

ISO

ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

RECOMMANDATION ISO R 1100

MÉTHODE DE DÉBIT DES LIQUIDES DANS LES CANAUX DÉCOUVERTS
ÉTABLISSEMENT ET FONCTIONNEMENT D'UNE STATION DE JAUGEAGE
ET DÉTERMINATION DE LA RELATION HAUTEUR-DÉBIT

1^{ère} ÉDITION

Juillet 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.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/R 1100:1969](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d4fcf797-98b7-4329-a1e6-29607456aad7/iso-r-1100-1969>

HISTORIQUE

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*, 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 à l'adoption d'un Projet de Recommandation ISO.

En décembre 1966, ce Projet de Recommandation ISO (N° 1071) 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 :

Afrique du Sud, Rép. d'	Inde	Royaume-Uni
Allemagne	Irlande	Suisse
Australie	Israël	Tchécoslovaquie
Belgique	Italie	Thaïlande
Bésil	Japon	Turquie
Chili	Pays-Bas	U.S.A.
Corée, Rép. de	Portugal	
France	Roumanie	

Un Comité Membre se déclara opposé à l'approbation du Projet :

Canada

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

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
1. Objet et domaine d'application	7
2. Définitions	7
3. Unités de mesure	7
4. Principe de la méthode de mesure	8
5. Choix de l'emplacement	8
5.1 Prospection préalable	8
5.2 Choix de l'emplacement	8
6. Conception et réalisation d'une station de jaugeage	9
6.1 Généralités	9
6.2 Appareils de mesure du niveau	9
6.3 Procédé de lecture des limnimètres	11
7. Vérification de la station -- Prescriptions générales	11
8. Etalonnage de la station	11
8.1 Généralités	11
8.2 Etablissement de la courbe hauteur-débit et de la table d'étalonnage	12
8.3 Vérification de la relation hauteur-débit	13
9. Fonctionnement de la station de jaugeage et regroupement des résultats	14
9.1 Fonctionnement de la station de jaugeage	14
9.2 Regroupement des résultats	14
9.3 Extrapolation de la courbe hauteur-débit	14
10. Erreurs de mesures et validité de la courbe hauteur-débit	14
10.1 Erreur-type sur la courbe hauteur-débit	15
10.2 "Limites d'acceptation" des mesures de hauteur-débit	15
10.3 Limites de confiance à 95 % de la moyenne (courbe hauteur-débit)	16
10.4 Autre méthode de détermination des "limites d'acceptation des mesures" et des "limites de confiance de la courbe hauteur-débit"	16
ANNEXE A -- Conception, réalisation et fonctionnement d'une station de jaugeage	17
A.1 Prospection préalable	17
A.2 Conception de la station	17
A.3 Réalisation de la station	18
A.4 Vérification finale	19
A.5 Courbe hauteur-débit	19
A.5.1 Courbes de contrôle	19
A.5.2 Rejet d'un résultat d'observation anormal ou de mesures inexactes	20
A.5.3 Détermination du nombre de mesures nécessaires pour établir une relation hauteur-débit sûre	20
A.5.4 Chenaux stables	21
A.5.5 Chenaux instables	21
A.5.6 Epreuves relatives à l'absence de déviations et à l'exactitude du tracé	22
A.5.7 Régularité de la courbe	24
A.5.8 Méthodes pour déceler les variations du contrôle hydraulique	24
A.5.9 Vérification des variations ultérieures du contrôle hydraulique	25
A.5.10 Construction d'une courbe mathématique	25

