

NORME
INTERNATIONALE

ISO
9826

Première édition
1992-09-15

**Mesure de débit des liquides dans les canaux
découverts — Canaux jaugeurs Parshall et
SANIIRI**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)
*Liquid flow measurement in open channels — Parshall and SANIIRI
flumes*

[ISO 9826:1992](https://standards.iteh.ai)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a32b3c35-3250-4a5f-a60a-536a3a0c71db/iso-9826-1992>



Numéro de référence
ISO 9826:1992(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 9826 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 113, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts*, sous-comité SC 2, *Déversoirs à échancrures, déversoirs et canaux jaugeurs*.

ITEH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 9826:1992
536a3a0c71db/iso-9826-1992

© 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 — Canaux jaugeurs Parshall et SANIIRI

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale prescrit des méthodes de mesurage du débit des liquides dans les canaux découverts (notamment dans les canaux d'irrigation) à l'aide de canaux jaugeurs Parshall et SANIIRI dans des conditions d'écoulement permanent ou variant lentement.

Ces canaux jaugeurs sont conçus pour fonctionner dans des conditions d'écoulement libre ou noyé.

2 Référence normative

La norme suivante contient 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, l'édition indiquée était 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 l'édition la plus récente de la norme indiquée ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

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

3 Définitions et symboles

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions et symboles donnés dans l'ISO 772, ainsi que les définitions suivantes s'appliquent.

3.1 canal jaugeur Parshall: Canal jaugeur comportant un tronçon d'entrée convergent à fond horizontal, un col court à fond incliné vers l'aval avec une pente de 3:8 et un tronçon de sortie divergent à fond incliné vers l'amont avec une pente de 1:6.

3.2 canal jaugeur SANIIRI: Canal jaugeur comportant un tronçon d'entrée convergent à fond horizontal, avec une chute verticale à son extrémité aval et une paroi perpendiculaire rejoignant le chenal aval.

4 Choix du type de canal jaugeur

4.1 Le choix du type de canal jaugeur à utiliser dépend de plusieurs facteurs dont la plage des débits à mesurer, la charge disponible, la limite de submersion et le rapport maximal de submersion, les caractéristiques du chenal, la perte de charge admissible dans le canal jaugeur, la possibilité de creuser le lit et d'y pratiquer une chute, l'exactitude de mesure requise, la présence ou l'absence de sédiment dans l'écoulement, les conditions de fonctionnement qui peuvent nécessiter l'utilisation d'appareils fixes ou portatifs et enfin les facteurs économiques.

4.2 Les canaux jaugeurs Parshall ont une section transversale rectangulaire et une large gamme de largeurs de col, de la plus petite (0,025 4 m) à la plus grande (15 m et plus).

Les canaux jaugeurs Parshall de taille moyenne, dont le col mesure entre environ 0,15 m et environ 2,5 m de largeur et qui conviennent pour la mesure des débits compris entre 0,001 5 m³/s et 4,0 m³/s sont les plus couramment utilisés et sont donc recommandés dans la présente Norme internationale comme structure normalisée.

Les grands canaux jaugeurs Parshall dont le col mesure entre environ 3 m et environ 15 m de largeur et dont le tracé varie en fonction de la taille conviennent pour la mesure des débits compris entre 0,75 m³/s et 93 m³/s.

L'une des caractéristiques les plus appréciées des canaux jaugeurs Parshall est qu'ils fonctionnent de façon satisfaisante avec un rapport de submersion élevé, avec une perte de charge très faible, ce qui les rend particulièrement propices pour les mesures de débit dans les chenaux à faible pente. La

construction compliquée de ces canaux jaugeurs (voir figure 1) enlève, toutefois, un peu à ces avantages.

4.3 Les canaux jaugeurs SANIIRI sont de section transversale rectangulaire, et ont un fond horizontal et une largeur de section de sortie allant de 0,3 m à 1,0 m. Ils conviennent pour le mesurage de débits compris entre 0,03 m³/s et 2,0 m³/s.

Les canaux jaugeurs SANIIRI sont de conception et de construction simples, sauf qu'ils nécessitent une petite chute à l'extrémité aval du fond (voir figure 3).

5 Installation

5.1 Choix de l'emplacement

5.1.1 Le canal jaugeur doit être placé dans une longueur droite du chenal, exempte d'obstacles, de rugosité ou d'inégalité du lit.

