

P-14V1 – MÉTHODE DE MESURE DU DÉBIT D'UN EFFLUENT INDUSTRIEL EN CANALISATIONS OUVERTES OU NON EN CHARGE

1. Domaine d'application

Cette méthode régleme la mesure du débit d'un effluent industriel en canalisations ouvertes ou non en charge. L'objectif principal est d'exploiter les mesures effectuées en vue de piloter un échantillonneur automatique pour procéder à un échantillonnage séquencé proportionnel au débit. Les exigences techniques sont donc valables pour le placement d'un appareil de mesure ponctuelle (contrôle, calcul de la taxe) ainsi que pour l'installation d'un système à demeure pour un suivi journalier (autocontrôle).

Nous renvoyons aux constructeurs pour les installations fixes et pour la fourniture des courbes d'étalonnage utiles.

2. Introduction

Il existe deux types de mesures du débit :

- les mesures directes qui consistent en la mesure d'un profil de vitesses et d'une hauteur de liquide dans une section de géométrie connue ; l'intégration de la vitesse sur la section permet de calculer le débit ;
- les mesures indirectes qui consistent à mesurer la hauteur d'eau en amont d'un artefact permettant de lier directement cette hauteur d'eau au débit. Ces artefacts sont, soit un canal jaugeur, soit un seuil déversoir (en V, trapézoïdal, rectangulaire voire une combinaison).

3. Artefacts permettant la mesure indirecte du débit

Ces ouvrages créent une retenue en amont permettant de convertir une mesure de débit en simple mesure de hauteur d'eau. Ils sont de deux types :

- les déversoirs,
- les canaux jaugeurs.

3.1. Les déversoirs - principaux types

L'écran que constitue le déversoir provoque une remontée du niveau de l'eau à l'amont qui se stabilise à débit constant. La mesure de la hauteur à l'amont est donc proportionnelle au débit.

Déversoirs à parois minces

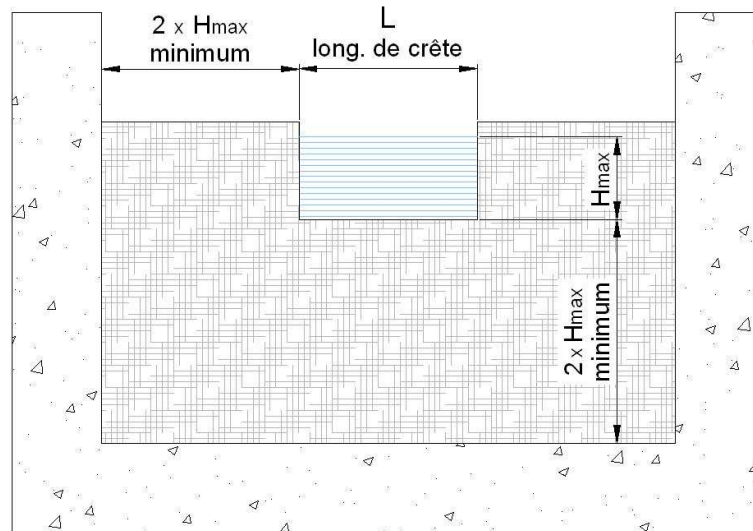
Un déversoir à paroi mince est qualifié comme tel lorsque la lame déversante n'est en contact avec la crête que suivant une ligne mince munie d'un bord de fuite à 45°. La lame d'eau doit se déverser librement vers l'aval avec création d'une zone d'air libre entre le déversoir et cette



lame. De ce fait, la hauteur d'eau à l'amont du déversoir ne dépend pas de la hauteur d'eau à l'aval.

Les types les plus couramment rencontrés sont :

- les *déversoirs à échancrure triangulaire* ; ce sont les plus précis pour les faibles débits avec une bonne étendue ; ils sont peu recommandés pour les flux élevés.