	Pages
A.6 Extrapolation de la courbe hauteur-débit	27
A.7 Fonctionnement de la station	28
A.8 Regroupement des résultats	29
ANNEXE B – Correction du débit en écoulement non permanent	31
ANNEXE C – Famille de courbes donnant la relation hauteur-débit	32
C.1 Généralités	32
C.2 Méthode de la dénivellation constante	32
C.3 Méthode de la dénivellation normale	33
FIGURES	
1. Détermination du nombre de mesures nécessaires pour établir une relation hauteur-débit valable	34
2. Essai des courbes hauteur-débit	35
3. Détermination de G_0 – Lecture du limnimètre pour un débit nul	36
4. Relation $Q_n = f(z_0)$ pour une dénivellation de référence $H_n = 1$	37
5. Relation entre $\frac{Q}{Q_n}$ et $\frac{H}{H_n}$	38
6. Relation entre le niveau et le débit ramené à la dénivellation de référence	39
7. Méthode de la dénivellation normale – Courbe d'étalonnage simple	40
8. Relation entre la dénivellation normale et le niveau	41
9. Relation entre le débit et la dénivellation mesurée	42
Liste des symboles utilisés	43

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/R 1100:1969](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d4fcf797-98b7-4329-a1e6-29607456aad7/iso-r-1100-1969>

MESURE DE DÉBIT DES LIQUIDES DANS LES CANAUX DÉCOUVERTS
ÉTABLISSEMENT ET FONCTIONNEMENT D'UNE STATION DE JAUGEAGE
ET DÉTERMINATION DE LA RELATION HAUTEUR-DÉBIT

1. OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

La présente Recommandation ISO traite de la mesure continue du niveau de l'eau, de la détermination de la relation hauteur-débit en établissant une corrélation entre les niveaux de l'eau et les débits et du regroupement des résultats de débit d'une station de jaugeage. Elle traite aussi de l'établissement et du fonctionnement de la station de jaugeage sur une rivière ou sur un canal découvert.

Les mesures d'un débit donné peuvent être effectuées selon l'une des méthodes acceptées pour la mesure du débit des liquides dans les canaux découverts, conformément aux Recommandations ISO* qui s'y rapportent. La présente Recommandation ISO ne concerne que les éléments supplémentaires nécessités par un élargissement du domaine d'application.

Les canaux découverts ont été classés en types stables et instables, car les courbes caractéristiques hauteur-débit de l'un et de l'autre type diffèrent.

La présente Recommandation ISO ne s'applique pas aux cas où

- a) les conditions de l'écoulement, au cours des crues, varient brusquement et rapidement sous l'action d'une onde abrupte;
- b) les conditions de l'écoulement sont considérablement entravées, durant certaines périodes, par la formation ou la présence de glace.

Une Annexe qui donne un plan et une méthode facilitant l'application de la présente Recommandation ISO (voir Annexe A) a été adjointe; elle indique également les essais et les procédés statistiques permettant d'établir les courbes hauteur-débit.

Les autres Annexes traitent des corrections à effectuer en écoulement non permanent (voir Annexe B) et de la famille de courbes traduisant la relation hauteur-débit (voir Annexe C).

2. DÉFINITIONS

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*, s'appliquent à la présente Recommandation ISO.

3. UNITÉS DE MESURE

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

* Voir les Recommandations ISO suivantes :

- ISO/R 555, *Mesure de débit dans les canaux découverts - Méthode de dilution pour la mesure de débit en régime permanent - Première Partie - Méthode d'injection à débit constant*;
- ISO/R 748, *Mesure de débit dans les canaux découverts - Méthodes d'exploration du champ des vitesses*;
- ISO/R . . . , *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts - Méthode des déversoirs, déversoirs à échancre et canaux jaugeurs à ressaut* (actuellement, Projet de Recommandation ISO N° 1438).

4. PRINCIPE DE LA MÉTHODE DE MESURE

Le principe de la méthode est d'établir une relation univoque liant le débit dans un chenal soit au niveau de l'eau dans une section de l'écoulement, soit aux deux valeurs de ce niveau aux extrémités d'un bief. La connaissance de cette relation hauteur-débit permettra, dans la période d'exploitation de la station, d'obtenir le débit par de simples mesures de niveau.