5.1.2 Une étude préliminaire des caractéristiques physiques et hydrauliques du site proposé doit être faite pour vérifier qu'il correspond (ou peut être rendu conforme) aux exigences de mesurage du débit à l'aide d'un canal jaugeur. Les facteurs suivants pour le choix du site doivent en particulier être pris en compte:

- a) une longueur suffisante de section uniforme, et une pente adéquate;
- b) l'uniformité de la répartition des vitesses existante;
- c) les conditions aval (et notamment l'influence des marées, des structures de contrôle, etc.);
- d) l'imperméabilité du sol sur lequel doit reposer la structure et la nécessité éventuelle de le consolider par compactage, injection de coulis ou autre moyen de supprimer l'infiltration;
- e) la stabilité des rives ou pentes latérales du chenal et la nécessité de les égaliser et/ou de les revêtir;
- f) la nécessité de prévoir des digues de défense contre les crues pour contenir la majeure partie de l'écoulement dans le chenal et le remous causé par l'installation du canal jaugeur;
- g) l'effet du vent sur le débit passant dans le canal jaugeur, notamment lorsque ce dernier est large, que la hauteur de charge est faible et que le vent dominant est transversal;

h) la végétation aquatique;

i) le sédiment transporté par l'écoulement.

5.1.3 Si l'emplacement ne possède pas les caractéristiques nécessaires pour le mesurage satisfaisant du débit, il ne doit pas être utilisé, à moins qu'il ne puisse être amélioré.

5.2 Conditions d'installation

5.2.1 Généralités

L'installation complète de mesure se compose d'un chenal d'approche, de la structure du canal jaugeur lui-même et d'un chenal aval. L'état de chacun de ces trois éléments affecte l'exactitude globale des mesurages. De plus, les caractéristiques telles que l'état de surface du canal jaugeur, la forme de la section transversale du chenal et la rugosité de celui-ci doivent être pris en compte.

5.2.2 Chenal d'approche

5.2.2.1 Le chenal d'approche doit remplir les conditions suivantes.

- a) Il doit être rectiligne, uniforme et de pente constante sur une longueur de cinq à dix fois la largeur de la surface de l'eau au débit maximal.
- b) La pente du lit doit assurer un écoulement en régime fluvial avec un nombre de Froude Fr inférieure à 0,5 (voire 0,7), où:

$$Fr = \frac{Q_{\max}}{A\sqrt{gh_{\max}}}$$

où

Q_{\max} est le débit maximal;

A est l'aire de la section transversale du chenal pour le débit calculé;

h_{\max} est la profondeur d'eau maximale.

5.2.2.2 Les conditions d'écoulement et la symétrie de la répartition des vitesses dans le chenal d'approche doivent être vérifiées par examen et par mesurage, en utilisant, par exemple, des moulinets, des flotteurs, des bâtons lestés ou des traceurs colorés.

NOTE 1 Une évaluation complète de la répartition des vitesses peut se faire à l'aide d'un moulinet.

5.2.3 Structure du canal jaugeur

5.2.3.1 La structure du canal jaugeur doit être rigide, étanche et capable de résister aux écoulements de crue sans endommagement par débordement ou érosion. Son axe doit être aligné avec la direction de l'écoulement dans le chenal amont, et sa géométrie doit être conforme aux prescriptions dimensionnelles données dans l'article 8 ou l'article 9, respectivement.

5.2.3.2 Les surfaces du canal jaugeur, en particulier celle du tronçon d'entrée et du col, doivent être lisses. Le canal jaugeur peut être en béton revêtu d'une couche de ciment lisse, ou d'un matériau lisse non corrodable. Dans les installations de laboratoire, l'état de surface en question doit correspondre à celui d'une tôle laminée ou d'un bois raboté, poncé et peint. L'état de surface est particulièrement important dans la partie prismatique du col, mais cette exigence est moins critique au-delà d'une distance le long du profil de $0,5h_{\max}$ mesurée en amont et en aval du col proprement dit.

5.2.3.3 Pour réduire l'incertitude sur le mesurage du débit, il faut que la construction respecte les tolérances suivantes:

- a) sur la largeur b du radier du col: 0,2 % de b avec un maximum absolu de 0,01 m;
- b) sur le défaut de planéité des surfaces planes du col: 0,1 % de l ;
- c) sur la largeur entre les surfaces verticales du col: 0,2 % de cette largeur, avec un maximum de 0,01 m;
- d) sur les pentes moyennes longitudinale et transversale à la base du col: 0,1 %;
- e) sur la pente des surfaces inclinées du col: 0,1 %;
- f) sur la longueur du col: 1 % de l ;
- g) sur le défaut de planéité des surfaces planes de la zone de transition à l'entrée du col: 0,1 % de l ;
- h) sur le défaut de planéité des surfaces planes de la zone de transition à la sortie du col: 0,3 % de l ;
- i) sur le défaut de planéité ou de courbure des autres surfaces verticales ou inclinées: 1 %;
- j) sur le défaut de planéité du lit du chenal d'approche revêtu: 0,1 % de l .

