

# NORME INTERNATIONALE

ISO  
8316

Première édition  
1987-10-01



---

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

---

## Mesure de débit des liquides dans les conduites fermées — Méthode par jaugeage d'un réservoir volumétrique

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

*Measurement of liquid flow in closed conduits — Method by collection of the liquid  
in a volumetric tank*

ISO 8316:1987

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/410fc9fe-bd07-41fe-a1e1-3f2834fdc279/iso-8316-1987>

Numéro de référence  
ISO 8316:1987 (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 normalement 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.

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. Les Normes internationales sont approuvées conformément aux procédures de l'ISO qui requièrent l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 8316 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 30, *Mesure de débit des fluides dans les conduites fermées*.

[ISO 8316:1987](#)

L'attention des utilisateurs est attirée sur le fait que toutes les Normes internationales sont de temps en temps soumises à révision et que toute référence faite à une autre Norme internationale dans le présent document implique qu'il s'agit, sauf indication contraire, de la dernière édition.

## Sommaire

	Page
1 Objet et domaine d'application .....	1
2 Références .....	1
3 Symboles et définitions .....	1
4 Principe .....	2
5 Appareillage .....	5
6 Mode opératoire .....	7
7 Calcul du débit .....	8
8 Détermination de l'incertitude globale sur une mesure de débit .....	9

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 8316:1987  
Annexes

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/410fc9fe-bd07-41fe-a1e1-3f83461-279/iso-8316-1987>

A Corrections sur la mesure du temps de remplissage .....	12
B Masse volumique de l'eau pure à la pression atmosphérique normale de 101,325 kPa .....	16
C Exemple d'installation volumétrique mettant en œuvre la méthode de jaugeage dynamique .....	16
D Exemple d'installation volumétrique mettant en œuvre la méthode de démarrage-arrêt .....	17
E Distribution de $t$ de Student .....	20

Page blanche

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

ISO 8316:1987

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/410fc9fe-bd07-41fe-a1e1-3f2834fdc279/iso-8316-1987>

# Mesure de débit des liquides dans les conduites fermées — Méthode par jaugeage d'un réservoir volumétrique

## 1 Objet et domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie la méthode de mesurage d'un débit de liquide en conduite fermée par la détermination du volume de liquide parvenant dans une capacité jaugée au cours d'un certain laps de temps. Elle traite en particulier de l'appareillage de mesure, du mode opératoire, du mode de calcul du débit et de la détermination des incertitudes sur les résultats de mesure.

Telle qu'elle est décrite, la méthode peut être appliquée à tout liquide, à condition

- a) que sa pression de vapeur saturante soit suffisamment faible pour que la perte de liquide par évaporation dans la capacité jaugée n'affecte pas la précision de mesure recherchée;
- b) que sa viscosité soit suffisamment faible pour ne pas fausser ou retarder exagérément la mesure du niveau dans la capacité jaugée;
- c) qu'il ne soit ni agressif, ni toxique.

Il n'y a pas de limite de principe à l'emploi de la présente méthode, mais pour des raisons pratiques, celle-ci n'est généralement utilisée que pour des débits inférieurs à 1,5 m<sup>3</sup>/s environ et dans des installations fixes de laboratoire. Il existe cependant une variante de cette méthode qui utilise comme réservoir jaugé un bassin de retenue, naturel ou artificiel, mais cette application ne fait pas l'objet de la présente Norme internationale.

Du fait de la grande précision qu'elle peut atteindre, cette méthode est souvent utilisée comme méthode primaire pour étalonner d'autres méthodes ou appareils de mesure du débit-volume ou du débit-masse, sous réserve pour ce dernier que la masse volumique du liquide soit connue avec précision.

Si l'installation de mesure par jaugeage volumétrique est utilisée pour les besoins de la métrologie légale, elle doit être agréée par les services métrologiques nationaux. De telles installations sont alors soumises à des inspections périodiques, à intervalles fixes. En l'absence de service métrologique national, une certification des mesures physiques de base (longueurs, temps et températures) et une analyse des erreurs selon les prescriptions de la présente Norme internationale et de l'ISO 5168 peuvent tenir lieu d'agrément au regard de la métrologie légale.

L'annexe A fait partie intégrante de la présente Norme internationale. Les annexes B à E ne sont données toutefois qu'à titre d'information.