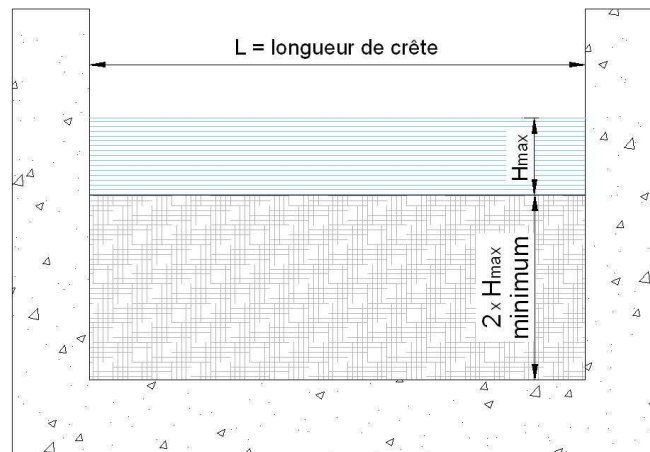


La formule liant la hauteur H à l'amont du déversoir au débit Q est de la forme :

$$Q = C \cdot H^{2.5}$$

avec C une constante dépendant de la géométrie du déversoir et des unités choisies.

- les *déversoirs à échancrure rectangulaire (sans contractions latérales)* ; peu précis et déconseillés pour les faibles débits, ils autorisent une étendue un peu moins large mais des débits maximum plus élevés. Cependant, l'absence de contractions latérales rend difficile une aération correcte sur les bords (imprécisions).

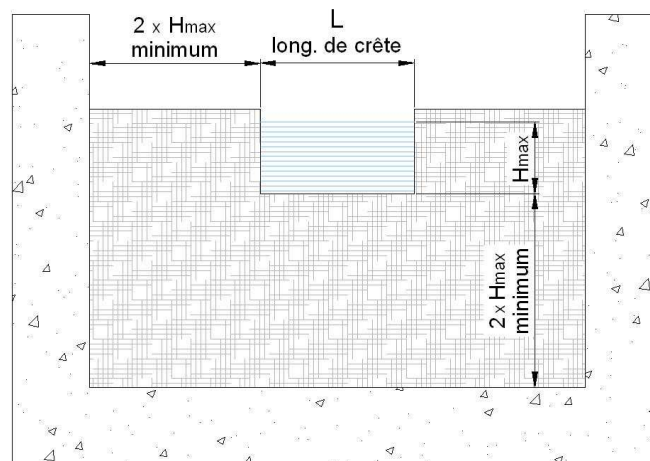


La formule liant la hauteur H à l'amont du déversoir au débit Q est de la forme :

$$Q = C * L * H^{1.5}$$

avec C une constante dépendant des unités choisies et L la largeur passante (largeur de crête).

- les *déversoirs à échancrure rectangulaire* (avec contractions latérales) ; idem sans contractures latérales mais les contractures latérales permettent une meilleure aération donc une meilleure exactitude.

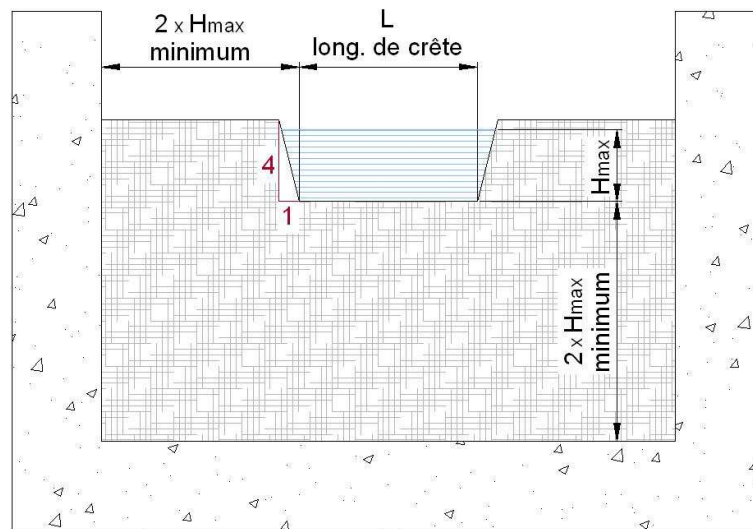


La formule liant la hauteur H à l'amont du déversoir au débit Q est de la forme :

$$Q = C * (L - 0.2 * H) * H^{1.5}$$

avec C une constante dépendant des unités choisies et L la largeur passante (largeur de crête).

- les *déversoirs à échancrure trapézoïdale* ; mêmes propriétés que les déversoirs à échancrure rectangulaire avec contractions latérales mais l'étendue du débit est un peu plus large au détriment de la précision.