Pour établir cette relation, il est nécessaire de procéder, à la station de jaugeage choisie, à un nombre suffisant de mesures simultanées du débit et du niveau correspondant. Chaque mesure de débit sera faite par l'une des méthodes acceptées.

5. CHOIX DE L'EMPLACEMENT

5.1 Prospection préalable

Une prospection préalable doit être effectuée pour s'assurer que les caractéristiques physiques et hydrauliques de l'emplacement prévu soient conformes aux prescriptions relatives à l'application des méthodes de mesure de débit que l'on envisage d'utiliser.

5.2 Choix de l'emplacement

Un emplacement doit être choisi de façon qu'il soit possible d'y mesurer la gamme entière et les différents types d'écoulement pouvant y être rencontrés ou devant être mesurés. L'ensemble des mesures, par rapport à un limnimètre de référence, peut être effectué dans une section unique ou, pour certaines gammes de débit, dans deux sections ou davantage. De même, différentes méthodes de mesure peuvent être utilisées pour diverses parties de la gamme, les conditions particulières relatives à chacune des méthodes de mesure étant spécifiées dans les Recommandations ISO se rapportant à la mesure du débit des liquides dans les canaux découverts*.

Selon les circonstances, on peut utiliser soit une station de jaugeage simple, soit une station double, mais la première solution doit être préférée.

Le fonctionnement d'une station de jaugeage simple repose sur l'hypothèse que le niveau de la surface libre est réellement une fonction unique du débit. Dans le cas de stations affectées d'hystérésis, la crue et la décrue doivent être étalonnées séparément par mesure du débit.

5.2.1 Station de jaugeage simple

- a) Il est préférable de choisir un emplacement où la relation entre la hauteur et le débit est essentiellement uniforme et stable. Toutefois, cela n'est pas toujours possible pour les rivières alluviales. Pour de telles rivières, la relation hauteur-débit n'est généralement applicable que pendant la période où elle a été déterminée.
- b) Il ne doit y avoir aucun effet résultant d'un courant de retour variable.

5.2.2 Station de jaugeage de tout type (simple ou double)

- a) L'emplacement doit être sensible, c'est-à-dire que toute variation appréciable du débit doit s'accompagner, même au plus faible débit,
 - dans le cas d'une station de jaugeage simple, d'une modification appréciable du niveau;
 - dans le cas d'une station de jaugeage double, d'une modification appréciable du niveau (à l'une ou l'autre des échelles) et de la chute (entre les deux échelles).

Sans quoi, de petites erreurs sur le relevé du niveau au cours de l'étalonnage d'une station non-sensible peuvent se traduire par d'importantes erreurs sur les débits indiqués par la courbe.

Une comparaison doit être établie entre la variation du débit et la variation minimale du niveau correspondant pour s'assurer que la sensibilité de la station est suffisante pour répondre aux exigences des mesures.

* Voir les Recommandations ISO/R 555 et ISO/R 748 ainsi que le Projet de Recommandation ISO N° 1438.

- b) Il faut éviter les emplacements où poussent particulièrement les herbes.
- c) Il ne doit y avoir ni vortex, ni eau morte, ni d'autres anomalies dans l'écoulement.
- d) Les accès à l'emplacement, quels que soient le niveau ou l'époque, doivent être aussi praticables que possible.

6. CONCEPTION ET RÉALISATION D'UNE STATION DE JAUGEAGE

6.1 Généralités

Une station de jaugeage comprend une ou plusieurs sections transversales de mesure, naturelles ou artificielles (c'est-à-dire déversoir ou canal jaugeur), ainsi qu'un limnimètre de référence.

Dans le cas où il existe un dispositif général de limnimètres sur la rivière, il n'est pas absolument nécessaire que la position de la section transversale de mesure coïncide avec la position du limnimètre, pourvu que le débit soit le même aux deux endroits, pour tous les niveaux. Dans tous les autres cas, il est préférable d'installer le limnimètre à la section transversale choisie ou à proximité immédiate.