## 2 Références

- ISO 4006, *Mesure de débit des fluides dans les conduites fermées — Vocabulaire et symboles.*
- ISO 4185, *Mesure de débit des liquides dans les conduites fermées — Méthode par pesée.*
- ISO 4373, *Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Appareils de mesure du niveau de l'eau.*
- ISO 5168, *Mesure de débit des fluides — Calcul de l'erreur limite sur une mesure de débit.*

Tableau 1

Symbole	Grandeur	Dimensions	Unité SI
$e_R$	Incertitude aléatoire, en valeur absolue	*	*
$E_R$	Incertitude aléatoire, en valeur relative	—	—
$e_S$	Incertitude systématique, en valeur absolue	*	*
$E_S$	Incertitude systématique, en valeur relative	—	—
$q_m$	Débit-masse	MT <sup>-1</sup>	kg/s
$q_V$	Débit-volume	L <sup>3</sup> T <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> /s
$t$	Temps de remplissage du réservoir	T	s
$V$	Volume stocké dans le réservoir	L <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
$z$	Niveau du liquide dans le réservoir	L	m
$\rho$	Masse volumique du liquide	ML <sup>-3</sup>	kg/m <sup>3</sup>

\* Les dimensions et les unités sont celles de la grandeur considérée.

### 3 Symboles et définitions

#### 3.1 Symboles (voir également ISO 4006)

#### 3.2 Définitions

Dans le cadre de la présente Norme internationale, les définitions données dans l'ISO 4006 sont applicables. Les définitions suivantes ne sont données que pour des termes employés dans un sens spécial ou dont il semble utile de rappeler la signification. Les définitions de certains termes relatifs à l'analyse des erreurs sont données dans l'ISO 5168.

**3.2.1 jaugeage statique:** Méthode par laquelle le volume net du liquide écoulé est déduit de mesures du niveau permettant de déterminer les volumes contenus dans le réservoir, d'une part avant la déviation de l'écoulement vers le réservoir et d'autre part après sa déviation du réservoir vers le circuit de contournement après un laps de temps déterminé.

**3.2.2 jaugeage dynamique:** Méthode par laquelle le volume net du liquide écoulé est déduit de mesures de capacité faites pendant que le liquide s'écoule dans le réservoir (avec cette méthode, un partiteur n'est pas nécessaire).

**3.2.3 partiteur:** Dispositif qui oriente l'écoulement soit vers le réservoir jaugé soit vers son circuit de contournement sans perturber le débit au cours de la mesure.

**3.2.4 stabilisateur de débit:** Dispositif inséré dans le circuit de mesure assurant dans le circuit un écoulement stable. Ce peut être, par exemple, un bac à niveau constant dans lequel le niveau est réglé par une arête déversante suffisamment longue.

### 4 Principe

#### 4.1 Exposé du principe

##### 4.1.1 Méthode de jaugeage statique

Le principe de la méthode de mesure d'un débit par jaugeage volumétrique statique (voir le schéma type d'une installation à la figure 1) consiste à :

- déterminer le volume initial de liquide contenu dans le réservoir;
- détourner l'écoulement vers celui-ci puis, lorsqu'on considère que le réservoir contient une quantité de liquide suffisante pour obtenir la précision recherchée, le détourner à nouveau hors de celui-ci, à l'aide d'un partiteur commandant un chronomètre pour la mesure du temps de remplissage;
- déterminer le volume final de liquide contenu dans le réservoir. Les volumes contenus à l'instant initial et à l'instant final sont obtenus à partir des lectures du niveau du liquide dans le réservoir et des résultats d'un étalonnage préalable fournissant la relation hauteur-volume.

Calculer alors le débit à partir du volume de liquide recueilli et du temps de remplissage comme indiqué au chapitre 7.

Une variante de cette méthode consiste à utiliser deux réservoirs jumelés que l'on remplit successivement (voir 6.3). Une autre variante, décrite à l'annexe E, utilise une vanne au lieu d'un partiteur pour diriger l'écoulement vers le réservoir volumétrique et pour l'en dévier.

Si une vanne est utilisée au lieu d'un partiteur, il faut prendre les précautions pour que le débit ne change pas pendant la manœuvre de la vanne.

##### 4.1.2 Méthode de jaugeage dynamique

Le principe de la méthode de mesure d'un débit par jaugeage volumétrique dynamique (voir le schéma type d'une installation à la figure 2) consiste à :

- recueillir le liquide dans le réservoir jusqu'à atteindre un niveau, et donc un volume initial, préalablement choisi, auquel le chronomètre est déclenché;
- arrêter le chronomètre lorsqu'un niveau final, et donc un volume final, préalablement choisi, est atteint et dévier le liquide recueilli.

Calculer alors le débit comme indiqué au chapitre 7.