La structure doit être mesurée une fois terminée, et les valeurs moyennes des dimensions correspon-

dantes ainsi que leurs écarts-types à un intervalle de confiance de 95 % doivent être calculés. Les valeurs moyennes doivent être utilisées pour le calcul du débit et leurs écarts-types pour le calcul de l'incertitude globale sur la détermination du débit.

5.2.4 Aval de la structure

Les conditions d'écoulement en aval de la structure sont importantes en cela qu'elles contrôlent le niveau d'eau aval qui peut influencer le fonctionnement du canal jaugeur. Celui-ci doit être conçu de manière à ne pas pouvoir être noyé dans les conditions normales de fonctionnement, sauf pour un bref intervalle de temps (par exemple pendant une crue). Construire un canal jaugeur dans une rivière ou un cours d'eau peut modifier les conditions en aval et en amont de la structure. Cela peut provoquer l'accumulation de matériau du lit plus en aval, ce qui, avec le temps, peut relever le niveau d'eau normal au point de noyer le canal jaugeur, notamment aux faibles débits. Les matériaux accumulés doivent être enlevés avant qu'ils ne deviennent excessifs.

6 Entretien — Exigences générales

6.1 Le bon entretien de la structure de mesurage et du chenal d'approche est un facteur important pour assurer des mesures exactes.

Il est essentiel que le chenal d'approche du canal jaugeur reste propre, exempt de limon et de végétation sur la distance minimale prescrite en 5.2.2.1.

6.2 Le puits à flotteur, la conduite de raccordement et l'entrée du chenal d'approche doivent être propres et exempts de dépôts. Le col et l'entrée incurvée du canal jaugeur doivent être propres et libres d'algues.

7 Mesurage des niveaux d'eau

Les méthodes générales et les appareils de mesure de niveau, les détails sur la conception et les caractéristiques fonctionnelles des puits de mesurage, et les détails sur le réglage du zéro du limnimètre sont prescrits dans l'ISO 4373. Les caractéristiques de mesure de niveau particulières à un canal jaugeur donné sont indiquées aux articles 8 et 9.

8 Canaux jaugeurs Parshall

8.1 Description

Les canaux jaugeurs Parshall ont une section transversale rectangulaire et sont composés d'un tronçon d'entrée convergent, d'un col et d'un tronçon de sortie divergent (voir figure 1).

Le radier du tronçon d'entrée doit être absolument horizontal, tant dans le sens de la longueur que dans celui de la largeur. Les parois latérales doivent être verticales et avoir un angle de convergence constant de $11^{\circ} 19'$, ou suivre une inclinaison de 1:5 par rapport à l'axe du canal jaugeur pour constituer une contraction en plan.

Les parois latérales du col doivent être parallèles en plan. Le fond doit être incliné vers l'aval selon une pente de 3:8, cela s'applique à tous les canaux jaugeurs, quelles que soient leurs dimensions. La ligne d'intersection du radier du tronçon d'entrée avec le radier du col est appelée seuil du canal jaugeur. La hauteur du seuil au-dessus du point bas du radier est appelée hauteur de seuil, h_{p1} .

Les parois latérales du tronçon de sortie doivent être verticales et avoir un angle de divergence constant de $9^{\circ} 28'$ ou une inclinaison de 1:6 par rapport à l'axe du canal jaugeur. Le fond doit être incliné suivant une pente remontante de 1:6; cela

s'applique à tous les canaux jaugeurs, quelles que soient leurs dimensions.

Pour assurer un écoulement non perturbé à l'entrée du canal jaugeur et éviter les perturbations superficielles à la sortie de celui-ci, les tronçons d'entrée et de sortie doivent être raccordés aux rives naturelles ou artificielles du chenal par des bajoyers verticaux, disposés selon un angle de 45° par rapport à l'axe du canal jaugeur ou incurvés en plan selon un rayon $R \geq 2h_{\max}$ (voir figure 1). Dans les canaux jaugeurs de petite taille, de col n'excédant pas 0,5 m de largeur, les bajoyers peuvent être placés perpendiculairement à l'axe du canal jaugeur.

Les canaux jaugeurs Parshall peuvent être construits en bois, en pierre, en béton, en béton armé ou en n'importe quel autre matériau selon les conditions environnantes. Les canaux jaugeurs de petite taille peuvent être en tôle métallique et constituer des structures portatives. Les canaux jaugeurs en béton armé peuvent être préfabriqués et assemblés sur le site.

