pieu peut être profilé pour former des becs hydrodynamiques en amont et en aval, ou encore placé dans une baie où il ne sera pas exposé à la force du courant. Lorsque l'amplitude des niveaux dépasse la capacité d'une seule échelle limnimétrique verticale, d'autres tronçons peuvent être ajoutés dans l'axe de la section perpendiculaire au sens de l'écoulement.

### 9.1.4.3 Échelles inclinées

Les échelles inclinées doivent être installées de manière à suivre

fidèlement le contour de la rive de la rivière. Le contour de la rive doit permettre l'installation d'une échelle inclinée à une seule pente; il est souvent nécessaire, toutefois, de construire l'échelle en plusieurs tronçons, chacun de pente différente. Les conditions générales d'installation de 9.1.4.2 demeurent, pour le reste, applicables.

## 9.2 Pointes limnimétriques

### 9.2.1 Généralités

Les pointes limnimétriques sont des appareils constitués d'une tige et d'un moyen de détermination de la position verticale exacte de la pointe de la tige par rapport à un repère de référence. Les pointes limnimétriques sont de deux sortes :

- les pointes limnimétriques droites dont la pointe est orientée vers le bas;
- les pointes limnimétriques recourbées dont la pointe est orientée vers le haut. (Voir figure 2.)

La position verticale peut être déterminée par une échelle graduée, un ruban à vernier ou un indicateur numérique. L'échelle est mobile et graduée dans le sens croissant, du haut vers le bas, en mètres. La mesure se fait en approchant la tige de l'appareil de la surface et en détectant le moment où la pointe touche la surface libre. Le positionnement de la pointe exactement à la surface de l'eau peut être facilité par des moyens électriques.

L'avantage des pointes limnimétriques est leur haute précision de mesure et leur inconvénient est leur faible amplitude de mesure, généralement de l'ordre de 1 m. Ce désavantage peut être contrebalancé par l'installation d'une série d'échelles limnimétriques à différents niveaux.

### 9.2.2 Caractéristiques fonctionnelles

**9.2.2.1** L'installation d'une pointe limnimétrique droite ou recourbée permet de mesurer le niveau d'eau à n'importe quelle hauteur entre le niveau minimal et le niveau maximal prévus et même au-delà.

**9.2.2.2** L'endroit où la pointe touche la surface libre du liquide doit être bien éclairé.

**9.2.2.3** La pointe doit être en métal suffisamment résistant pour supporter les contraintes de transport et d'emploi in-situ. L'extrémité de la pointe doit être conique et se terminer en formant un angle aigu d'environ 60° dont le sommet doit être arrondi à un rayon d'environ 0,25 mm (voir figure 3).

### 9.2.3 Matériau

La pointe droite ou recourbée et les pièces auxiliaires doivent être faites en un matériau durable résistant à la corrosion.

### 9.2.4 Graduation

La graduation d'une pointe limnimétrique doit se faire en millimètres. Elle doit être claire et précise. Un vernier ou une tête

micrométrique peut être ajouté(e) pour atteindre une précision de 0,1 mm, mais cette précision n'est normalement exigée que pour les mesures en laboratoire.

### 9.2.5 Installation et emploi

**9.2.5.1** La pointe limnimétrique peut être montée au-dessus de l'eau, par un montage fixé au bord du cours d'eau si les conditions le permettent. Sinon, dans le cas de turbulences, à cause du vent ou des difficultés d'accès, elle peut être installée dans une baie ou dans un puits de mesure adéquat.

**9.2.5.2** La pointe limnimétrique doit être installée aussi près que possible de la section de jaugeage et doit être commodément accessible à l'observateur.

**9.2.5.3** Elle ne doit pas être installée dans un endroit où la surface de l'eau est perturbée par des turbulences, par le vent ou par la marée. Le voisinage de piles ou de culées de pont n'est généralement pas un endroit approprié.

**9.2.5.4** Si différentes plaques supports (de nivellement) ou potences doivent être installées à différents niveaux, il est préférable qu'elles soient toutes situées dans l'axe d'une même section transversale perpendiculaire au sens de l'écoulement. En cas d'impossibilité, et s'il faut échelonner les pointes, toutes doivent se situer à moins de 1 m de part et d'autre de l'axe de la section transversale.

**9.2.5.5** Les plaques supports et potences doivent être montées sur des fondations solides s'enfonçant au-dessous de la ligne des gelées.