##### 4.1.3 Comparaison du débit moyen et du débit instantané

Il faut souligner que seule la valeur moyenne du débit pendant la durée du remplissage peut être obtenue par la méthode de jaugeage volumétrique. Les valeurs instantanées du débit, fournies par un autre instrument placé dans le circuit, ne peuvent être comparées à cette valeur moyenne que si le régime est stable pendant la durée de la mesure, ce qui sera assuré par un dispositif de stabilisation de l'écoulement, ou si les valeurs instantanées sont convenablement moyennées pendant toute la durée du remplissage.

#### 4.2 Précision de la méthode

##### 4.2.1 Incertitude globale sur la mesure par jaugeage volumétrique

Le jaugeage volumétrique est une méthode de mesure du débit qui ne nécessite en principe que des mesures de niveau et de temps. À condition que soient prises les précautions énumérées en 4.2.2, cette méthode peut être considérée comme l'une des plus précises, après la méthode par pesée, des méthodes de mesure du débit, et c'est à ce titre qu'elle est souvent utilisée comme méthode étalon. Avec une installation construite, entretenue et utilisée avec soin, on peut obtenir une incertitude (au niveau de confiance de 95 %) de l'ordre de  $\pm 0,1\%$  à  $\pm 0,2\%$ .

##### 4.2.2 Conditions à respecter pour une mesure précise

La méthode volumétrique fournit une mesure précise du débit à condition :

- a) qu'il n'existe ni fuite dans le circuit, ni écoulement parasite à travers le partiteur;

b) que la conduite soit entièrement remplie de liquide dans la section de mesurage et qu'il n'existe pas, entre celle-ci et le réservoir volumétrique, de poche d'air ou de vapeur;

c) qu'il ne se produise pas d'accumulation (ni de restitution) de liquide dans une portion du circuit par contraction (ou expansion) thermique ou par variation du volume de vapeur ou de gaz dans le circuit à l'insu de l'opérateur;

d) qu'on ait veillé à éviter toute fuite ou apport dans le réservoir, absorption de liquide par les parois ou leur revêtement, déformation des parois, etc.;

e) que la relation niveau-volume du réservoir ait été établie par empotage de volumes connus ou par calcul à partir de mesures dimensionnelles du réservoir, comme il est précisé en 5.5;

f) que le chronomètre, son dispositif de commande et l'appareillage de mesure des niveaux assurent la précision requise;

g) que le temps de basculement du partiteur (dans la méthode statique) soit petit par rapport à la durée de remplissage, le chronomètre étant mis en marche et arrêté lorsque le partiteur traverse la veine moyenne de l'écoulement. Les instants du démarrage et de l'arrêt du chronomètre doivent être contrôlés et éventuellement réajustés conformément à l'annexe A;

h) que la température du liquide s'écoulant dans le débitmètre à étalonner soit identique à celle du liquide recueilli dans le réservoir volumétrique ou bien qu'elle soit mesurée et que les corrections correspondantes soient apportées.