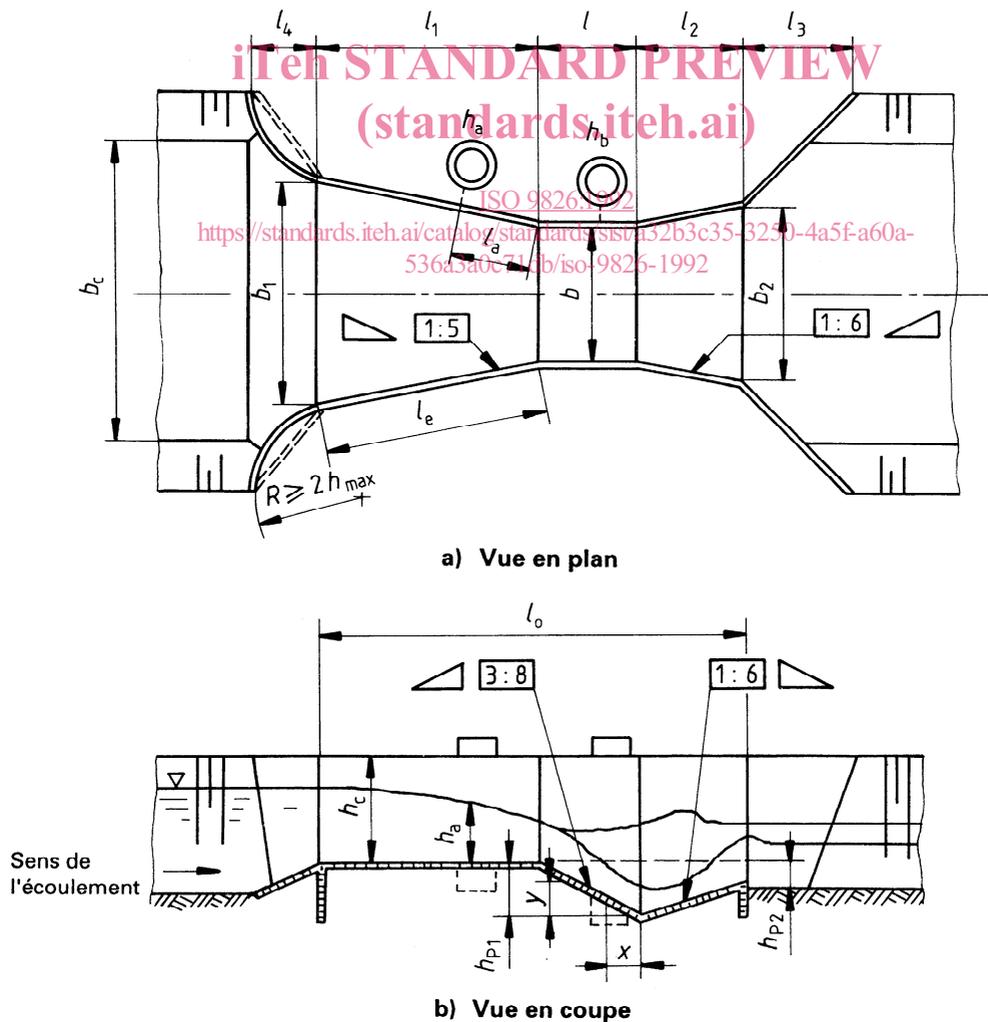


Figure 1 — Canal jaugeur Parshall

Tableau 1 — Dimensions des canaux jaugeurs Parshall normalisés

Dimensions en mètres

Numéro du canal jaugeur Parshall	Col					Tronçon d'entrée				Tronçon de sortie			Hauteur de paroi latérale
	b	l	X	Y	h_{p1}	b_1	l_1	l_e	l_a	b_2	l_2	h_{p2}	h_c
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	0,152	0,305	0,05	0,075	0,115	0,40	0,610	0,622	0,415	0,39	0,61	0,012	0,60
2	0,250	0,600	0,05	0,075	0,230	0,78	1,325	1,352	0,900	0,55	0,92	0,072	0,80
3	0,300	0,600	0,05	0,075	0,230	0,84	1,350	1,377	0,920	0,60	0,92	0,072	0,95
4	0,450	0,600	0,05	0,075	0,230	1,02	1,425	1,454	0,967	0,75	0,92	0,072	0,95
5	0,600	0,600	0,05	0,075	0,230	1,20	1,500	1,530	1,020	0,90	0,92	0,072	0,95
6	0,750	0,600	0,05	0,075	0,230	1,38	1,575	1,607	1,074	1,05	0,92	0,072	0,95
7	0,900	0,600	0,05	0,075	0,230	1,56	1,650	1,683	1,121	1,20	0,92	0,072	0,95
8	1,000	0,600	0,05	0,075	0,230	1,68	1,700	1,734	1,161	1,30	0,92	0,072	1,00
9	1,200	0,600	0,05	0,075	0,230	1,92	1,800	1,836	1,227	1,50	0,92	0,072	1,00
10	1,500	0,600	0,05	0,075	0,230	2,28	1,950	1,989	1,329	1,80	0,92	0,072	1,00
11	1,800	0,600	0,05	0,075	0,230	2,64	2,100	2,142	1,427	2,10	0,92	0,072	1,00
12	2,100	0,600	0,05	0,075	0,230	3,00	2,250	2,295	1,534	2,40	0,92	0,072	1,00
13	2,400	0,600	0,05	0,075	0,230	3,36	2,400	2,448	1,632	2,70	0,92	0,072	1,00