**9.2.5.6** La cote de la plaque de nivellement, par référence à laquelle est déterminé le niveau de la surface libre, doit être établie avec le plus grand soin. Elle doit être vérifiée par rapport au repère de nivellement de la station au moins une fois par an. La tolérance de report du repère de nivellement de la station sur chaque plaque de nivellement ne doit pas dépasser  $\pm 1,0$  mm.

## 9.3 Limnimètres à flotteur

### 9.3.1 Généralités

Le limnimètre à flotteur est principalement utilisé comme limnimètre de référence interne pour la mesure de niveau. Un limnimètre à flotteur type comprend un ruban d'acier gradué, un contre-poids, une poulie et un index. La poulie comporte une rainure circonférentielle où vient se loger le ruban. Elle est montée sur un support. Le ruban est fixé au bord supérieur du flotteur et coulisse librement sur la poulie, dans l'abri du limnimètre se trouvant au-dessus du puits. Il est retenu fermement à son extrémité libre par un contre-poids ou un ressort. Le flotteur suit les variations du niveau et positionne le ruban par rapport à un index.

### 9.3.2 Caractéristiques fonctionnelles

**9.3.2.1** Un limnimètre à flotteur permet de mesurer le niveau à toutes les hauteurs comprises entre le niveau minimal et le niveau maximal prévus et même au-delà.

**9.3.2.2** Les dimensions du flotteur et du contre-poids ainsi que la qualité des éléments mécaniques de lecture à distance doivent être choisies de manière à garantir une précision et une fiabilité de mesure assez élevées.

**9.3.2.3** Le flotteur doit être fabriqué dans un matériau durable résistant à la corrosion et imputrescible. Il doit être étanche et fonctionner bien verticalement. Sa masse volumique ne doit pas varier notablement.

**9.3.2.4** Le flotteur doit être vérifié à intervalles fréquents pour s'assurer qu'il flotte convenablement. On veillera également que le ruban ne s'entortille pas et ne se salisse pas. On vérifiera enfin le niveau indiqué par rapport au niveau du cours d'eau.

### 9.3.3 Graduation

Un limnimètre à flotteur doit être gradué en millimètres. Les graduations doivent être claires et précises.

## 9.4 Sondes limnimétriques

### 9.4.1 Généralités

Une sonde limnimétrique type comporte un tambour sur lequel vient s'enrouler une seule couche de câble, un poids en bronze attaché à une extrémité du câble, un disque gradué et un compteur, le tout enfermé dans un boîtier de protection (voir figure 4). Le disque est gradué et relié en permanence au compteur et à l'arbre du tambour. Le câble est guidé sur le tambour par un réa. Le dévidoir doit être muni d'un système de cliquet et de rochet retenant le poids à la hauteur désirée. La sonde doit être réglée de telle sorte que, lorsque la partie inférieure du poids se trouve à la surface de l'eau, le niveau soit indiqué par lecture combinée du compteur et du disque gradué.

### 9.4.2 Caractéristiques fonctionnelles

Une sonde limnimétrique doit permettre une mesure à n'importe quel niveau.

### 9.4.3 Matériau

La sonde doit être faite dans un matériau durable, résistant à la corrosion.

### 9.4.4 Graduation

Les sondes limnimétriques doivent être graduées en millimètres.

### 9.4.5 Installation et emploi

**9.4.5.1** La sonde limnimétrique est utilisée comme limnimètre de référence externe là où les autres limnimètres de même type sont difficiles à utiliser. Elle est normalement montée lorsqu'un pont, un dock ou une autre structure surplombe l'eau.

**9.4.5.2** La sonde ne doit pas être installée dans un endroit où la surface de l'eau est perturbée par des turbulences, le vent ou la marée. Le voisinage de piles ou de culées de pont n'est généralement pas approprié.

**9.4.5.3** La hauteur de la barre de vérification de la sonde limnimétrique doit être contrôlée fréquemment pour s'assurer qu'elle est juste.

### 9.5 Autres indicateurs limnimétriques à lecture directe

Il existe d'autres indicateurs limnimétriques à lecture directe, par exemple ceux qui détectent le niveau par une ou plusieurs pointes ou par un petit flotteur et dont l'élément sensible est positionné avec un servomécanisme.

Ces instruments ne sont néanmoins pas d'emploi si courant qu'ils puissent figurer dans la présente Norme internationale.

## 10 Indicateurs limnimétriques à lecture indirecte

Par indicateurs limnimétriques à lecture indirecte, on entend les appareils qui convertissent un signal de pression ou un signal électrique en une grandeur proportionnelle au niveau d'eau. Parmi les indicateurs existants, les plus courants sont des indicateurs à signal de pression du type servomanomètre et servobalance à fléau.