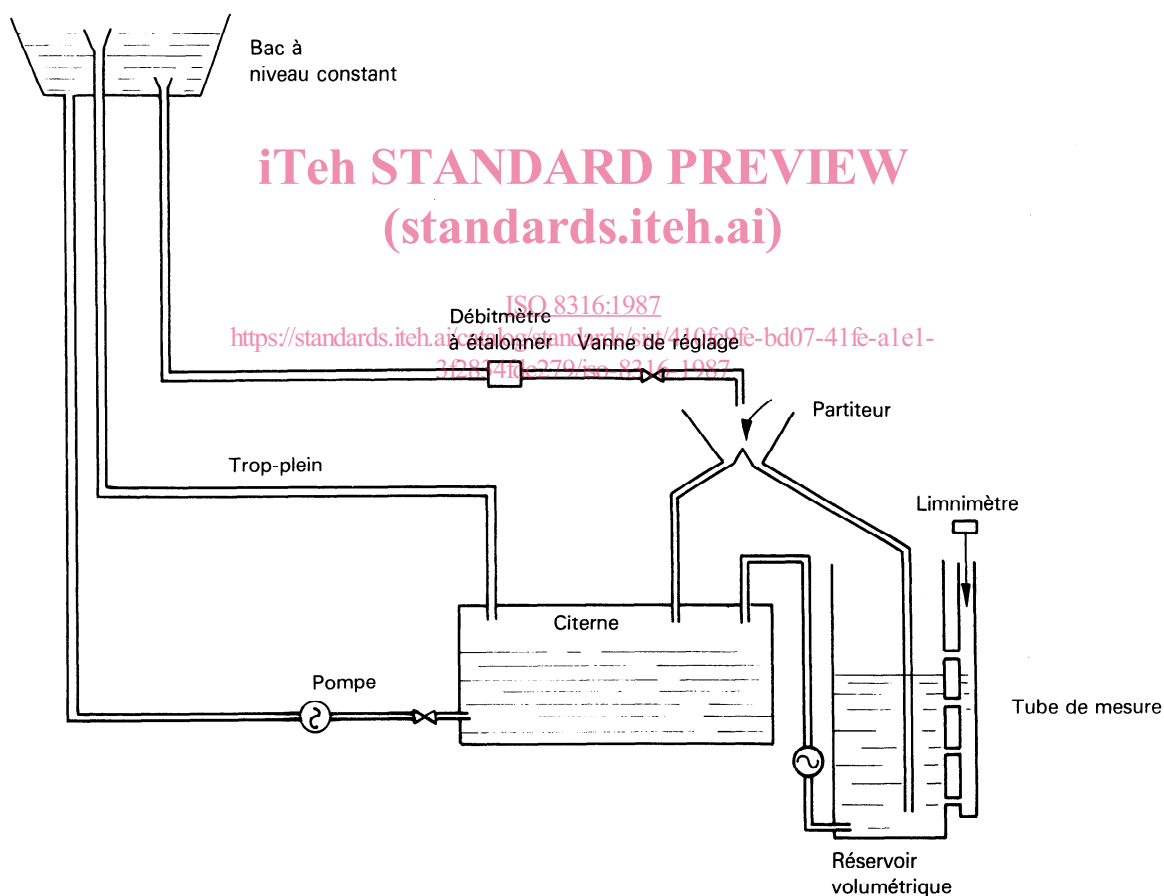


Figure 1 — Schéma type d'une installation de jaugeage volumétrique par la méthode statique

