

# ISO

ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

## RECOMMANDATION ISO R 1070

MESURE DE DÉBIT DES LIQUIDES DANS LES CANAUX DÉCOUVERTS  
MÉTHODE DE LA PENTE DE LA LIGNE D'EAU

1<sup>ère</sup> ÉDITION

Mai 1969

### REPRODUCTION INTERDITE

Le droit de reproduction des Recommandations ISO et des Normes ISO est la propriété des Comités Membres de l'ISO. En conséquence, dans chaque pays, la reproduction de ces documents ne peut être autorisée que par l'organisation nationale de normalisation de ce pays, membre de l'ISO.

Seules les normes nationales sont valables dans leurs pays respectifs.

Imprimé en Suisse

Ce document est également édité en anglais et en russe. Il peut être obtenu auprès des organisations nationales de normalisation.



## HISTORIQUE

La Recommandation ISO/R 1070, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts – Méthode de la pente de la ligne d'eau*, a été élaborée par le Comité Technique ISO/TC 113, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts*, dont le Secrétariat est assuré par l'Indian Standards Institution (ISI).

Les travaux relatifs à cette question aboutirent, en 1965, à l'adoption d'un Projet de Recommandation ISO.

En janvier 1967, ce Projet de Recommandation ISO (N° 1140) fut soumis à l'enquête de tous les Comités Membres de l'ISO. Il fut approuvé, sous réserve de quelques modifications d'ordre rédactionnel, par les Comités Membres suivants :

Allemagne	France	Pays-Bas
Argentine	Grèce	R.A.U.
Australie	Inde	Roumanie
Belgique	Irlande	Royaume-Uni
Canada	Israël	Suisse
Corée, Rép. de	Italie	Thaïlande
Espagne	Japon	

Deux Comités Membres se déclarèrent opposés à l'approbation du Projet :

Tchécoslovaquie  
U.S.A.

Le Projet de Recommandation ISO fut alors soumis par correspondance au Conseil de l'ISO qui décida, en mai 1969, de l'accepter comme RECOMMANDATION ISO.



## MESURE DE DÉBIT DES LIQUIDES DANS LES CANAUX DÉCOUVERTS

### MÉTHODE DE LA PENTE DE LA LIGNE D'EAU

#### 1. OBJET

La présente Recommandation ISO traite des méthodes permettant de déterminer la pente de la ligne d'eau et la surface de la section mouillée et de calculer ainsi le débit. Cette méthode donne une valeur approchée du débit de l'écoulement dans des conditions plus ou moins particulières; elle est utilisée lorsque l'évaluation de débit par des méthodes plus précises, comme celle de l'exploration du champ des vitesses, n'est pas possible. La méthode de la pente de la ligne d'eau ne peut être utilisée avec quelque précision que dans les chenaux dont les berges et le lit sont stables, formés, par exemple, par des rochers (ou de l'argile cohésive) et dans les chenaux dont le lit est en matériaux assez grossiers; elle peut également être utilisée dans d'autres cas, celui de chenaux alluviaux, par exemple, y compris des chenaux dont le lit majeur est bien défini ou des sections qui ne sont pas uniformes, sous réserve d'accepter de plus grandes erreurs provenant de la valeur choisie pour le coefficient de Manning  $n$  ou le coefficient de Chezy  $C$ . Toutefois, il convient de ne pas utiliser cette méthode dans le cas de chenaux très larges ou à très faible pente ou dans le cas d'une forte concentration en sédiments ou encore dans le cas de chenaux avec des courbures significatives.

La présente Recommandation ISO ne traite que des mesures de débit elles-mêmes et ne doit pas être utilisée pour établir des courbes de tarage. Bien que la précision des résultats obtenus avec la mesure par la pente de la ligne d'eau soit moindre que celle des résultats de la mesure des champs de vitesses, il est parfois essentiel d'utiliser la méthode de la pente de la ligne d'eau pour définir l'extrémité du niveau maximal des courbes de tarage, parce que la grandeur de très rares crues est telle qu'on ne peut pas utiliser d'autres méthodes de mesure.

