
NORME INTERNATIONALE **ISO** 1088



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

Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Méthodes d'exploration du champ des vitesses — Recueil des données pour la détermination des erreurs de mesurage

Première édition — 1973-06-01

113

CDU 532.57 : 532.543 : 627.133

Réf. N° : ISO 1088-1973 (F)

Descripteurs : écoulement liquide, chenal, écoulement de liquide en canal, mesure d'écoulement, mesurage de vitesse, moyenne mathématique, estimation des erreurs.

Prix basé sur 13 pages

AVANT-PROPOS

ISO (Organisation Internationale de Normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (Comités Membres ISO). L'élaboration de Normes Internationales est confiée aux Comités Techniques 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.

Avant 1972, les résultats des travaux des Comités Techniques étaient publiés comme Recommandations ISO; maintenant, ces documents sont en cours de transformation en Normes Internationales. Compte tenu de cette procédure, la Norme Internationale ISO 1088 remplace la Recommandation ISO/R 1088-1969, établie par le Comité Technique ISO/TC 113, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts*.

Les Comités Membres des pays suivants avaient approuvé la Recommandation :

Afrique du Sud. Rép. d'	Egypte, Rép. arabe d'	Pays-Bas
Allemagne	France	Portugal
Australie	Inde	Roumanie
Belgique	Irlande	Royaume-Uni
Brésil	Israël	Suisse
Bulgarie	Italie	U.S.A.
Chili	Japon	

Le Comité Membre du pays suivant avait désapprouvé la Recommandation pour des raisons techniques :

Canada*

* Ultérieurement, ce Comité Membre a approuvé la Recommandation.

Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts – Méthodes d’exploration du champ des vitesses – Recueil des données pour la détermination des erreurs de mesurage

1 OBJET ET DOMAINE D’APPLICATION

La présente Norme Internationale fournit une base commune pour le recueil des données servant à déterminer des composantes individuelles de l’erreur totale dans la mesure de débit des liquides dans les canaux découverts, par intégration du champ des vitesses. Ces données sont destinées à compléter et préciser les valeurs spécifiées au chapitre 9 de l’ISO 748, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts – Méthodes d’exploration du champ des vitesses*.

2 GÉNÉRALITÉS

2.1 Calcul du débit par intégration du champ des vitesses

L’équation générale de calcul du débit est la suivante :

$$Q = \sum_{i=1}^m b_i d_i \bar{v}_i \quad \dots (1)$$

où

Q est le débit total;

b_i est la largeur du $i^{\text{ème}}$ élément de section;

d_i est la profondeur de la $i^{\text{ème}}$ verticale;

\bar{v}_i est la vitesse moyenne de la $i^{\text{ème}}$ verticale;

m est le nombre de verticales.

2.2 Composantes individuelles de l’erreur

Les symboles utilisés sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Grandeur	Erreur-type en pourcent ¹⁾	
	aléatoire	systématique ²⁾
largeur	X'_{b_i}	X''_b
profondeur	X'_{d_i}	X''_d
vitesse moyenne	$X'_{\bar{v}_i}$	$X''_{\bar{v}}$

1) Les erreurs-type utilisées dans la présente Norme Internationale sont exprimées sous forme de pourcentages.

2) Ces erreurs systématiques proviennent des appareils et elles peuvent varier au hasard d’un appareil à l’autre. Ce ne sont pas des erreurs systématiques propres au type de l’appareil ou de la mesure que l’on ne peut éliminer ou réduire au moyen de mesurages successifs par le même appareil.

La cause principale de l’erreur dans la vitesse émane des erreurs d’étalonnage des moulinets.

Lorsque \bar{v}_i a été obtenu par la méthode à un point, à deux points, à points multiples ou par distribution des vitesses, la vitesse v en un point donné doit être prise en considération dans la détermination de la justesse de \bar{v}_i .