### 10.1 Manomètres

Les manomètres sont fréquemment utilisés dans les endroits où il serait trop onéreux d'installer des puits de mesurage. Ils sont également utilisés dans les cours d'eau à bancs de sable, car les tuyauteries d'entrée peuvent être étendues pour suivre le cours changeant du chenal et, d'autre part, en cas d'utilisation d'une purge d'air, le débit de gaz empêche le sable d'obstruer l'orifice.

#### 10.1.1 Généralités

Une méthode très répandue de mesure du niveau consiste à mesurer la hauteur d'une colonne d'eau par rapport à un plan de référence déterminé. On peut également procéder indirectement, en repérant la pression en un point fixe au-dessous de la surface de l'eau et en appliquant ensuite le principe hydrostatique que la pression d'un liquide est proportionnelle à la profondeur.

##### 10.1.1.1 Transmission directe de la pression

La transmission de la pression de la colonne d'eau à l'élément sensible peut se faire par une méthode directe ou par une méthode indirecte. Lorsque le capteur est situé au-dessous du point de la colonne d'eau où doit être mesurée la pression, cette pression peut être transmise directement au capteur. Si celui-ci, au contraire, est situé au-dessus de la colonne d'eau, la méthode directe ne donne généralement pas de résultats satisfaisants à cause des gaz entraînés dans l'eau qui peuvent créer des bouchons d'air dans la tuyauterie. De même, si l'eau est très corrosive, il n'est pas souhaitable de la mettre en contact direct avec le capteur.

##### 10.1.1.2 Technique de la purge de gaz (bulleur)

La méthode de transmission de la pression la plus répandue qui

donne les meilleurs résultats est celle de la purge de gaz. Elle s'emploie quel que soit le niveau du manomètre par rapport à la colonne d'eau et, l'eau n'étant pas en contact direct avec le capteur de pression, elle peut être utilisée dans les eaux très corrosives.

Un gaz non corrosif ou de l'air comprimé à faible débit est envoyé dans un tube dont l'extrémité libre plonge dans l'eau, à un niveau donné situé au-dessous de la colonne d'eau à mesurer. On emploie fréquemment de l'azote sec à cet effet. Le capteur situé à l'autre extrémité du tube détecte la pression de gaz nécessaire pour déplacer le liquide dans le tube. Cette pression est directement proportionnelle à la hauteur de liquide au-dessus de l'orifice.

La mise en œuvre de la technique de la purge de gaz requiert une installation spéciale et implique des conditions de fonctionnement particulières dont les principales sont les suivantes :

a) alimentation convenable en gaz ou en air comprimé; il est nécessaire d'assurer un débit constant de gaz dans le tube pour empêcher le reflux du liquide lorsque le niveau monte; le débit de gaz envoyé fait augmenter la pression dans le système à la même vitesse que la charge manométrique; si le gaz est envoyé avec un débit moindre, le liquide pénètre dans le tube et, inversement, si le débit de gaz est trop fort, il se produit un échappement de gaz par l'ouverture au fond du tube; le gaz provient généralement d'une bouteille ou d'un compresseur; dans les deux cas, la source d'alimentation doit avoir une pression d'alimentation supérieure à la gamme des pressions à mesurer;

b) présence d'un détendeur permettant de réduire de façon sûre la pression en excédent de la gamme maximale; un robinet de réglage du débit et un type quelconque d'indicateur visuel de débit sont nécessaires, de manière à régler convenablement le débit de gaz entrant dans le système; la pression doit empêcher la pénétration de l'eau dans le tube, même en cas de fluctuation extrêmement rapide du débit;

c) réduction maximale des erreurs de mesure dues au frottement du gaz dans le tube; les tubes très longs ou de diamètre très étroit aggravent le problème du frottement; ce problème est fréquemment résolu par le raccordement de deux tubes à un embranchement très près de l'orifice, l'un servant de canalisation d'alimentation en gaz et l'autre de canalisation de détection de la pression; ce montage permet de réduire le mouvement du gaz dans la canalisation de détection à un minimum et réduit ainsi le frottement;