Lorsque les côtés du trapèze ont une pente de 4/1, la formule liant la hauteur H à l'amont du déversoir au débit Q est de la forme :

$$Q = C * L * H^{1.5}$$

avec C une constante dépendant des unités choisies et L la largeur passante à la base (largeur de crête de base).

Autres

Il est possible de combiner plusieurs types de déversoirs par superposition ; on combine alors les formules en additionnant les débits en tenant compte d'une zone d'imprécision à chaque débordement d'un déversoir inférieur.

La gamme des débits concernée par la présente méthode ne requiert qu'exceptionnellement la mise en place de systèmes lourds comme les déversoirs à seuil épais. Ceux-ci sont donc volontairement ignorés.

3.2. Canaux jaugeurs

Il en existe de plusieurs types mais tous sont basés sur l'effet Venturi.

Un canal jaugeur modifie le cours rectiligne du conduit d'évacuation ; il est composé d'une partie convergente, d'une gorge où se fait l'effet Venturi et d'une section divergente d'évacuation. Les différentes sections peuvent présenter des pentes identiques ou différentes selon les types.

Le rétrécissement dans la gorge provoque une augmentation du niveau à l'amont qui se stabilise à débit constant créant ainsi un déversoir sans écran. La mesure de la hauteur à l'amont est donc proportionnelle au débit.

3.3. Comparaison succincte entre déversoirs et canaux jaugeurs

A taille égale, un canal jaugeur permet une beaucoup plus large étendue du débit qu'un déversoir. Il ne constitue pas un piège à sédiments et est donc beaucoup plus facile à entretenir. Cependant, il est plus cher à l'installation. L'augmentation de hauteur dans un canal jaugeur étant moins importante que dans un déversoir pour couvrir une plage de débits plus large, la précision est moins bonne.

3.4. Puits de mesure

Un puits de mesure consiste en une cavité latérale reliée au conduit d'évacuation par un canal de section faible ; ce canal peut être sous-marin ou (et) équipé d'une grille.

Le but de ce puits est d'éviter :

- l'effet de vaguelettes,
- l'ensablement ou l'obstruction du canal dans lequel est pratiquée la mesure de hauteur,
- l'effet de moussants éventuels.

4. Mesure du débit

Les mesures du débit sont pratiquées

- soit directement en mesurant la vitesse et la hauteur d'eau,
- soit indirectement au moyen de dispositifs tels que décrits au point 3.

Indépendamment et selon les techniques mises en oeuvre, les sondes utilisées sont

- soit immergées avec les risques de sédimentation, voire même d'accrochage de déchets plus importants en taille dans les liquides chargés ;
- soit émergées avec d'autres risques d'interférences (mousse, vent).

4.1. Types de sondes permettant des mesures directes (vitesse et hauteur d'eau combinées)

Sonde immergée

- Certaines *sondes électromagnétiques jumelées à une jauge pressiométrique* permettent de mesurer la vitesse instantanée par effet Doppler dans une zone d'écoulement proche du fond ainsi que la hauteur d'eau dans le canal. La combinaison de la vitesse mesurée sur toute la section, de la hauteur d'eau dans le conduit et de la connaissance de la géométrie de celui-ci permettent le calcul du débit instantané.

Cette technique exige un minimum de particules en suspension dans le liquide afin de permettre la réflexion des ondes ; un liquide trop chargé empêche cependant ces mêmes réflexions. On ne peut donc envisager le placement de ce genre de sondes dans des effluents mixtes industriels et sanitaires sans risque majeur d'obstruction.

Sonde émergée

- La technologie « *RADAR* », grâce à une sonde suspendue au dessus de l'effluent, permet de mesurer la vitesse moyenne du liquide ; couplée à une sonde ultrasonique, on détermine la distance qui sépare la sonde de la surface ; moyennant la connaissance de la géométrie du canal, on connaît le débit.

Le coût de ce type de sonde est très élevé. De par la présence de la sonde ultrasonique, la technique ne convient pas pour les liquides moussants ; elle est également sensible au vent.

Certaines sondes radar n'utilisent pas de sonde ultrasonique et s'affranchissent ainsi davantage des défauts de celle-ci (mousse, vent,...).

4.2. Types de sondes permettant des mesures indirectes (hauteur d'eau uniquement)

Sondes immergées

- *Sondes pressiométriques* : la hauteur d'eau est mesurée par mesure de la pression en tenant compte de la densité du fluide. Les systèmes les plus fréquents sont les capteurs piézométriques et les capteurs de contrepression de bullage.