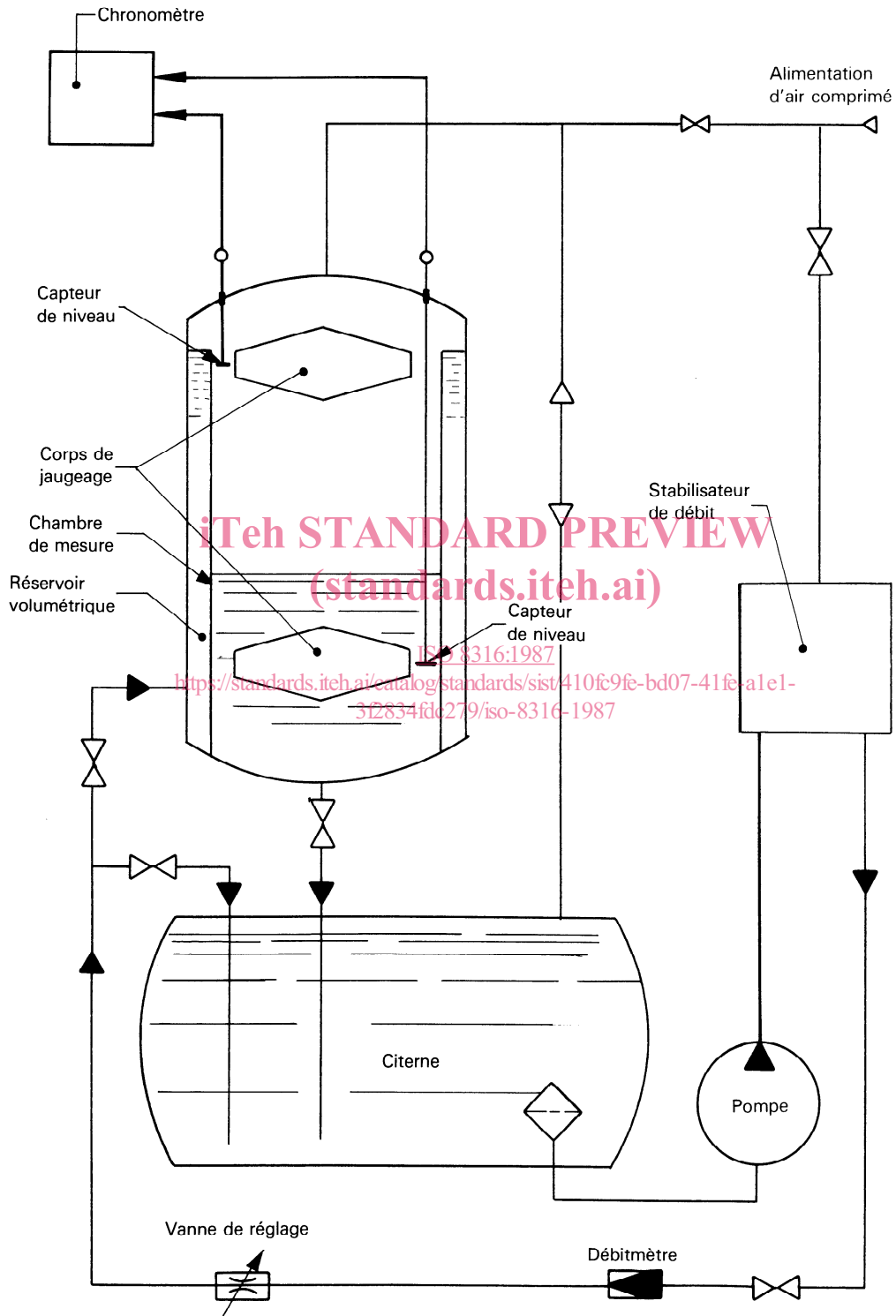


Figure 2 — Schéma type d'une installation de jaugeage volumétrique par la méthode dynamique



## 5 Appareillage

### 5.1 Partiteur

Le partiteur est un dispositif mobile permettant de diriger alternativement l'écoulement soit vers son cours normal soit vers le réservoir. Il peut être constitué par une conduite ou une goutte mobile, ou par un déflecteur pivotant autour d'un axe horizontal ou vertical (voir figure 3).

Le mouvement du partiteur doit être suffisamment rapide (moins de 0,1 seconde par exemple) pour réduire la possibilité de commettre une erreur significative sur la mesure du temps de remplissage. Ceci est obtenu en faisant en sorte que le partiteur traverse rapidement l'écoulement en forme de lame mince, tel qu'il est issu d'un ajutage se terminant par une fente rectangulaire. Généralement, cette lame a une largeur de 15 à 50 fois son épaisseur dans le sens du déplacement du partiteur. La perte de pression dans l'ajutage ne doit pas excéder 20 kPa afin d'éviter des rejaillissements, des entraînements d'air<sup>1)</sup>, des écoulements à travers le partiteur et des turbulences dans le réservoir. Le mouvement du partiteur peut être obtenu par différents dispositifs mécaniques, électriques ou électromécaniques, par exemple par un ressort ou une barre de torsion ou par

un moteur électrique ou pneumatique. Le partiteur ne doit en aucune manière influencer sur l'écoulement dans le circuit durant une quelconque phase des mesures.

Toutefois, pour les débits importants qui pourraient mettre en jeu des efforts excessifs, on peut utiliser un partiteur à manœuvre relativement lente (1 à 2 s par exemple) à condition que la loi de manœuvre soit immuable et que la variation de la répartition du débit en fonction de la course du partiteur soit de préférence linéaire, mais de toute manière connue et contrôlable. Toute hystérésis entre les deux directions de déplacement du partiteur doit aussi être contrôlée.

Il faut veiller très soigneusement au moment de la conception mécanique du partiteur et du dessin du déflecteur à ce qu'il ne se produise ni fuite ni rejaillissement vers l'extérieur quand le liquide est évacué soit du réservoir volumétrique soit d'un canal du partiteur vers l'autre. Cette condition doit être fréquemment vérifiée pendant le fonctionnement.

Outre de tels ajutages à lame mince, il est permis d'alimenter le partiteur par un ajutage de forme différente, à condition d'appliquer les corrections sur le temps de remplissage comme indiqué à l'annexe A.