8.2 Dimensions

Les canaux jaugeurs Parshall ont ceci de particulier qu'ils ne sont pas géométriquement semblables les uns aux autres. La longueur de col, la hauteur du seuil et la longueur du tronçon de sortie demeurent constantes dans une même série de canaux jaugeurs, mais les autres dimensions varient avec la largeur du col et peuvent être déterminées analytiquement.

Il est donc essentiel, pour les canaux jaugeurs de Parshall normalisés et ceux de grande taille, d'utiliser des canaux jaugeurs étalonnés construits aux dimensions spécifiées respectivement aux tableaux 1 et 2.

8.2.1 Canaux jaugeurs Parshall normalisés

La taille d'un canal jaugeur Parshall normalisé est caractérisée par sa largeur de col, b (voir tableau 1, colonne 2).

Pour la série de canaux jaugeurs Parshall normalisés ayant des longueurs de col b de 0,250 m à 2,400 m (voir tableau 1, colonne 1, nos 2 à 13), les dimensions principales sont identiques, c'est-à-dire la longueur de col, l (colonne 3), la hauteur de seuil, h_{p1} (colonne 6), les coordonnées X et Y de la section à la conduite de raccordement au puits de mesurage de la hauteur h_b (colonnes 4 et 5), la longueur axiale du tronçon de sortie, l_2 (colonne 12), la hauteur h_{p2} (colonne 13), la pente du radier du col (3:8)

et la pente inverse du radier du tronçon de sortie (1:6).

Les autres dimensions de ces canaux jaugeurs (nos 2 à 13) sont calculées à l'aide des équations suivantes.

- a) Largeur, en mètres, du tronçon d'entrée du canal jaugeur

$$b_1 = 1,2b + 0,48 \quad \dots (1)$$

- b) Longueur axiale, en mètres, du tronçon d'entrée

$$l_1 = 0,5b + 1,2 \quad \dots (2)$$

- c) Longueur de paroi du convergent, en mètres

$$l_e = 1,02l_1 \quad \dots (3)$$

- d) Longueur de paroi, en mètres, entre le seuil et la section de mesurage de la charge h_a

$$l_a = 2l_e/3 \quad \dots (4)$$

- e) Largeur, en mètres, du tronçon de sortie du canal jaugeur

$$b_2 = b + 0,30 \quad \dots (5)$$

- f) Hauteur de paroi latérale, en mètres, dans le tronçon d'entrée

$$h_c = h_{a, \max} + (0,15 \text{ à } 0,20) \quad \dots (6)$$

Il est recommandé de prévoir pour la hauteur des parois latérales une marge supplémentaire pouvant atteindre 1 m pour éviter les risques de débordement au cas où le débit du canal jaugeur dépasserait le maximum prévu.

Les longueurs l_3 et l_4 des bajoyers varient avec la largeur du chenal naturel ou artificiel (voir figure 1). Pour assurer un bon raccordement avec les rives du chenal naturel ou les pentes latérales du chenal artificiel, il faut que les bajoyers se prolongent sur une distance d'au moins 0,4 m à 0,5 m dans les rives du chenal.

8.2.2 Canaux jaugeurs Parshall de grandes dimensions

Contrairement à ce qui se passe pour les canaux jaugeurs Parshall normalisés, les dimensions des grands canaux jaugeurs Parshall doivent être déterminées de façon indépendante pour chaque modèle, en fonction de la largeur de col. Il n'existe aucune équation permettant de calculer les dimensions principales de ces canaux jaugeurs Parshall; les valeurs spécifiées au tableau 2 doivent être appliquées. Ces valeurs ne doivent être ni modifiées

ni arrondies sans nouvel étalonnage du canal jaugeur.

Le tableau 2 donne les dimensions principales des grands canaux jaugeurs Parshall dont la largeur de col est comprise entre 3,05 m et 15,24 m et qui peuvent mesurer des débits compris entre 0,16 m³/s et 93 m³/s. Le tableau 2 montre que les dimensions l , X , Y , h_{p1} , h_{p2} demeurent constantes dans une série de canaux jaugeurs. En outre, les pentes 3:8 et 1:6 des radiers du col et du tronçon de sortie, respectivement, et les angles de convergence (11° 19') et de divergence (9° 28') des parois latérales des tronçons d'entrée et de sortie, demeurent également constantes dans tous les canaux jaugeurs Parshall. La seule dimension qui peut être déterminée analytiquement est la longueur de paroi comprise entre le seuil du canal jaugeur et la section d'entrée de la conduite de raccordement au puits de mesurage de h_a .