En pratique, on trouve que l’erreur-type X_f sur v augmente lorsque les mesurages sont faits à proximité du lit du chenal. En première approximation, si p est le nombre moyen de points de mesurage sur chaque verticale lors du mesurage effectif du débit, il est possible de calculer la part de l’erreur-type $X_{\bar{v}_i}$ sur la vitesse moyenne sur chaque verticale provenant de cette origine à l’aide de la formule

$$X_{\bar{v}_i} = \pm \sqrt{\frac{X_f^2}{p}} \quad \dots (2)$$

2.3 Erreur globale sur le débit

L’erreur-type globale X_Q sur le débit Q résulte de la combinaison des erreurs composantes. La forme de la section du chenal et la distribution horizontale des vitesses affectent également la justesse de la mesure du débit. L’erreur aléatoire X_m qui en résulte décroît lorsqu’augmente le nombre de verticales.

L’erreur-type globale aléatoire est la suivante :

$$X'_Q = \pm \sqrt{X_m^2 + \frac{\sum_1^m (b_i d_i \bar{v}_i)^2 (X'_{b_i}{}^2 + X'_{d_i}{}^2 + X'_{\bar{v}_i}{}^2)}{(\sum_1^m b_i d_i \bar{v}_i)^2}} \quad \dots (3)$$

L’erreur-type systématique globale est la suivante :

$$X''_Q = \pm \sqrt{X''_b{}^2 + X''_d{}^2 + X''_{\bar{v}}{}^2} \quad \dots (4)$$

NOTE – L’équation 4 est applicable seulement si l’on utilise un nombre d’instruments tel que l’on puisse s’attendre à ce que la résultante des erreurs systématiques qu’ils introduisent soit nulle. Dans le cas contraire, il subsistera un écart systématique.

L’erreur-type globale sur le débit peut être donnée par la formule

$$X_Q = \pm \sqrt{X'_Q{}^2 + X''_Q{}^2} \quad \dots (5)$$

2.4 Estimation de l'erreur sur les composantes individuelles

L'estimation de l'erreur sur les composantes individuelles de l'erreur totale peut être réalisée par une analyse statistique d'un grand nombre d'observations sur l'une des composantes, dans les conditions réelles de mesurage. Il n'est pas possible d'introduire une telle manière de procéder dans la méthode de mesurage courante. Il est donc recommandé de centraliser le recueil des données suivant les programmes normalisés indiqués dans la présente Norme Internationale, afin d'obtenir une normalisation d'ensemble des erreurs composantes dans la gamme pratique des mesures.

3 DONNÉES SUR LA VITESSE EN UN POINT¹⁾

Pour juger de la valeur d'une mesure unique de vitesse, opérer comme suit :

En chaque point de mesurage d'une verticale, faire une observation continue de la vitesse pendant 50 min au moyen d'un moulinet. Lire l'indication de l'appareil toutes les 30 s, de manière à pouvoir disposer de 100 lectures. Si le moulinet émet des impulsions périodiques, leur nombre doit être relevé toutes les 30 s ou alors, si l'intervalle de temps est mesuré pour un nombre déterminé d'impulsions, cet intervalle doit être de 30 s en moyenne. Si l'enregistrement est continu, envoyer l'enregistrement complet avec mention des caractéristiques de réponse de l'instrument électronique.

Sur chaque verticale, ce mode opératoire doit être effectué à 0,2 – 0,6 – 0,8 et, si possible, 0,9 fois la profondeur à partir de la surface. Si possible, ces données doivent être obtenues pendant la même période de 50 min.

Les verticales à prendre en compte pour ce mesurage comprennent la verticale de plus grande profondeur à l'emplacement choisi et les verticales où la profondeur est égale à 0,6 et 0,3 fois la plus grande profondeur, ces deux dernières verticales étant toutes deux du côté le plus large par rapport à la verticale de plus grande profondeur.

Les mesurages doivent être renouvelés pour divers débits.