#### 2. DÉFINITIONS

La présente Recommandation ISO utilise les définitions données dans la Recommandation ISO/R 772, *Vocabulaire des termes et symboles relatifs à la mesure de débit des liquides s'écoulant avec une surface libre*.

#### 3. UNITÉS DE MESURE

Les unités de mesure utilisées dans la présente Recommandation ISO sont la seconde et le mètre (ou le foot).

#### 4. PRINCIPE DE LA MÉTHODE DE MESURE

Choisir un bief de mesure dans lequel sera déterminé la surface de la section mouillée moyenne 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, à la pente de la ligne d'eau corrigée pour tenir compte de l'énergie cinétique de l'écoulement, et aux caractéristiques du lit et de ses matériaux constitutifs. Le débit est ensuite calculé comme le produit de la vitesse moyenne par la surface de la section mouillée moyenne.

## 5. CHOIX ET DÉLIMITATION DE L'EMPLACEMENT

### 5.1 Reconnaissance préalable du site

Il est souhaitable de mesurer approximativement, au cours d'une reconnaissance préalable, la largeur, la profondeur et la pente de la ligne d'eau, de manière à vérifier que l'emplacement répond aussi bien que possible aux conditions indiquées aux paragraphes 5.2 et 5.3. Ces mesures ne doivent être faites qu'à titre d'indication.

### 5.2 Choix de l'emplacement

- 5.2.1 La précision de la détermination d'un débit par la méthode de la pente de la ligne d'eau est améliorée si les berges et le lit du cours d'eau sont sensiblement stables et si le bief est droit, de section uniforme, et exempt d'obstacles et de perturbations.
- 5.2.2 La longueur du bief dépend de la pente du cours d'eau à très faible niveau et au niveau de crue. La pente devrait être telle que la différence de hauteur dans le bief utilisé à chaque emplacement soit au moins dix fois l'erreur qu'on peut attendre dans la mesure de cette différence.
- 5.2.3 L'écoulement dans le bief doit être exempt de perturbations notables dues à des affluents situés en amont ou en aval ou à des aménagements. Le tronçon ne doit pas comporter d'importants élargissements.
- 5.2.4 L'orientation du bief doit être telle que la direction du courant soit la plus voisine possible de la perpendiculaire à la direction des vents dominants.
- 5.2.5 Quel que soit le niveau auquel la méthode est utilisée, le cours d'eau doit autant que possible rester dans ses berges, car sinon il faudrait effectuer séparément la mesure du débit déversé.
- 5.2.6 L'emplacement ne doit pas être trop exposé aux vents.
- 5.2.7 A tout moment l'emplacement doit être facilement accessible.

### 5.3 Démarcation de l'emplacement

Après qu'il a été choisi, l'emplacement doit être équipé des accessoires nécessaires à la délimitation de la section et à la détermination du niveau.

L'emplacement de chaque section, perpendiculaire à la direction générale de l'écoulement, doit être marqué sur les deux rives de façon très visible et facile à identifier.

### 5.4 Changement après le choix de l'emplacement

Si, après qu'un emplacement ait été choisi, des changements surviennent qui infirment les conditions ci-dessus, il faudra faire le nécessaire pour corriger ces modifications afin de rendre l'emplacement conforme à ces conditions. Si cela n'est pas possible, un autre emplacement devra être choisi.

## 6. DISPOSITIFS POUR LA MESURE DE LA PENTE

### 6.1 Limnimètre de référence

Le limnimètre de référence doit être une échelle limnimétrique verticale ou une échelle limnimétrique inclinée. Les repères doivent être nets et suffisamment précis pour répondre aux exigences des mesures : le repère inférieur et le repère supérieur du limnimètre de référence doivent se situer respectivement au-dessous et au-dessus des niveaux d'eau les plus bas et les plus hauts que l'on prévoit.