##### 10.1.1.3 Système de boule de pression

Quand il n'y a pas d'alimentation en gaz, un système de boule de pression est parfois utilisé pour transmettre la pression au capteur. Ce dispositif, souvent désigné sous le nom d'hydromètre à cloche, est généralement une pièce moulée sous la forme d'un petit cylindre creux dont l'une des extrémités est ouverte. L'extrémité ouverte est scellée par une membrane desserrée et très souple et le cylindre est raccordé par des tubes au capteur de pression. L'ensemble constitue un système de gaz fermé, avec la pression initialement égale à la pression atmos-

phérique. Le cylindre est plongé dans l'eau et fixé à un niveau au-dessous de la colonne d'eau à mesurer. La membrane permet à la pression d'eau de comprimer le gaz dans le cylindre, jusqu'à ce que la pression à l'intérieur du système soit proportionnelle à la hauteur de la colonne d'eau au-dessus. Un gros désavantage de ce dispositif est que, finalement, une grande quantité de gaz s'échappe de ce système à mesure que la membrane s'étire. Lorsque cela se produit, la pression à l'intérieur du système n'est plus égale à la charge. Ce désavantage peut être surmonté en renouvelant périodiquement le gaz à l'intérieur du système ou en remplaçant l'hydromètre à cloche et les tubes. Avec ce dispositif, il est difficile de maintenir la précision stipulée au chapitre 7.

### 10.1.2 Servomanomètre et servobalance à fléau

Le servomanomètre ainsi que la servobalance à fléau sont des capteurs de pression qui convertissent la pression détectée en une position de l'arbre de rotation proportionnelle à la hauteur de la colonne d'eau. La position de l'arbre est utilisée pour actionner un enregistreur et un indicateur du niveau d'eau. Ainsi que son nom le fait supposer, le servomanomètre est essentiellement un manomètre avec un servosystème qui détecte et suit le différentiel à liquide à l'intérieur du manomètre. La servobalance à fléau est une balance à fléau avec un soufflet à pression d'un côté du fléau et un poids de l'autre côté. Dans ce cas, le servosystème positionne le poids afin que le fléau soit en équilibre et détecte cette position.

#### 10.1.2.1 Compensation de la densité de l'eau

Étant donné que la densité de l'eau que le capteur doit mesurer varie selon la température et aussi selon la teneur en produits chimiques et en limon, des moyens automatiques ou manuels de compenser ces variations doivent être prévus.

#### 10.1.2.2 Variations de la masse du gaz

Si l'une des techniques de gaz est utilisée pour transmettre la pression, des moyens de compenser les variations de masse du gaz doivent être prévus, car tous les gaz varient en masse selon les variations de température et de pression.

#### 10.1.2.3 Gamme

La gamme de l'instrument doit être suffisante pour s'adapter à toute gamme anticipée du niveau d'eau.

#### 10.1.2.4 Réponse

La réponse de l'instrument doit être suffisamment rapide pour suivre tout taux attendu de variation de niveau d'eau.

### 10.1.3 Divers

Il existe encore sur le marché de nombreux capteurs de pression fonctionnant selon divers principes. La plupart donnent un signal de sortie électrique proportionnel à la pression captée. Ils sont, à l'occasion, utilisés pour détecter le niveau d'eau. Leur choix dépend de l'application envisagée. Leur emploi est strictement réservé à des amplitudes limitées, car il est difficile de respecter les exigences de précision du chapitre 7 sur des gammes étendues.

### 10.2 Autres indicateurs limnimétriques à lecture indirecte

Il existe également d'autres indicateurs limnimétriques fonctionnant selon des principes électriques, acoustiques ou optiques. Toutefois, étant donné qu'ils ne sont pas fréquemment utilisés pour les mesures dans les chenaux, ils ne sont pas traités dans le présent document.

## Section quatre : Appareils enregistreurs (limnigraphes)

### 11 Enregistreurs mécaniques

#### 11.1 Généralités

L'enregistreur mécanique décrit dans le présent chapitre est un enregistreur angulaire à arbre d'entrée. Ce type d'enregistreur peut être classé dans la catégorie des appareils analogiques ou numériques, selon le mode d'enregistrement de la position angulaire de l'arbre d'entrée. Un enregistreur analogique donne l'enregistrement graphique des hausses et des baisses des valeurs paramétriques en fonction du temps, tandis qu'un enregistreur numérique perfore sur une bande perforée ou code sur une bande de papier à intervalles de temps présélectionnés. Les enregistreurs analogiques peuvent encore se diviser en deux catégories, ceux qui enregistrent en continu sur une période de temps indéterminée et ceux qui enregistrent en continu sur une période de temps donnée (un jour, une semaine, un mois, etc.).

Quel que soit leur type, les enregistreurs mécaniques de niveau doivent remplir les conditions fixées dans les paragraphes qui suivent.