Si l'emplacement souhaité ne satisfait qu'à une partie des exigences stipulées dans les Recommandations ISO concernant la mesure du débit* et au paragraphe 5.2 de la présente Recommandation ISO, on peut faire en sorte qu'il réponde à ces exigences en apportant quelques modifications appropriées (voir Annexe A). En général, de telles modifications ne se justifient que pour de petites rivières.

Dans le cas d'une station de jaugeage double, la longueur du bief doit être suffisante pour que toute erreur d'observation soit négligeable par rapport à la baisse de niveau entre les deux limnimètres. Par ailleurs, il ne doit y avoir ni augmentation ni diminution du débit entre les deux limnimètres.

6.2 Appareils de mesure du niveau

- 6.2.1 *Limnimètre de référence.* Le limnimètre de référence doit être un limnimètre à échelle verticale ou à échelle 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 qui soient prévus.

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 raccordé par un relevé topographique précis au système national de nivellement. Il doit comporter un dispositif de stabilisation, partout où cela s'impose, de façon que le niveau de l'eau puisse être lu avec précision.

S'il est indispensable d'avoir un enregistrement continu des niveaux de l'eau, un limnigraphe doit être installé. Toutefois, il est essentiel de toujours associer un tel limnigraphe à un limnimètre normal de rivière, situé à proximité du point où le limnigraphe effectue ses mesures. Dans les autres cas, un limnimètre normal de rivière suffira.

NOTE. – Quand cela est possible, une estimation des valeurs extrêmes doit être effectuée à l'aide d'une étude statistique. Il faut absolument s'assurer que l'on a bien tenu compte des valeurs aussi extrêmes que l'exige le but de la station. Un affouillement possible du lit doit aussi être pris en considération.

- 6.2.1.1 LIMNIMÈTRE À ÉCHELLE VERTICALE. Ce limnimètre doit être absolument vertical et de forme telle qu'il ne provoque aucune surélévation sensible de l'écoulement.
- 6.2.1.2 LIMNIMÈTRE À ÉCHELLE 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.

- 6.2.2 *Limnigraphe.* Il peut être constitué par un limnigraphe à flotteur installé dans un puits de mesure communiquant avec le lit du chenal ou par un limnigraphe pneumatique ou tout autre dispositif. Toutefois, il est essentiel de toujours associer un tel limnigraphe à un limnimètre de référence situé à proximité du point où le limnigraphe effectue ses mesures. Dans le cas d'un limnigraphe à flotteur, un limnimètre supplémentaire doit, à titre de contrôle, être associé au flotteur.

* Voir les Recommandations ISO/R 555 et ISO/R 748 ainsi que le Projet de Recommandation ISO N° 1438.

6.2.2.1 PUIITS DE MESURE. Le puits de mesure destiné à l'installation du flotteur du limnigraphe doit répondre aux conditions suivantes :

- a) Il sera vertical et aura une hauteur et une profondeur suffisantes pour permettre au flotteur d'évoluer dans toute la gamme des niveaux.
- b) Dans les cours d'eau qui contiennent beaucoup de limon en suspension (eaux chargées), des conduits d'admission seront aménagés à différents niveaux.
- c) Les raccords de chaque conduit d'admission seront étanches.
- d) Les dimensions du conduit d'admission ou du chenal seront suffisamment grandes pour que le niveau de l'eau de puits suive sans délai l'élévation et la baisse de niveau, et aussi pour que soit évitée son obstruction par des sédiments.
- e) Si la lecture du niveau sur le graphique ne peut se faire avec une précision suffisante en raison de la fréquence des rides de surface, un étrangleur sera installé dans le conduit d'admission pour amortir l'oscillation.