Le limnimètre de référence doit être solidement amarré dans le courant à un support fixe et rigide et être lié à un repère de nivellement fixe ayant fait l'objet d'un relevé topographique national exact.

- 6.1.1 *Echelle limnimétrique verticale.* Ce limnimètre doit être absolument vertical et de forme telle qu'il ne provoque aucune surélévation sensible de l'écoulement.
- 6.1.2 *Echelle limnimétrique inclinée.* L'échelle limnimétrique inclinée doit être parfaitement adaptée et solidement amarrée à la pente de la berge naturelle du cours d'eau. Elle peut être étalonnée sur place à l'aide d'un relevé topographique précis.

## 6.2 Limnigraphe

Cet appareil est particulièrement utile lorsque des variations importantes de débit surviennent dans de courts délais, comme dans le cas des torrents et de cours d'eau irréguliers. Il peut être constitué par un limnigraphe à flotteur ou un limnigraphe pneumatique. Le limnigraphe à flotteur doit être installé au-dessus d'un puits vertical de tranquillisation du niveau, communiquant avec le lit du chenal. Le limnigraphe pneumatique pourra être installé à distance, en un lieu facile d'accès et d'exploitation. Toutefois, il est essentiel de toujours associer le limnigraphe à un limnimètre de référence situé à proximité du point où le limnigraphe effectue ses mesures.

## 6.3 Limnimètre à niveau maximal

Ce limnimètre convient lorsque l'on cherche seulement à déterminer le niveau maximal atteint au cours d'une crue. Les débits de pointe peuvent être calculés à partir de deux limnimètres de ce type disposés dans un bief du cours d'eau, à condition que la propagation de la crue dans le bief de mesure puisse être considérée comme instantanée.

## 7. INSTALLATION DES LIMNIMÈTRES ET RELEVÉ DES OBSERVATIONS

### 7.1 Installation

Des limnimètres doivent être installés à trois sections, au moins, sur chacune des rives, soit un total de six limnimètres. Les zéros de leurs échelles doivent être rattachés à un système de nivellement normalisé.

### 7.2 Relevé des observations

Les lectures sur les échelles doivent être faites en évitant les erreurs de parallaxe. Le limnimètre doit être observé en permanence, pendant 2 minutes au moins ou pendant une période complète d'oscillation si celle-ci dépasse 2 minutes; les lectures maximale et minimale sont relevées et leur moyenne est calculée.

### 7.3 Enregistrement

Avant le début de ces opérations, on relèvera toutes informations concernant la date, l'heure, les conditions météorologiques, la direction du vent, l'écoulement, etc.

Tous les limnimètres doivent être observés à des intervalles de temps convenables; les relevés doivent être faits pendant la période de mesure, et également avant et après cette période.

## 8. DÉTERMINATION DE LA PENTE DE LA LIGNE D'EAU

### 8.1 Détermination de la pente par limnimètre

La pente est calculée à partir des relevés des limnimètres à chaque extrémité du bief, un (ou des) limnimètre(s) intermédiaire(s) étant installé(s) pour contrôler si la pente est égale tout le long du bief. Les limnimètres doivent être observés au repère inférieur, qui est généralement à 2 mm dans le cas des limnimètres métriques (0,01 ft pour les limnimètres gradués en unités FPS), et doivent être stables au moment de l'observation.

NOTE. — Si l'on ne dispose pas de limnimètres précis ou s'ils ont été mis hors d'usage et si l'on ne peut recourir à aucune autre méthode, une évaluation grossière de la pente au moment du niveau maximal peut être obtenue par les délaissés de crue restés sur les rives. Le niveau d'eau doit être calculé en se servant de plusieurs délaissés de crue pour chaque rive.