Cette longueur est donnée, en mètres, par l'équation

$$l_a = \frac{b}{3} + 0,813 \quad \dots (7)$$

Il est recommandé d'avoir une largeur de col b égale à 1/3 à 1/2 la largeur de fond du chenal, b_c , que celui-ci soit naturel ou artificiel (voir figure 1).

ISO 9826:1992

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a32b3c35-3250-4a5f-a60a-536a3a0c71db/iso-9826-1992>

Tableau 2 — Dimensions des grands canaux jaugeurs Parshall

Dimensions en mètres

Numéro du canal jaugeur Parshall	Col					Tronçon d'entrée			Tronçon de sortie			Hauteur de paroi latérale
	b	l	X	Y	h_{p1}	b_1	l_1	l_a	b_2	l_2	h_{p2}	h_c
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
14	3,05	0,91	0,305	0,23	0,343	4,76	4,27	1,83	3,66	1,83	0,152	1,22
15	3,66	0,91	0,305	0,23	0,343	5,61	4,88	2,03	4,47	2,44	0,152	1,52
16	4,57	1,22	0,305	0,23	0,457	7,62	7,62	2,34	5,59	3,05	0,203	1,83
17	6,10	1,83	0,305	0,23	0,686	9,14	7,62	2,84	7,32	3,66	0,305	2,13
18	7,62	1,83	0,305	0,23	0,686	10,67	7,62	3,35	8,94	3,96	0,305	2,13
19	9,14	1,83	0,305	0,23	0,686	12,31	7,93	3,86	10,57	4,27	0,305	2,13
20	12,19	1,83	0,305	0,23	0,686	15,48	8,23	4,88	13,82	4,88	0,305	2,13
21	15,24	1,83	0,305	0,23	0,686	18,53	8,23	5,89	17,27	6,10	0,305	2,13

8.3 Mesurage de la hauteur piézométrique et limites d'application

Le débit traversant un canal jaugeur Parshall est déterminé par le mesurage des hauteurs piézométriques dans le tronçon d'entrée (hauteur piézométrique amont, h_a) et la section de col (hauteur piézométrique aval, h_b). La nécessité de mesurer l'une ou l'autre des hauteurs piézométriques ou les deux dépend des conditions d'écoulement dans le canal jaugeur.

Dans le cas d'un écoulement libre, on n'a besoin de mesurer que la hauteur h_a . La section de mesure de la hauteur piézométrique h_a doit être située à une distance l_a mesurée le long de la paroi oblique en

amont du seuil du canal jaugeur [l_a peut être calculée à l'aide de l'équation (4) et de l'équation (7)]. La gamme recommandée des valeurs de h_a figure aux tableaux 3 et 4.

Lorsqu'une grande exactitude n'est pas importante, on peut utiliser pour mesurer la hauteur piézométrique, une échelle limnimétrique verticale placée verticalement dans la section de mesure de hauteur piézométrique sur la face intérieure de la paroi du convergent d'entrée.

Le zéro de cette échelle limnimétrique doit être rapporté à la cote du seuil du canal jaugeur, laquelle correspond à la cote du fond horizontal du canal jaugeur à l'extrémité aval du tronçon d'entrée.

Tableau 3 — Caractéristiques du débit des canaux jaugeurs Parshall normalisés

Numéro du canal jaugeur Parshall	Largeur du col b m	Équation de débit ¹⁾ $Q = Ch_a^n$ m ³ /s	Plage de hauteur piézométrique h_a m		Plage de débit ²⁾ Q $\times 10^{-3}$ m ³ /s		Limite de submergence σ_c (expérimentale)	Rapport de submersion σ (recommandé)
			min.	max.	min.	max.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,152	$0,381 h_a^{1,580}$	0,03	0,45	1,5	100	0,55	0,6
2	0,25	$0,561 h_a^{1,513}$	0,03	0,60	3,0	250	—	0,6
3	0,30	$0,679 h_a^{1,521}$	0,03	0,75	3,5	400	0,62	0,6
4	0,45	$1,038 h_a^{1,537}$	0,03	0,75	4,5	630	0,64	0,6
5	0,60	$1,403 h_a^{1,548}$	0,05	0,75	12,5	850	0,66	0,6
6	0,75	$1,772 h_a^{1,557}$	0,06	0,75	25,0	1 100	0,67	0,6
7	0,90	$2,147 h_a^{1,565}$	0,06	0,75	30,0	1 250	0,68	0,6
8	1,00	$2,397 h_a^{1,569}$	0,06	0,80	30,0	1 500	—	0,7
9	1,20	$2,904 h_a^{1,577}$	0,06	0,80	35,0	2 000	0,70	0,7
10	1,50	$3,668 h_a^{1,586}$	0,06	0,80	45,0	2 500	0,72	0,7
11	1,80	$4,440 h_a^{1,593}$	0,08	0,80	80,0	3 000	0,74	0,7
12	2,10	$5,222 h_a^{1,599}$	0,08	0,80	95,0	3 600	0,76	0,7
13	2,40	$6,004 h_a^{1,605}$	0,08	0,80	100,0	4 000	0,78	0,7