6.2.2.2 INSTALLATION DU LIMNIGRAPHE PNEUMATIQUE

- a) Ce limnigraphe mesure le niveau par l'intermédiaire de la pression exercée sur une prise immergée, solidement fixée à une cote connue.
- b) Le limnigraphe doit comporter une source de gaz comprimé (air ou azote) et un dispositif de réglage et de visualisation du débit d'air sous la forme "bulle à bulle".
- c) Un dispositif de chasse de gaz doit être prévu pour déboucher, si nécessaire, la prise de pression.
- d) La tuyauterie reliant le manomètre à la prise de pression doit avoir une longueur inférieure à la limite fixée par le constructeur. Elle ne doit pas comporter de points bas risquant d'accumuler les eaux de condensation du gaz.
- e) Le dispositif de mesures de la pression doit être suffisamment sensible, précis et fidèle. Dans le cas d'emploi d'un manomètre à liquide tampon, la densité de ce liquide aux différentes températures doit être éventuellement prise en compte, le constructeur devant indiquer la valeur des erreurs encourues.

6.2.2.3 ENREGISTREUR. L'enregistreur doit fournir soit un enregistrement graphique continu de la variation du niveau d'eau, soit un enregistrement des niveaux d'eau par un procédé numérique à des intervalles de temps judicieusement espacés.

Les résultats enregistrés dépendront directement des variations du niveau d'eau. Si d'autres phénomènes les affectent (amortissement du puits de mesure du limnigraphe à flotteur, influence de la perte de charge due au débit de gaz ou de la densité du liquide tampon du manomètre, dans un limnigraphe pneumatique) l'utilisateur doit en connaître les effets afin de pouvoir, si nécessaire, effectuer les corrections.

Dans le cas d'un limnigraphe donnant un relevé graphique, la feuille d'enregistrement sera parfaitement placée sur le tambour. Les échelles choisies pour les temps et les niveaux seront fonction des caractéristiques de la rivière et elles devront permettre des lectures suffisamment précises pour traduire les différentes phases de l'hydrogramme.

Toute liaison mécanique entre les organes du limnigraphe doit être aussi courte et aussi directe que possible et il n'y aura aucun contact entre une partie mobile quelconque du mécanisme et une partie fixe du châssis.

Le mécanisme d'horlogerie doit permettre de donner le temps avec une bonne fidélité.

L'enregistreur sera soustrait aux risques d'inondation et protégé des éléments et des interventions de personnes non qualifiées.

Des précautions doivent être prises contre d'éventuelles erreurs des enregistrements dues à

- a) un retard du style par rapport au déplacement du flotteur;
- b) une modification de l'immersion du flotteur dans l'eau;
- c) une immersion du contrepoids et du câble du flotteur.

6.3 Procédé de lecture des limnimètres

Le limnimètre doit être lu à partir d'un emplacement qui permette d'éviter les erreurs de parallaxe. Le limnimètre doit être observé sans discontinuité pendant une durée minimale de 2 minutes ou pendant la durée d'une oscillation complète, suivant que l'une ou l'autre de ces durées est plus longue, et les lectures maximale et minimale seront relevées pour en faire la moyenne.

7. VÉRIFICATION DE LA STATION – PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

Après l'installation d'une station de jaugeage, il sera procédé à une vérification définitive.

La vérification définitive doit comprendre la détermination précise des hauteurs et des positions relatives des limnimètres de référence et du zéro des échelles, la vérification des conduits d'admission ou des chenaux, de la base du puits dans le cas d'un limnigraphe à flotteur, de la fixation de la prise de pression, des étanchéités de la tuyauterie de gaz et de tous les organes sous pression, dans le cas d'un limnigraphe pneumatique, des jalons de section transversale et de tous autres points clés ou particularités importantes de l'emplacement.

Une vérification périodique, au minimum une fois par an et à l'occasion de tout déplacement du limnimètre, doit également être effectuée en ce qui concerne les hauteurs et les positions relatives déterminées au moment de la vérification définitive.