\* En ce qui concerne les détails du puits tranquillisateur, de l'enregistreur, etc., on peut se référer aux paragraphes 6.2.2 et X.3 de la Recommandation ISO/R 1100, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Etablissement et fonctionnement d'une station de jaugeage et détermination de la relation hauteur-débit.*

## 9. SURFACE DE LA SECTION MOUILLÉE ET PÉRIMÈTRE MOUILLÉ

### 9.1 Nombre de sections

Dans le bief choisi, il est souhaitable d'utiliser au moins trois sections, qui doivent être nettement repérées sur les rives par des piliers de maçonnerie ou des marques faciles à identifier. Si, pour une raison quelconque, il n'est pas possible de mesurer plus d'une section, seule celle du milieu sera choisie.

### 9.2 Mesure des sections

Ces sections doivent être mesurées pour chaque calcul de débit au moment, ou au moment le plus voisin possible de celui où les limnimètres sont relevés. Il est souvent impossible de mesurer la section pendant la crue et par conséquent, dans ces conditions, une erreur peut être introduite, provenant d'une modification non observée et temporaire de la section. Cependant si l'emplacement ne subit pas d'érosion, il suffira de déterminer les sections avant et après les crues.

La mesure de la surface de la section doit se faire conformément au chapitre 6 de la Recommandation ISO/R 748, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts - Méthodes d'exploration du champ des vitesses*.

### 9.3 Détermination de la surface moyenne de la section mouillée

Si le bief est sensiblement uniforme et que les surfaces  $A_1, A_2 \dots A_m$ , déterminées suivant le paragraphe 9.2, dans les diverses sections choisies présentent de faibles différences, la surface moyenne  $\bar{A}$  de la section mouillée peut être prise égale à

$$\bar{A} = \frac{A_1 + 2A_2 + \dots + 2A_{m-1} + A_m}{2(m-1)}$$

### 9.4 Détermination de la surface moyenne de la section mouillée

Pour chaque section choisie, dont on mesure la surface d'après le paragraphe 9.2, le périmètre mouillé correspondant doit être déterminé et, si ces périmètres sont  $P_1, P_2 \dots P_m$  respectivement, le périmètre mouillé moyen  $\bar{P}$  peut se calculer d'après la formule ci-dessous :

$$\bar{P} = \frac{P_1 + 2P_2 + \dots + 2P_{m-1} + P_m}{2(m-1)}$$

## 10. VITESSE DU COURS D'EAU

## 10.1 Evaluation de la vitesse

La vitesse moyenne entre deux sections ( $A_0 \neq A_1$ , voir Fig. 1) est donnée dans la formule de Manning ci-dessous, lorsque l'écoulement s'écarte très peu d'un écoulement uniforme :

$$\bar{v} = \frac{R_h^{2/3} S^{1/2}}{n} \quad (\text{en unités SI})$$

$$\bar{v} = \frac{1,5 R_h^{2/3} S^{1/2}}{n} \quad (\text{en unités FPS})$$

où

$\bar{v}$  est la vitesse moyenne;

$R_h$  est le rayon hydraulique;

$n$  est le coefficient de rugosité de Manning, dont la valeur est donnée au paragraphe 10.2;

$S$  est la pente corrigée de la différence d'énergie cinétique entre les deux extrémités, donnée par la formule

$$\frac{z_1 - z_0 + \left( \frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_0^2}{2g} \right)}{L}$$

Le bief doit, dans la mesure du possible, être uniforme. Si aucun bief uniforme n'est disponible, le bief doit, de préférence, être convergent plutôt que divergent, afin de faciliter une correction appropriée pour une variation de l'énergie cinétique. Cependant, s'il y a un élargissement du bief, la correction de la pente devrait comprendre une tolérance pour les pertes dues aux remous ainsi que la correction pour la variation de l'énergie cinétique entre les extrémités.