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

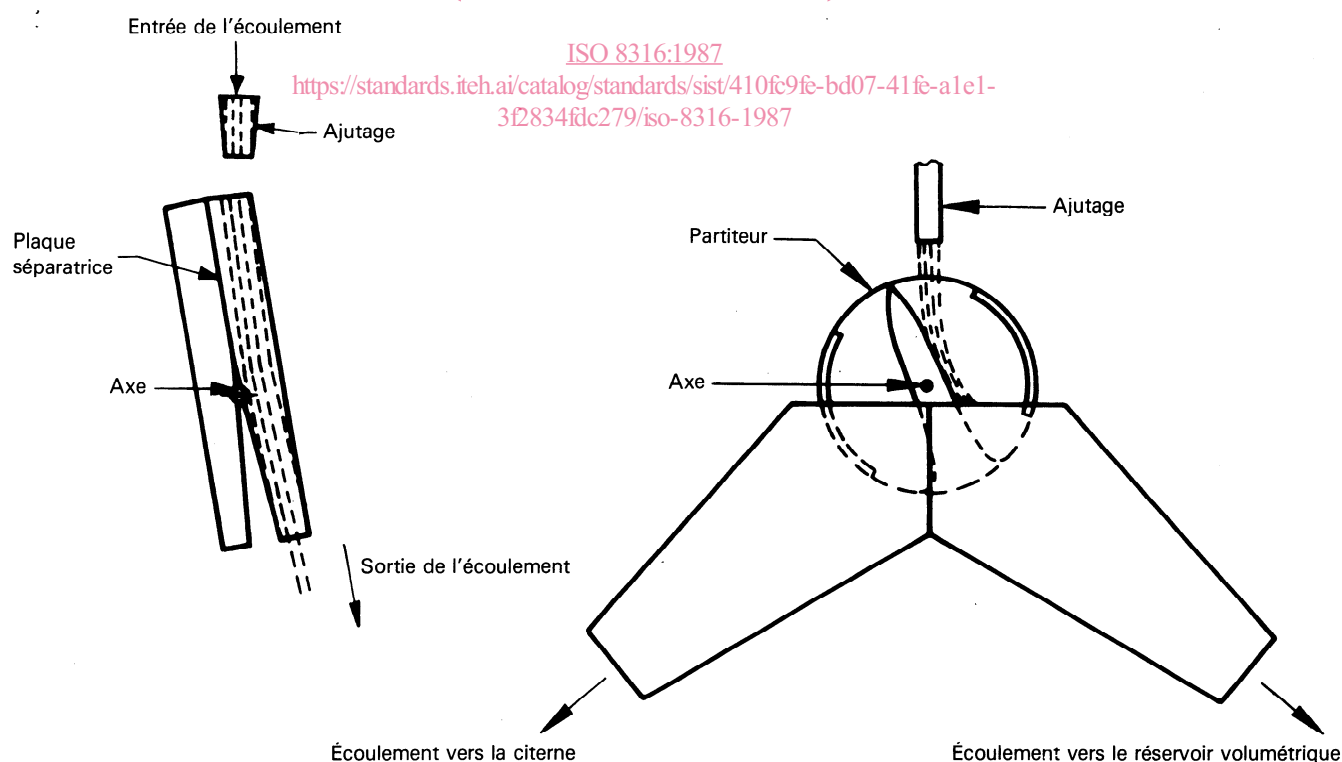


Figure 3 — Exemples de réalisation d'un partiteur

1) Cependant, avec certaines formes d'ajutage, des événements spéciaux permettant à l'air de pénétrer sous le jet peuvent être nécessaires pour assurer un écoulement stable dans le circuit de mesure.

## 5.2 Appareillage de mesure du temps

La durée de remplissage du réservoir est généralement mesurée par comptage électronique avec une base de temps de précision, telle qu'un cristal de quartz, incorporée. La durée de remplissage peut ainsi être lue à 0,01 s près au moins. L'erreur provenant de cette source peut être considérée comme négligeable à condition que l'affichage du chronomètre ait un échelon suffisamment petit et que l'appareillage soit contrôlé périodiquement par comparaison à une horloge étalon, par exemple les signaux de fréquence transmis par certains postes-émetteurs.

Le comptage du temps doit être commandé par le mouvement même du partiteur, à l'aide d'un dispositif optique ou magnétique, ou de tout autre dispositif convenable porté par celui-ci. Le chronométrage doit être déclenché (ou arrêté) à un instant tel que les zones hachurées sur la figure 4, qui représente la variation du débit dérivé en fonction du temps au cours de la manœuvre du partiteur, soient égales. En pratique, cependant, on admet que cet instant correspond à la mi-course du partiteur à travers le jet. L'erreur ainsi commise sera généralement négligeable à condition que la durée de manœuvre du partiteur soit très faible par rapport à la durée de remplissage du réservoir.

Si toutefois l'erreur sur la durée de remplissage due à la manœuvre du partiteur, à la mise en marche et à l'arrêt du chronomètre n'était pas négligeable, une correction devrait être apportée conformément aux indications de l'annexe A.

## 5.3 Réservoir volumétrique

Le réservoir dans lequel s'écoule le liquide pendant la durée d'un mesurage est généralement, mais non obligatoirement, constitué par un cylindre à axe vertical en acier ou en béton fortement armé et revêtu d'un enduit étanche. Par la nature du

matériau et de son revêtement éventuel et par leur dimensionnement, les fonds et les parois du réservoir doivent être parfaitement rigides, indéformables et étanches. S'il est réalisé en excavation, il y a intérêt à ménager autour du réservoir un espace vide afin d'éviter toute déformation sous l'influence de la poussée des terres et de rendre visible toute fuite éventuelle. Les parois du réservoir doivent être lisses pour éviter toute rétention d'eau et assurer ainsi une vidange totale.