8. ÉTALONNAGE DE LA STATION

8.1 Généralités

Le but d'une station de jaugeage est de permettre de connaître le débit d'une rivière ou d'un canal découvert. Dès que l'on dispose de la courbe hauteur-débit, le débit sera connu par lecture du limnimètre ou du limnigraphe. Les opérations nécessaires pour obtenir cette relation sont dites "étalonnage de la station".

8.1.1 *Mesure du débit pour l'étalonnage.* Le débit sera mesuré conformément aux Recommandations ISO qui s'y rapportent*. Les écarts peuvent également être déterminés à partir de ces Recommandations ISO.

La prospection de l'emplacement doit être conduite de manière plus détaillée que s'il ne s'agissait que de simples mesures de débit. Une attention particulière doit être apportée à l'éventualité de variations du lit du chenal pouvant affecter la courbe hauteur-débit.

NOTES

1. Très peu de rivières ont des caractéristiques qui sont parfaitement stables. Pour cela, l'étalonnage ne peut donc être établi une fois pour toutes, mais il doit être répété à des intervalles dépendant de l'importance des variations de la courbe hauteur-débit. Il est recommandé d'effectuer les mesures aussi souvent que possible aux niveaux les moins fréquemment atteints.
2. Dans le cas d'une rivière instable, la relation hauteur-débit varie plus souvent, surtout après les crues. Les mesures de débit doivent donc être faites à des intervalles plus rapprochés pendant ces périodes.

8.1.2 *Déversoirs à échancrure, déversoirs et canaux jaugeurs.* Dans le cas de déversoirs à échancrure, de déversoirs et de canaux jaugeurs, les opérations prescrites ci-dessus ne sont normalement pas nécessaires car la relation hauteur-débit peut avoir été déterminée par des essais de laboratoire.

Cependant, leurs conditions de fonctionnement doivent être contrôlées de temps en temps

- a) par des mesures du débit afin de s'assurer que l'étalonnage supposé est applicable et qu'ils rendent réellement compte de tout le débit passant par la section;
- b) par des mesures directes des dimensions afin de contrôler la stabilité.

* Voir les Recommandations ISO/R 555 et ISO/R 748 ainsi que le Projet de Recommandation ISO N° 1438.

8.2 Etablissement de la courbe hauteur-débit et de la table d'étalonnage

8.2.1 Station de jaugeage simple

- 8.2.1.1 COURBE HAUTEUR-DÉBIT – CHENAUX STABLES. Les débits figureront en abscisses et les hauteurs correspondantes en ordonnées et la courbe hauteur-débit devra être tracée régulièrement en reliant les points obtenus. La hauteur inscrite sur le graphique doit être la hauteur moyenne correspondant à la période de mesure du débit.

La courbe doit être construite à partir d'un nombre suffisant de mesures convenablement réparties sur toute la gamme des niveaux, chacune étant effectuée de préférence à un niveau stable. Le nombre de mesures nécessaires pour construire la courbe dépend de la gamme à considérer, de la forme de la courbe hauteur-débit et de la précision souhaitée (voir paragraphe A.5.3 de l'Annexe A).

Les mesures doivent être plus rapprochées dans la partie basse de la courbe et le tracé de la courbe doit être vérifié par l'une des méthodes décrites dans l'Annexe A. Quand les mesures sont effectuées à niveaux montants et descendants, elles doivent être affectées de symboles appropriés et il doit y avoir à peu près le même nombre de chacune d'elles à des niveaux correspondants, de façon à permettre le tracé d'une courbe moyenne convenable.

Afin d'avoir au moins une mesure à la pointe de la crue ou à proximité de cette pointe, il est souhaitable d'accroître la fréquence des mesures lorsque la pente de l'hydrogramme s'atténue de façon caractérisée à la pointe ou à proximité de cette pointe.