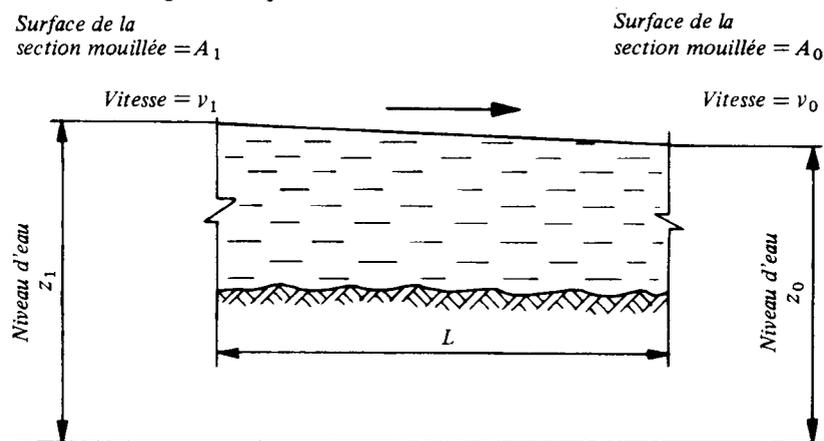


FIGURE – Section longitudinale du bief

Dans les mêmes conditions que ci-dessus, la vitesse moyenne est donnée, par la formule de Chezy, comme suit :

$$\bar{v} = C \sqrt{R_h S}$$

où  $C$  est le coefficient de Chezy, et  $\bar{v}$ ,  $R_h$ ,  $S$  sont les mêmes grandeurs que celles données pour la formule de Manning.

## 10.2 Valeurs du coefficient $n$ de Manning et du coefficient $C$ de Chezy

Si une valeur raisonnable du coefficient de rugosité peut être obtenue par extrapolation de mesures de débit faites par une méthode plus précise (par exemple par moulinets ou flotteurs) et de mesures de la pente à des niveaux moins élevés, le plus élevé de ceux-ci étant aussi proche que possible du niveau mesuré, on pourra utiliser la valeur ainsi obtenue, pourvu que des changements de caractéristiques du chenal ne soient pas survenus. La précision de ce coefficient extrapolé va en diminuant à mesure que la différence entre le niveau mesuré et le plus haut des niveaux moins élevés augmente.

En l'absence de données expérimentales, on pourra admettre les valeurs du Tableau 1 de l'Appendice pour les chenaux dont le lit, constitué de matériaux relativement grossiers, ne comporte pas d'ondulations.

Dans le cas de chenaux alluvionnaires, dont le lit est constitué de matériaux non grossiers et dans le cas de chenaux dont les rives ont de la végétation, sont argileuses, rocheuses, etc., les valeurs du Tableau 2 de l'Appendice peuvent servir d'indication.

## 11. CALCUL DU DÉBIT

Le débit sera calculé en multipliant la vitesse moyenne, obtenue conformément au paragraphe 10.1, par la surface moyenne de la section mouillée obtenue conformément au paragraphe 9.3.

Lorsque la surface de la section mouillée n'est pas uniforme dans le bief, les valeurs moyennes de la surface  $A$ , du périmètre mouillé  $P$  et du rayon hydraulique  $R_h$  ne donneront pas des résultats corrects. Dans de tels cas, calculez la débitance pour chaque partie de la section et les ajouter pour obtenir la débitance de la section toute entière. La débitance du bief est obtenue en calculant la moyenne géométrique des débitances aux deux extrémités.

Dans le cas d'une section mixte, les valeurs du coefficient de rugosité sur diverses parties de la section peuvent être différentes. La section doit être fractionnée en éléments de section relativement homogènes et les vitesses et débits pour ces éléments de section doivent être séparément calculés et ajoutés.

## 12. ERREURS

La précision de la mesure dépend de la détermination correcte de la pente et du coefficient de rugosité. Ce coefficient variera probablement suivant les divers niveaux de crues. S'il n'a pas été déterminé expérimentalement, il faut une grande expérience pour choisir une valeur correcte du coefficient de rugosité.

On introduira également une erreur si les surfaces des sections mouillées choisies ne sont pas à peu près égales.