Les données ainsi obtenues doivent être rassemblées en un tableau comme indiqué en Appendice X. Dans le cas d'un enregistrement continu, les valeurs doivent être données à intervalles de 30 s et le mode de détermination doit être indiqué.

4 DONNÉES SUR LA VITESSE MOYENNE²⁾

La vitesse moyenne peut être obtenue de diverses manières. La méthode par distribution des vitesses a, toutefois, été prise comme base de comparaison des résultats obtenus par d'autres méthodes généralement utilisées ou par des méthodes particulières adoptées en raison de circonstances spéciales.

La procédure suivante doit être suivie.

4.1 Emplacement de la verticale

La verticale à prendre pour ce mesurage doit être celle située à la profondeur maximale.

Si, dans la section de mesurage, on dispose de profils de vitesse sur un plus grand nombre de verticales à la suite des mesurages courants de débit, il est recommandé de vérifier si le profil de vitesses à la verticale choisie est bien représentatif de la section.

4.2 Répartition des points de mesurage

Sur la verticale, les vitesses doivent être mesurées aux points suivants :

- 1) près de la surface;
- 2) 0,2 fois la profondeur;
- 3) 0,3 fois la profondeur;
- 4) 0,4 fois la profondeur;
- 5) 0,5 fois la profondeur;
- 6) 0,6 fois la profondeur;
- 7) 0,7 fois la profondeur;
- 8) 0,8 fois la profondeur;
- 9) 0,9 fois la profondeur;
- 10) près du lit.

4.3 Durée du mesurage des vitesses en un point

La durée du mesurage de la vitesse en chaque point doit être de 60 s ou le nombre d'impulsions en chaque point doit être celui observé en 60 s à 0,6 fois la profondeur.

4.4 Nombre de mesurages

Les mesurages sur la verticale doivent être répétés cinq fois, de préférence consécutivement. Les mesurages qui ont été perturbés par la navigation doivent être indiqués.

Ces séries de mesurages doivent être faits pour divers débits.

4.5 Présentation des données

Le relevé des données doit être fait sur un tableau de la forme indiquée en Appendice Y.

Les profils de vitesse doivent être tracés à une échelle telle que la vitesse et la profondeur maximales soient représentées par 0,10 m et 0,20 m, respectivement.

La vitesse moyenne doit être déterminée à l'aide d'un planimètre à partir d'une représentation graphique (si possible, pas moins de 300 cm²). Le type et la justesse du planimètre doivent être indiqués ainsi que l'échelle du débit. La précision du papier quadrillé doit être contrôlée.

1) Référence peut être faite au paragraphe 9.1.3.3 d'ISO 748.

2) Référence peut être faite au paragraphe 9.1.3.4 d'ISO 748.

5 DONNÉES SUR LA MÉTHODE PAR INTÉGRATION DU CHAMP DES VITESSES¹⁾

Pour évaluer la justesse de la méthode par intégration du champ des vitesses, deux moyens sont possibles : l'un exige des mesurages spéciaux, l'autre essentiellement des mesurages courants.

Lorsque cela est possible, des données relatives à ces deux méthodes doivent être fournies.

5.1 Mesurage à 0,6 fois la profondeur

Dans cette méthode, il faut connaître le tracé complet du profil de la section à l'emplacement choisi. Ceci peut être obtenu au moyen d'un sondeur acoustique ou par mesurage de la profondeur au moyen de perches à des espacements qui seront au plus de 1/50 de la largeur totale, avec un espacement minimal absolu de 0,25 m (0,75 ft).

La distribution horizontale des vitesses doit être observée par lecture des vitesses à 0,6 fois la profondeur à des espacements de 1/50 de la largeur totale, avec un espacement minimal absolu de 0,5 m (1,5 ft). Les lectures du moulinet doivent être faites pendant 120 s.

En outre, des lectures doivent être faites sur un moulinet de référence, fixé en un point, de préférence à 0,6 fois la profondeur sur la verticale de la plus grande profondeur. Il doit être lu toutes les 60 s.