- 8.2.1.2 COURBE HAUTEUR-DÉBIT – CHENAUX INSTABLES. Dans le cas de chenaux instables, la relation hauteur-débit ne demeure pas stable et de fréquentes modifications du "contrôle hydraulique" se produisent pendant et après les périodes de crues. De même dans le cas de chenaux instables, les relations hauteur-débit particulières qui prévalent pendant les différentes périodes peuvent être utilisées pour estimer les débits à partir des niveaux enregistrés durant les périodes pour lesquelles aucune mesure de débit n'est disponible. Les débits pendant l'année hydraulique sont portés en abscisses et les niveaux correspondants en ordonnées; chaque point est indiqué par ordre chronologique. La position des points doit être examinée pour déceler des variations du contrôle hydraulique, en fonction de leur ordre chronologique. Des courbes régulières doivent être tracées séparément pour chaque période ne comportant aucune variation du contrôle hydraulique. C'est ainsi que l'on peut avoir plus d'une courbe pour les périodes de crue et de décrue de la même année hydraulique, ceci pour un chenal instable affecté par des envasements et par des affouillements.
- 8.2.1.3 MÉTHODES DE CONTRÔLE DES COURBES HAUTEUR-DÉBIT. Les courbes doivent toujours exprimer objectivement la relation hauteur-débit et l'on doit donc contrôler l'absence d'erreurs systématiques et la validité de l'ajustement durant les périodes comprises entre les variations du contrôle hydraulique, ainsi que les variations de ce contrôle. Les méthodes pour déceler les variations du contrôle hydraulique des courbes hauteur-débit, résultant soit de transformations physiques des caractéristiques du chenal, soit de changements fortuits au cours du temps, ont été également indiquées au paragraphe A.5.8 de l'Annexe A.

Pour les chenaux stables, lorsque le contrôle hydraulique est uniforme et demeure inchangé, il est possible d'établir une courbe mathématique. Celle-ci peut être tracée comme indiqué au paragraphe A.5.10 de l'Annexe A. Mais le plus fréquemment, même pour les chenaux stables, lorsque la courbe a été tracée à l'estime, par exemple, lorsque la section n'est pas uniforme, les essais décrits pour les chenaux instables deviennent également nécessaires.

Dans le cas de chenaux naturels instables, on procède à des contrôles variés aux différents niveaux de différentes années, de sorte que non seulement les courbes relatives aux crues et aux décrues sont différentes les unes des autres et d'une année à l'autre, mais elles présentent encore des inflexions et des discontinuités résultant des variations du contrôle hydraulique correspondant à un même niveau. Le travail démesuré impliqué par l'établissement de courbes complexes de degré élevé interdit pratiquement leur utilisation. Les courbes de crue et de décrue les mieux établies sont donc tracées à l'estime et doivent, par conséquent, être vérifiées au point de vue de l'absence de déviation et de l'exactitude du tracé, et ceci séparément pour chaque portion de courbe entre les variations du contrôle hydraulique.

Pour l'absence de déviation, il y a deux épreuves. Dans l'une on vérifie si la courbe satisfait cette exigence de base qu'un nombre sensiblement égal de points doivent être situés au-dessus et au-dessous de toute courbe sans déviation, de sorte qu'il n'y ait plus d'écart que ceux dus à des variations fortuites (épreuve 1, paragraphe A.5.6.1). Dans l'autre épreuve, on vérifie la condition que la somme algébrique des écarts en pourcentage entre les débits observés et la courbe sans déviation ne soit pas significativement différente de 0 en comparant la moyenne des écarts en pourcentage avec l'erreur-type (épreuve 3, paragraphe A.5.6.3).

Pour l'exactitude du tracé, l'épreuve consiste à vérifier qu'un changement de signe des écarts (c'est-à-dire la valeur observée moins celle donnée par la courbe) est aussi vraisemblable qu'un non changement de signe. Cette épreuve permet également de déceler les variations du contrôle hydraulique pour différents niveaux (épreuve 2, paragraphe A.5.6.2).