1) $C = C_D b \times 3,279^n$

où

C_D est le coefficient de débit;

n est un exposant fonction de b .

2) Arrondie à la valeur rationalisée la plus proche.

Tableau 4 — Caractéristiques des grands canaux jaugeurs Parshall

Numéro du canal jaugeur Parshall	Largeur du col b m	Équation de débit pour écoulement libre ¹⁾ $Q = C_1 h_a^{1,8}$ m^3/s	Plage de hauteur piézométrique h_a m		Plage de débit Q m^3/s		Rapport de submersion σ (recom-mandé)	Coefficient de submersion (facteur correctif) C_a
			min.	max.	min.	max.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	3,05	7,463 $h_a^{1,6}$	0,09	1,07	0,16	8,28	0,80	1,0
15	3,66	8,859 $h_a^{1,6}$	0,09	1,37	0,19	14,68	0,80	1,2
16	4,57	10,96 $h_a^{1,6}$	0,09	1,67	0,23	25,04	0,80	1,5
17	6,10	14,45 $h_a^{1,6}$	0,09	1,83	0,31	37,97	0,80	2,0
18	7,62	17,94 $h_a^{1,6}$	0,09	1,83	0,38	47,16	0,80	2,5
19	9,14	21,44 $h_a^{1,6}$	0,09	1,83	0,46	56,33	0,80	3,0
20	12,19	28,43 $h_a^{1,6}$	0,09	1,83	0,60	74,70	0,80	4,0
21	15,24	35,41 $h_a^{1,6}$	0,09	1,83	0,75	93,04	0,80	5,0

1) $C_1 = C_D b$, où C_D est le coefficient de débit.

Lorsqu'une plus grande exactitude est exigée ou lorsque les appareils utilisés sont des enregistreurs continus ou des capteurs de niveau, il doit être envisagé d'installer un puits de mesure. Pour raccorder celui-ci à l'écoulement dans le canal jaugeur, on utilise une longueur de conduite dont l'entrée est placée à l'endroit recommandé pour la mesure de la hauteur piézométrique près du fond du tronçon d'entrée (voir figure 1).

Si le canal jaugeur Parshall est utilisé en régime d'écoulement noyé, il est nécessaire de mesurer deux hauteurs piézométriques, h_a et h_b . La section de mesure de h_b doit être située dans le col, à une distance X du point bas de celui-ci. L'écoulement dans le col étant assez turbulent et provoquant des fluctuations considérables de la surface de l'eau, il n'est pas conseillé d'utiliser une échelle limnimétrique verticale pour mesurer h_b et donc il faut prévoir un puits de mesure.

Les tableaux 1 et 2 donnent les valeurs de X et Y qui sont les coordonnées de la section d'entrée de la conduite de raccordement au puits de mesure pour diverses tailles de canaux jaugeurs. Dans le puits de mesure on peut placer une échelle limnimétrique verticale, un capteur de niveau ou un limnigraphe continu dont le zéro est convenablement rapporté à la cote du seuil du canal jaugeur.

ISO 9826:1992

La conception des puits de mesure et des conduites de raccordement doit être conforme aux exigences spécifiées à l'article 7.

Les puits de mesure servant à la mesure des hauteurs piézométriques h_a et h_b doivent de préférence être adjacents pour permettre d'avoir toute l'installation au même endroit (à l'extérieur ou à l'intérieur).

Il est recommandé de mesurer des hauteurs piézométriques comprises entre 0,03 m et 0,8 m pour les diverses tailles de canaux jaugeurs Parshall normalisés et entre 0,09 m et 1,83 m pour les canaux jaugeurs Parshall de grandes dimensions (voir tableaux 3 et 4).