Le réservoir doit avoir une capacité suffisante pour rendre négligeables les erreurs commises sur le temps et sur les niveaux; en outre, le rapport de la hauteur du cylindre à son diamètre devra être assez grand, d'une part pour conduire à une bonne précision dans la détermination du volume de remplissage et d'autre part pour limiter les oscillations de la surface libre du liquide. Compte tenu des indications de 5.1 et 5.2, la variation minimale de niveau au plus fort débit prévu doit être d'au moins 1 m pour un temps de remplissage d'au moins 30 s. Toutefois, ces valeurs pourront être réduites à condition qu'on ait pu déterminer expérimentalement que la précision requise est respectée.

L'injection dans le réservoir, particulièrement lorsque celui-ci est de grandes dimensions, doit comporter un dispositif de guidage ayant pour objet de réduire l'entraînement d'air et de limiter les oscillations de l'eau.

La vidange du réservoir peut être effectuée

- soit par une vanne de fond dont la qualité de l'étanchéité doit pouvoir être contrôlée (décharge à l'air libre ou manchette transparente de la section de la conduite);
- soit par un siphon muni d'un dispositif de désamorçage efficace et contrôlable;
- soit par une pompe auto-amorçante ou immergée.

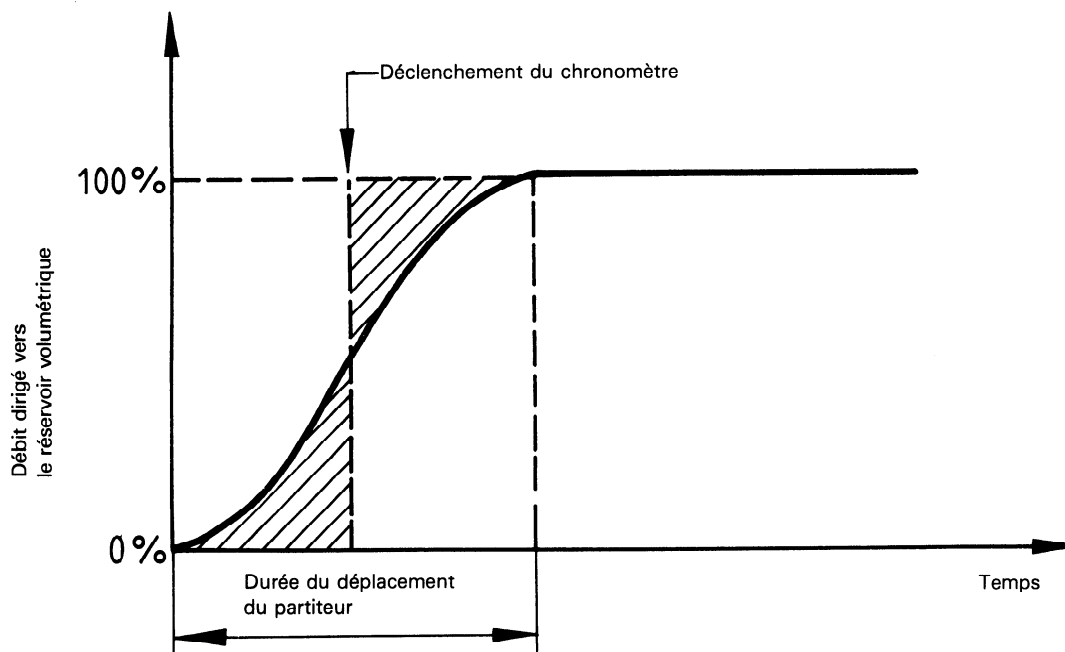


Figure 4 — Loi de fonctionnement du partiteur

Le débit de vidange doit être suffisant pour que les mesures puissent se succéder assez rapidement.

#### 5.4 Appareillage de mesure du niveau

La cote du plan d'eau peut être mesurée au moyen d'une pointe limnimétrique droite ou recourbée (éventuellement à contact électrique), d'un limnimètre à flotteur ou de tout autre dispositif fournissant une précision équivalente (pour les spécifications de ces appareils, voir ISO 4373).

Pour les grands débits, par suite des amplitudes relativement importantes des variations du plan d'eau, et afin d'amortir les oscillations de l'eau dans le réservoir, ces appareils devraient de préférence être installés dans un puits de mesure comportant une face transparente et muni d'une règle graduée fixe. Le puits devra être en communication avec le réservoir par un certain nombre d'orifices échelonnés sur toute la hauteur. Il doit avoir une section constante et suffisamment grande pour que les effets dus à la capillarité soient négligeables.

Des précautions doivent être prises pour éliminer les erreurs dues aux différences de température entre le réservoir et le puits de mesure, et à un amortissement incorrect des oscillations dans ce dernier.