Ces mesures sont sujettes aux variations de la pression atmosphérique.

Sondes émergées

- *Sonde ultrasonique* : un capteur situé hors de l'effluent émet un son d'une fréquence supérieure à 20 kHz ; l'onde est réfléchiée à la surface du fluide et est reçue par un capteur qui mesure le déphasage avec le signal de sortie. On détermine ainsi la distance entre le capteur et la surface du liquide.

Cette technique est robuste mais peu précise ; elle ne convient pas pour les liquides moussants. Elle est également sensible au vent.

- Il existe des *sondes mécaniques* à flotteur qui sont citées pour mémoire, celles-ci n'étant plus guère d'actualité.

5. Placement des sondes

5.1 En fonction du type de sonde

Sonde ultra-son

La sonde ultra-son doit être placée verticalement par apport à la surface de l'effluent, le capteur vers le bas. La distance entre le capteur et l'effluent devra être comprise dans la gamme admise par le constructeur. Pour une meilleure précision, il faut placer la sonde le plus près possible du niveau maximum.

Sonde pressiométrique avec capteur piézométrique

La sonde doit être placée dans le sens prévu par le constructeur et doit rester complètement immergée tout au long des prises de mesures. Un niveau minimal de hauteur d'eau déterminé par le fabricant doit être respecté, en deçà, les valeurs perdent de leur précision.

Sonde pressiométrique avec capteur de contrepression de bullage

Cette sonde est utilisée avec un tuyau qui relie le module de l'échantillonneur à l'effluent. Dans ce tuyau, passent les bulles qui vont permettre de mesurer la contrepression. Ce tuyau ne devra pas dépasser la longueur maximale prévue par le constructeur. Il devra être aussi court que possible pour limiter les pertes de charge.

Un niveau minimal de hauteur d'eau déterminé par le fabricant doit être respecté, en deçà, les valeurs perdent de leur précision.

Sonde électromagnétique

Ces sondes permettent de mesurer la hauteur d'eau ainsi que la vitesse de l'effluent. Pour ces mesures, une hauteur d'eau minimum est nécessaire (3 à 6 cm). La sonde se place au dessus de l'effluent, au milieu de la largeur pour plus de précision.

Sonde radar

La sonde se place au dessus de l'effluent, au milieu de la largeur pour plus de précision.

5.2. En fonction de l'artefact

Déversoir à paroi mince

Dans le cas où un puits de mesure existe, on placera la sonde à sa hauteur sinon elle devra se situer à une distance suffisante en amont du déversoir pour éviter la zone d'abaissement de la surface causée par la formation de la lame déversante. Idéalement, la section de mesurage de la hauteur de charge devra se trouver à une distance égale à 4 ou 5 fois la charge maximale (4 ou $5 h_{\max}$) en amont du déversoir.

Dans les canaux jaugeurs

Dans le cas où un puits de mesure existe, on placera la sonde à sa hauteur sinon elle devra se situer à une distance suffisante en amont du déversoir pour éviter la zone d'abaissement de la surface causée par la formation de la lame déversante. Idéalement, la section de mesurage de la

hauteur de charge devra se trouver à une distance égale à 3 ou 4 fois la charge maximale (3 ou 4 h_{\max}) en amont de la gorge.

6. Étalonnage

On considèrera deux types d'étalonnage :

- l'étalonnage « constructeur » effectué régulièrement chez le fournisseur ou le constructeur avec fourniture d'un certificat ad-hoc ;
- l'étalonnage sur site qui consiste à vérifier ou ajuster la hauteur mesurée par le capteur en fonction de la hauteur réelle ; cet étalonnage est effectué au moyen d'un mètre de classe 3 au moins ; il est fait état de cet étalonnage dans le rapport.

7. Rapport

Le rapport de prélèvement reprendra les renseignements suivants :

- le nom de l'entreprise avec le(s) nom(s) de la (des) personne(s) de contact ;
- la période de mesures ;
- le nom de la personne ayant réalisé les mesures ;
- une ou plusieurs photos du (des) point(s) de mesures ;
- les résultats des étalonnages sur site ;
- un résumé du suivi de la bonne maintenance du matériel utilisé.

8. Références

ISO 1438
ISO 4359