#### 11.2 Couple d'entraînement

Le mouvement angulaire de l'arbre d'entrée entraîne l'aiguille d'un enregistreur analogique, ou le mécanisme de codage d'un enregistreur numérique, par l'intermédiaire d'une transmission mécanique. Les transmissions mécaniques provoquant un certain frottement, le couple d'entraînement doit être suffisant pour contrebalancer ce frottement. Dans les enregistreurs de niveau, cette force d'entraînement est généralement fournie par l'eau qui déplace un flotteur. Elle est transmise par le câble du flotteur et un contre-poids jusqu'à une poulie d'entraînement. Si le frottement est élevé, c'est-à-dire si le couple nécessaire pour mettre en position l'élément enregistreur est grand, il en résultera un certain retard à suivre les variations du niveau d'eau. Il est donc souhaitable d'avoir un couple d'entraînement aussi faible que possible et en aucun cas supérieur à 7 m N.m.

#### 11.3 Hystérésis (mouvement perdu)

La transmission mécanique mentionnée dans le paragraphe précédent provoque aussi une certaine hystérésis. Un train d'engrenages ou un plateau denté et des chaînes, ou une combinaison de ces éléments, constituent cette transmission mécanique et c'est le jeu entre les dents des engrenages ou le mou de la chaîne qui est la cause de l'hystérésis. Si l'arbre tourne dans une certaine direction, suivi par l'aiguille, puis se met à tourner dans la direction inverse, l'hystérésis totale est la quantité de mouvement requise pour que l'aiguille se mette à suivre dans la direction inverse. Il est nécessaire que ce mouvement perdu soit minimal et en aucun cas supérieur à la limite de précision, c'est-à-dire 3 mm.

#### 11.4 Mécanisme de synchronisation

Le mécanisme de synchronisation est essentiellement une horloge, qui doit être à la fois robuste et sûre. Dans le cas des enregistreurs analogiques, ce mécanisme déroule le papier graphique sous l'aiguille ou règle la vitesse de déroulement du papier. Dans le cas des enregistreurs numériques, il programme l'intervalle d'enregistrement des données.

La précision du temps n'est pas aussi importante que la sûreté de fonctionnement, mais les deux facteurs comptent. Les meilleurs résultats seront donc obtenus avec un mécanisme d'horlogerie de haute qualité. Le mécanisme doit être protégé contre les salissures, la corrosion et les insectes par un boîtier particulier.

#### 11.4.1 Précision

La précision de l'horloge doit être de  $\pm 30$  s par jour (cumulées) sur une période d'au moins 30 jours.

#### 11.4.2 Réglage du mouvement

Un système de réglage du mouvement doit être prévu pour pouvoir remplir les conditions de précision indiquées en 11.4.1.

#### 11.5 Papier (graphique ou ruban)

Le papier se dilate et se contracte selon les variations de température et d'humidité. La quantité de variations dépend de la qualité du papier. La précision d'enregistrement d'un enregistreur analogique dépend, en grande partie, de la précision de l'impression de l'échelle sur le papier graphique et de la stabilité du papier. Le ruban d'un enregistreur numérique n'est lisible à la machine sans erreur que si le papier est stable, à certaines tolérances raisonnables près. Le papier fourni doit donc rester stable dans des limites relativement étroites, sur toute la gamme des conditions prévues de température et d'humidité.

#### 11.6 Aiguille

L'aiguille d'un enregistreur analogique est généralement une plume ou un crayon. Si c'est une plume, celle-ci et l'encre doivent être de qualité telle que le trait soit bien lisible et qu'il n'y ait ni pâtés ni dérapage. Si c'est un crayon, sa mine doit être assez dure pour laisser un trait lisible. Un crayon trop dur n'écrit pas lisiblement et peut déchirer le papier. Un crayon trop tendre s'use rapidement et laisse une trace illisible.

#### 11.7 Erreurs

Plusieurs sources d'erreur affectent la mesure du niveau à l'aide d'un flotteur, lorsque celle-ci est transmise par le câble du flotteur et un contre-poids à un enregistreur angulaire à arbre d'entrée. Certaines de ces sources ont été discutées dans les paragraphes précédents, d'autres n'ont pas été mentionnées. Toutes sont résumées brièvement ci-dessous.

#### 11.7.1 Frottement

L'erreur,  $E$ , due au frottement dans le mécanisme d'entraînement peut être calculée, en mètres, à l'aide de la formule

$$E = \frac{F}{\pi R_1^2 R_2 \rho g}$$

où

$F$  est le couple d'entraînement, en newtons-mètres;