5.2 Méthode de distribution des vitesses

Dans cette méthode, le procédé normal de mesurage du débit peut être utilisé à condition que la méthode de distribution des vitesses ou la méthode d'intégration soit utilisée pour obtenir la vitesse moyenne sur la verticale.

Les lectures doivent être faites toutes les 60 s sur un moulinet de référence fixé en un point, de préférence à 0,6 fois la profondeur sur la verticale de la plus grande profondeur.

En plus des données sur la profondeur, obtenues par le mesurage normal du débit, un profil continu de la section à l'emplacement de mesurage doit être fourni comme indiqué en 5.1.

5.3 Présentation des données

Les données doivent être présentées sous la forme de tableau, comme indiqué en Appendice Z. Dans le tableau donnant la vitesse au point de référence, le facteur de correction est calculé, de préférence, à partir de la valeur moyenne de la vitesse au point de référence. Dans ce tableau, ce facteur de correction est mentionné en fonction du temps. Pour obtenir la vitesse corrigée dans le tableau donnant la vitesse moyenne sur les verticales, la vitesse mesurée doit être multipliée par ce facteur de correction.

Une représentation graphique de la section doit être donnée à une échelle suffisante; la largeur de la rivière doit être représentée par 0,5 m (1,5 ft) au moins. La représentation doit indiquer les valeurs numériques de la profondeur aux

points de mesurage lorsqu'une perche de sondage a été utilisée, et doit montrer les emplacements des verticales et du moulinet de référence.

Une représentation graphique des profils de vitesse mesurée doit aussi être donnée. Elle doit indiquer les valeurs numériques des vitesses aux points de mesurage.

6 MÉTHODE D'INTÉGRATION

En vue de déterminer l'erreur-type dans la vitesse moyenne sur les verticales obtenues par la méthode d'intégration, un nombre suffisant de mesurages (par exemple cinquante) doit être effectué à niveau constant sur trois verticales et les résultats doivent être reportés dans un tableau.

Les verticales à prendre en compte pour ces mesurages comprennent la verticale de plus grande profondeur à l'emplacement choisi et les verticales où la profondeur est égale à 0,6 et 0,3 fois la plus grande profondeur, ces deux dernières verticales étant toutes deux du côté le plus large par rapport à la verticale de plus grande profondeur.

Les mesurages doivent être répétés pour divers débits. Les données de caractère général peuvent être réunies dans un tableau analogue à celui représenté en Appendice X.

7 COURBES D'ÉTALONNAGE

En relation avec l'étude de l'erreur due aux instruments, les courbes d'étalonnage doivent être fournies avec tous les points d'étalonnage; en particulier, les données des étalonnages successifs d'un moulinet représentatif avec les dates et les années d'étalonnage ainsi que la fréquence d'emploi doivent être fournies.

8 MESURES DE DISTANCES

Il ne peut être donné actuellement de méthode générale permettant de déterminer la précision des mesures de distances. Pour qu'elle puisse être examinée théoriquement, on doit fournir une description détaillée de la méthode de mesurage des distances ainsi que les distances mesurées et tout autre facteur à prendre en considération.

Des instruments de mesurage radioélectriques donnent une base de comparaison presque absolument sûre pour les mesures de distances. Si l'on dispose de tels instruments, on peut adopter des programmes de recherche indépendants pour l'erreur des diverses méthodes de mesurage des distances et en fournir les résultats.

Les conditions de cette étude doivent être semblables aux conditions d'exécution normale des mesurages sur le terrain.

9 MESURES DE PROFONDEUR

La justesse des mesures de profondeur dépend du chenal et de la méthode de mesurage. Dans le cas d'un chenal revêtu, la nature du lit n'agit probablement pas sur la justesse des mesures.

1) Référence peut être faite au paragraphe 9.1.3.4 d'ISO 748.

Dans les chenaux naturels, c'est-à-dire les rivières, la configuration du lit varie dans les directions longitudinale aussi bien que transversale.