Les épreuves indiquées ci-dessus sont décrites en détails au paragraphe A.5.6 de l'Annexe A avec des exemples expliquant leur application.

- 8.2.1.4 **TABLE D'ÉTALONNAGE.** Une table d'étalonnage doit être établie à partir de la courbe hauteur-débit, ou de son équation, de manière à indiquer, dans l'ordre croissant, les hauteurs et les débits correspondants; leur nombre est fonction de la précision souhaitée.

8.2.2 Stations de jaugeage doubles

- 8.2.2.1 **COURBE HAUTEUR-DÉBIT.** L'installation d'une station de jaugeage simple est impossible dans tous les cas où l'écoulement dans le bief est fonction de conditions existant dans un autre bief (amont ou aval), que l'écoulement y varie sous l'effet de causes naturelles (élévation du niveau de l'eau d'un affluent, obstruction, etc.) ou sous l'effet de causes artificielles (barrage de navigation à vannes mobiles, installations hydro-électriques, etc.). Il est toutefois possible d'obtenir une mesure du débit au moyen de deux limnimètres placés dans le même bief par la méthode de la pente de la ligne d'eau. Pour toute paire de valeurs des niveaux, z_0 et z_1 , lues sur chacune des échelles, il n'existe qu'une seule valeur de débit Q correspondante, à condition qu'entre-temps la topographie et la rugosité du lit n'aient pas varié dans ce même bief, entre les échelles.

Le report des mesures hauteur-débit, avec la valeur de la dénivellation correspondant à chaque mesure, indique si le rapport est modifié par la variation de la pente pour tous les niveaux ou s'il est seulement modifié lorsque la dénivellation descend au-dessous d'une valeur déterminée. En l'absence de tout contrôle hydraulique, le débit est fonction, à chaque instant, de la dénivellation, et la correction est effectuée comme indiqué dans la méthode de dénivellation constante définie dans l'Annexe C. Quand le débit n'est modifié que pour des dénivellations inférieures à une valeur déterminée, on applique la méthode de la dénivellation normale qui est aussi donnée dans l'Annexe C.

- 8.2.2.2 **TABLE D'ÉTALONNAGE.** La complexité de la relation ne permet pas, en général, de s'en servir facilement pour dresser une table d'étalonnage et l'on recommande de déduire les valeurs des graphiques correspondants.

8.3 Vérification de la relation hauteur-débit

Si l'on se conforme aux prescriptions du paragraphe A.5.1, il n'est pas nécessaire de procéder à une vérification effective. Dès que l'on dispose, après une ou plusieurs années, d'un nombre suffisant de mesures pour toute la gamme des débits, on trace la courbe. En utilisant à nouveau le procédé, il sera possible, après une certaine période, de tracer une nouvelle courbe. Lorsqu'une variation est décelée, par ce moyen, dans un chenal instable, on trace une nouvelle courbe qui sert de référence pour la période précédant la détection d'une autre variation. Chaque courbe est la courbe d'étalonnage qui sert de référence durant la période de mesures suivante. En comparant les courbes successives et en notant les variations il est possible de déterminer, pour l'avenir, la fréquence des mesures à faire et les périodes durant lesquelles une certaine courbe hauteur-débit peut être considérée comme valable.

Dans les cas où l'on ne peut obtenir les mesures régulières requises pour l'application de la méthode ci-dessus, la méthode de vérification suivante est recommandée. La courbe de la relation hauteur-débit doit être vérifiée au moyen de mesures de débit effectuées de temps en temps à bas niveau et à niveau moyen ou haut, et toujours pendant et après les crues importantes. Si l'on observe une différence importante avec la courbe hauteur-débit établie précédemment, de nouveaux contrôles doivent être effectués. Si la différence se confirme, un nombre suffisant de mesures de débit doit être effectué pour déterminer la zone dans laquelle la relation hauteur-débit s'est modifiée et une nouvelle courbe hauteur-débit doit être tracée.