8.4 Écoulement libre et écoulement noyé

L'écoulement dans un canal jaugeur Parshall est considéré comme libre lorsqu'il n'est pas influencé par les variations du niveau d'eau à l'aval. Dans un canal jaugeur Parshall travaillant en régime d'écoulement libre, le régime d'écoulement dans le tronçon d'entrée est fluvial et la profondeur décroît dans le sens de l'écoulement jusqu'à atteindre la profondeur critique à proximité du seuil. Au-delà du seuil, dans le col les profondeurs sont inférieures à la profondeur critique (voir figure 1). Le régime d'écoulement libre s'établit jusqu'à ce que la hau-

teur piézométrique aval atteint une valeur telle que le rapport de submersion ($\sigma = h_b/h_a$) devienne égal à la limite de submergence σ_c , soit:

$$\sigma_c = h_b/h_a \quad \dots (8)$$

À ce moment, l'écoulement dans le tronçon de sortie et dans une grande partie du col devient noyé (voir figure 1).

Lorsque la hauteur piézométrique aval continue à croître, le régime d'écoulement noyé s'étend de plus en plus en amont jusqu'au tronçon d'entrée et réduit en conséquence le débit s'écoulant dans le canal jaugeur. Dans un canal jaugeur travaillant en régime d'écoulement noyé, le débit mesuré dépend du rapport de submersion, σ .

Des essais d'étalonnage effectués sur des canaux jaugeurs Parshall normalisés indiquent une limite de submergence comprise entre 0,55 et 0,78 (voir tableau 3, colonne 8). La valeur moyenne recommandée du rapport de submersion est de 0,6 à 0,7 (voir tableau 3, colonne 9) pour les canaux jaugeurs Parshall normalisés et de 0,8 (voir tableau 4, colonne 8) pour ceux de grandes dimensions.

La détermination du débit en régime d'écoulement noyé est possible si le rapport de submersion ne dépasse pas 0,95.

Lorsque les rapports de submersion sont plus élevés, le canal jaugeur cesse de se comporter comme une structure de mesure de débit.

Il convient de noter qu'un canal jaugeur fonctionnant dans des conditions d'écoulement noyé offre l'avantage d'une perte de charge nominale. Cependant, les conditions d'écoulement noyé altèrent l'exactitude des mesures de débit par rapport aux mesures en écoulement libre. Il est donc conseillé de choisir les dimensions du canal jaugeur de façon qu'il ne travaille en conditions d'écoulement noyé que pendant des intervalles de temps limités, par exemple en période de crues.

8.5 Détermination du débit

8.5.1 Détermination du débit dans les conditions d'écoulement libre

Le débit s'écoulant dans un canal jaugeur Parshall en écoulement libre (c'est-à-dire $\sigma < \sigma_c$) est obtenu par l'équation générale suivante:

$$Q = C_D b h_a^n \quad \dots (9)$$

où

Q est le débit, en mètres cubes par seconde;

b est la largeur du col, en mètres;

h_a est la hauteur piézométrique dans le tronçon d'entrée, en mètres;

C_D est le coefficient de débit;

n est un exposant dépendant de b .

Le débit d'un canal jaugeur Parshall normalisé (nos 2 à 13) en écoulement libre est donné par l'équation suivante:

$$Q = 0,372b \left(\frac{h_a}{0,305} \right)^{1,569b^{0,026}} \quad \dots (10)$$

(c'est-à-dire $C_D = 0,372$ et $n = 1,569b^{0,026}$; pour le canal jaugeur Parshall n° 1, $C_D = 0,384$ et n a la même valeur que ci-dessus).

Les équations de débit des canaux jaugeurs Parshall normalisés sont indiquées au tableau 3, colonne 3, où $C = C_D b (3,279)^n$.

Le débit des grands canaux jaugeurs Parshall (voir tableau 4, colonne 1, nos 14 à 21) dans les conditions d'écoulement libre (c'est-à-dire $\sigma < \sigma_c$) est donné par l'équation suivante:

$$Q = (2,292b + 0,48)h_a^{1,6} \\ \approx (2,3b + 0,48)h_a^{1,6} \quad \dots (11)$$

(c'est-à-dire $C_D = 2,3 + 0,48/b$ et $n = 1,6$).

Les équations de débit pour chacun des grands canaux jaugeurs Parshall sont indiquées au tableau 4, colonne 3, où $C_1 = C_D b$.

Dans les tableaux 3 et 4 figure également la gamme des valeurs de débit en écoulement libre [calculées suivant les équations (10) et (11)] pour toutes les tailles de canaux jaugeurs.

8.5.2 Détermination du débit en écoulement noyé

Le débit d'un canal jaugeur Parshall travaillant en écoulement noyé est affecté par la hauteur piézométrique aval, et demande donc une correction par rapport au débit en écoulement libre:

$$Q_{dr} = Q - Q_E \quad \dots (12)$$

où

Q_{dr} est le débit en écoulement noyé;

Q est le débit en écoulement libre donné soit par l'équation (10) soit par l'équation (11);

Q_E est la diminution du débit due à la submersion.