En ce qui concerne le procédé de mesurage, il est important de savoir si le mesurage est fait depuis une position fixe ou depuis une embarcation à l'ancre. Dans ce dernier cas, les irrégularités du lit peuvent contribuer de façon plus importante à l'erreur totale de mesure de profondeur.

En raison de la complexité des mesurages de profondeur, on ne peut donner de directives générales. Pour mener à bien cette étude, on peut donner comme indication les considérations suivantes :

9.1 Dans une rivière à fond mobile, éviter les mesurages consécutifs en un même point.

9.2 Il est bon d'étudier la configuration du lit au voisinage du point de mesurage en déterminant des sections longitudinales et transversales.

9.3 La précision de lecture de tous les instruments en fonction des graduations de l'échelle doit être déterminée.

9.4 Les perches de sondage produisent des erreurs dues à

- a) la pénétration dans le lit;
- b) l'écart par rapport à la verticale;
- c) le remous de surface dû à la vitesse.

9.5 Les lignes de sonde (y compris les moulinets suspendus) produisent des erreurs dues à

- a) leur pénétration dans le lit;
- b) l'écart par rapport aux conditions idéales pour lesquelles a été calculée la correction de la courbure de la ligne;
- c) la forme et le point de suspension du plomb.

9.6 Les sondeurs acoustiques produisent des erreurs dues à

- a) la largeur du faisceau d'ondes transmises au fond;
- b) la pénétration des ondes dans le fond, laquelle est fonction de la fréquence des ondes et de la consistance du lit.

APPENDICE X

(Voir chapitre 3)

TABLEAU POUR LES MESURES DE VITESSE EN UN POINT

Mesurages effectués sous la responsabilité de

Adresse :

Pour toute question, s'adresser à

Rivière étudiée :

Emplacement :

Pays :

1 DONNÉES GÉNÉRALES¹⁾ SUR LA RIVIÈRE PENDANT LES MESURAGES

Débit	. . . . .	m ³ /s
Section mouillée du chenal	. . . . .	m ²
Vitesse moyenne	. . . . .	m/s
Largeur	. . . . .	m
Profondeur maximale	. . . . .	m
Profondeur moyenne (surface/largeur)	. . . . .	m
Pente de la courbe hauteur-débit (sensibilité à niveau constant)	. . . . .	m ³ /s·m
Température de l'eau	. . . . .	°C

2 DONNÉES GÉNÉRALES SUR LES VERTICALES DE MESURAGE

Verticales de mesurage	Vitesse moyenne	Profondeur à la verticale	Distance à la rive droite/gauche
	m/s	m	m
A Profondeur maximale			
B 0,6 fois la profondeur maximale			
C 0,3 fois la profondeur maximale			

3 MÉTHODE DE MESURAGE DE LA VITESSE (Compléter s'il y a lieu)

- a) Nombre d'impulsions, relevé toutes les 30 s.
- b) Durée (environ 30 s) pour un nombre constant d'impulsions
 - pour A : impulsions.
 - pour B : impulsions.
 - pour C : impulsions.

- c) Relevé continu de vitesse
 - Vitesse du papier sur l'enregistreur : mm/s
 - Caractéristiques de réponse des instruments électroniques :

- d) Méthode d'intégration.

1) Exprimer les valeurs en mètres et en secondes.

4 APPAREILS DE MESURAGE

Type de moulinet (donner des détails tels que diamètre et pas de l'hélice ou dimensions des coupelles, distance et nombre de coupelles) :

Numéro de série :

Type de suspension :

Date d'étalonnage : (Ajouter la courbe de tarage et les équations de calcul de la vitesse et indiquer s'il s'agit d'un étalonnage en groupe ou individuel. Vérifier si l'on a indiqué, sur la courbe de tarage, la température de l'eau pendant l'étalonnage.)