#### 5.5 Étalonnage du réservoir volumétrique

Le plus grand soin doit être apporté à la détermination de la capacité du réservoir; ce tarage doit être vérifié régulièrement. Il est important comme spécifié en 5.3, que les dimensions du réservoir ne varient pas.

La méthode la plus précise est de procéder soit dans le cas de petits réservoirs transportables, par pesée de l'eau contenue dans le réservoir, soit, pour les grands réservoirs fixes, par totalisation des volumes successifs introduits à l'aide d'un jaugeur gradué. Celui-ci peut avoir la forme d'une pipette de telle sorte que le volume qu'il contient soit déterminé avec précision par le niveau de remplissage, ou bien son contenu peut être pesé.

On peut aussi déterminer la relation hauteur-volume en mesurant de façon précise les dimensions géométriques du réservoir. Il convient alors de faire un très grand nombre de mesures pour tenir compte de toutes les irrégularités des parois.

Si la température de fonctionnement varie suffisamment pour que des erreurs significatives puissent en résulter, les étalonnages devront être faits à différentes températures couvrant la plage des températures rencontrées en pratique.

Il est nécessaire de tenir compte de l'eau qui adhère, après vidange, aux parois du jaugeur gradué. Le volume de cette eau résiduelle varie avec le temps d'égouttage et un peu avec la température (à cause de la viscosité et de la tension superficielle). Il est indispensable d'attendre un certain temps, généralement de l'ordre de 30 s, pour que les parois du réservoir soient égouttées de manière constante.

Quelle que soit la méthode utilisée, on établira une courbe ou de préférence une table d'étalonnage donnant les volumes en

fonction des niveaux de l'eau, à des intervalles de niveau suffisamment serrés pour qu'une interpolation linéaire n'introduise pas d'erreur significative.

## 6 Mode opératoire

### 6.1 Méthode de jaugeage statique

Afin de tenir compte du liquide résiduel pouvant subsister dans le fond du réservoir ou adhérent aux parois, déverser d'abord dans le réservoir (ou laisser subsister en fin de vidange après la mesure précédente) une quantité de liquide suffisante pour dépasser le seuil d'utilisation du limnimètre et relever le niveau initial  $z_0$  (auquel correspond, selon la table d'étalonnage, un volume initial  $V_0$ ) pendant que l'écoulement est dirigé par le partiteur vers les citernes et que le régime se stabilise. Lorsqu'un régime stable est obtenu, manœuvrer le partiteur pour diriger l'écoulement vers le réservoir volumétrique, ce qui met automatiquement le chronomètre en marche.

Après avoir recueilli une quantité convenable de liquide, manœuvrer le partiteur en sens inverse pour ramener l'écoulement vers les citernes, ce qui arrête automatiquement le chronomètre et détermine donc le temps de remplissage  $t$ . Lorsqu'ont cessé les oscillations dans le réservoir, relever le niveau final  $z_1$ , auquel correspond, selon la table d'étalonnage, un volume final  $V_1$ . Procéder ensuite à la vidange du réservoir, à moins que le volume total de celui-ci ne soit suffisant pour permettre plusieurs mesures successives sans vidange intermédiaire.

### 6.2 Méthode de jaugeage dynamique

Si l'alimentation du réservoir se fait de façon très régulière et sans perturbation notable du plan d'eau, il est possible d'opérer comme suit. La vidange du réservoir étant fermée, lorsque le niveau de l'eau atteint une valeur prédéterminée  $z_0$  (à laquelle correspond, selon la table d'étalonnage un volume initial  $V_0$ ), mettre en marche le chronomètre. L'arrêter (automatiquement de préférence) lorsque le niveau atteint une seconde valeur prédéterminée  $z_1$ , à laquelle correspond, selon la table d'étalonnage un volume final  $V_1$ , et relever le temps de remplissage  $t$ , après quoi le réservoir peut être vidangé.

Selon le type d'appareillage utilisé, cette procédure peut être réalisée soit en positionnant successivement le limnimètre aux côtes  $z_0$  et  $z_1$  soit en enregistrant de façon continue le déplacement du limnimètre.

### 6.3 Méthode à deux réservoirs

Cette méthode permet de réduire l'erreur due au temps de commutation du débit ou si l'on désire totaliser les débits écoulés pendant une longue durée. On peut employer deux réservoirs jumelés ayant à peu près la même capacité, les mesures étant faites sur l'un d'eux pendant que l'autre se remplit. L'erreur sur le temps est alors réduite et l'erreur totale dépend en majeure partie de la précision de mesurage des volumes.