5 MESURAGES AUX VERTICALES

A Verticale de la profondeur maximale

1 Données générales

	Profondeur				Unités
	0,2	0,6	0,8	0,9	
Date du mesurage					—
Heure du mesurage (heure locale)					—
Niveau de l'eau au début (unités locales)					
Niveau de l'eau à la fin (unités locales)					
Profondeur de l'eau pendant le mesurage					m
Profondeur de l'instrument sous la surface					m
Vitesse moyenne pendant une période de 50 min					m/s
Vitesse minimale					m/s
Vitesse maximale					m/s
Méthode de mesurage de vitesse					
Méthode a) ou c)					
Intervalle de temps entre les lectures	30	30	30	30	s
Méthode b)					
Nombre d'impulsions					—
Intervalle de temps moyen des lectures					s

2 Description des conditions du lit

Matériaux du lit (dimensions, forme, densité) :

Forme du lit (lisse, ondulé, dunes) :

Sédiments transportés : oui/non; type : charriage ou en suspension.

Rugosité du lit (de préférence par le coefficient de Chézy, C) :

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

où

C est le coefficient de Chézy;

\bar{v} est la vitesse moyenne;

R_h est le rayon hydraulique (aire de la section mouillée divisée par le périmètre mouillé);

S est la pente.

Remarques :

3 Mesurage des vitesses

a) Vitesses à 0,2 fois la profondeur, toutes les 30 s.

N° d'ordre	Lecture	Vitesse	N° d'ordre	Lecture	Vitesse	N° d'ordre	Lecture	Vitesse	N° d'ordre	Lecture	Vitesse
1			26			51			76		
.			.			.			.		
.			.			.			.		
.			.			.			.		
.			.			.			.		
.			.			.			.		
25			50			75			100		
Vitesse moyenne			Vitesse moyenne			Vitesse moyenne			Vitesse moyenne		
Vitesse maximale			Vitesse maximale			Vitesse maximale			Vitesse maximale		
Vitesse minimale			Vitesse minimale			Vitesse minimale			Vitesse minimale		

NOTE – Indiquer les circonstances spéciales agissant sur les mesurages, par exemple le passage de bateaux.

b) Pour les mesurages à 0,6 – 0,8 et 0,9 fois la profondeur, adopter une présentation identique à celle donnée en a) ci-dessus.

B Verticale à 0,6 fois la profondeur maximale

Présenter les données comme indiqué en A.

C Verticale à 0,3 fois la profondeur maximale

Présenter les données comme indiqué en A.

APPENDICE Y

(Voir 4.5)

TABLEAU POUR LES MESURES DE VITESSE MOYENNE

Mesurages effectués sous la responsabilité de

Adresse :

Pour toute question, s'adresser à

Rivière étudiée :

Emplacement :

Pays :

1 DONNÉES GÉNÉRALES¹⁾ SUR LA RIVIÈRE PENDANT LES MESURAGES

Débit	. . . . .	m ³ /s
Section mouillée du chenal	. . . . .	m ²
Vitesse moyenne	. . . . .	m/s
Largeur	. . . . .	m
Profondeur maximale	. . . . .	m
Profondeur moyenne (surface/largeur)	. . . . .	m
Pente de la courbe hauteur-débit (sensibilité à niveau constant)	. . . . .	m ³ /s·m
Profondeur à la verticale	. . . . .	m
Vitesse moyenne à la verticale	. . . . .	m/s
Distance de la verticale à la rive droite	. . . . .	m
Température de l'eau	. . . . .	°C

2 MÉTHODE DE MESURAGE DES VITESSES (Compléter s'il y a lieu)

- a) Nombre d'impulsions relevé toutes les 60 s.
- b) Durée (environ 60 s à 0,6 fois la profondeur) d'un nombre constant d'impulsions, c'est-à-dire impulsions.
- c) Relevé continu de vitesse
- Vitesse du papier sur l'enregistreur : mm/s
- Caractéristiques de réponse des instruments électroniques :
- d) Méthode d'intégration.

1) Exprimer les valeurs en mètres et en secondes.