



# Fiche Technique n° 5 : Mesurage de la vitesse d'écoulement par effet Doppler

Domaine d'application : préconisé pour des hauteurs d'eau inférieures à 1 mètre maximum

## PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Il existe plusieurs types de capteurs et de technologies utilisant l'effet Doppler, dont la description dépasse le cadre de cette fiche. De manière générale, le capteur comprend deux céramiques ultrasonores : l'une fonctionne en émission et l'autre en réception.

Le principe de mesure consiste à déterminer la vitesse d'écoulement  $V$  dans le volume exploré par le capteur à partir du décalage de fréquence entre l'onde émise et l'onde réfléchie : ce décalage de fréquence est l'effet Doppler produit par l'écoulement de l'eau dans le collecteur. La vitesse moyenne  $U$  de l'écoulement à travers la section mouillée est ensuite estimée, par diverses techniques, à partir de la vitesse  $V$  mesurée par le capteur.

Le capteur émet tout d'abord une onde ultrasonore avec une fréquence connue  $F$ . Cette onde est réfléchie par les particules ou les bulles d'air transportées par l'écoulement avec une fréquence différente  $F'$ . L'écart  $(F-F')$  entre ces deux fréquences est proportionnel à la vitesse de déplacement des particules, qui est considérée comme égale à la vitesse de l'eau.

Le signal réfléchi reçu par la céramique réceptrice est issu de la superposition de l'ensemble des signaux renvoyés par les particules traversant le cône d'émission/réception exploré par le capteur. Différentes techniques de traitement du signal, plus ou moins élaborées selon les constructeurs, permettent de déterminer la vitesse moyenne  $U$  de l'écoulement. Certains capteurs fonctionnent différemment et explorent séparément différentes hauteurs ou tranches de l'écoulement.

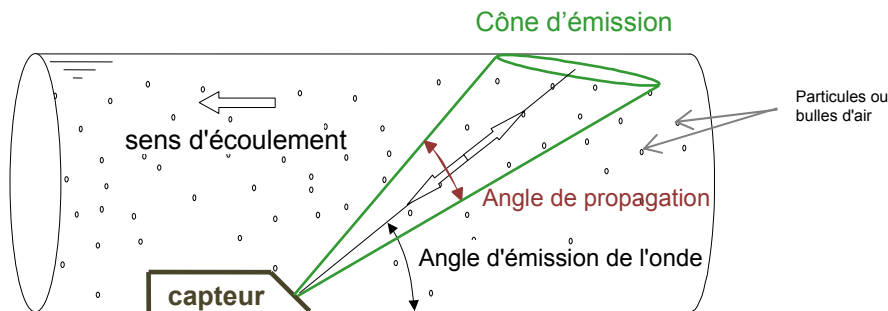


Fig. 1: Principe général de mesurage de la vitesse d'écoulement par effet Doppler

## CRITÈRES DE CHOIX

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"><li>- Convient pour des hauteurs d'eau entre 10 cm minimum et 1 m maximum, parfois moins (50 cm) dans certains cas</li><li>- Peu de génie civil et installation rapide</li><li>- Prix et grand nombre de fournisseurs avec des technologies et des traitements du signal différents</li><li>- Non perturbé par les bulles d'air dans l'écoulement</li><li>- Un même appareil peut mesurer simultanément la vitesse d'écoulement et la hauteur d'eau</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Risque de recouvrement (graisses, sables, etc.) ou détérioration par les déchets ou objets transportés par l'écoulement</li><li>- Nécessite un étalonnage avec une autre technique de mesure pour valider la transformation de <math>V</math> en <math>U</math></li><li>- Méthode de traitement du signal mise en œuvre par le constructeur souvent non détaillée</li><li>- Prévoir plusieurs capteurs pour des collecteurs de grandes dimensions</li></ul>

## INSTALLATION

Les contraintes d'installation sont peu importantes si l'écoulement peut être détourné pour travailler à sec. Dans le cas contraire, l'installation sous eau est plus laborieuse car il est nécessaire de contrôler la position et l'orientation exactes du capteur.

Pour résoudre ce problème, les fournisseurs proposent des cerclages métalliques préfabriqués pour les sections circulaires inférieures à 1 m de diamètre (cf. *Illust. 1*). On peut également fabriquer un support sur mesure, sur lequel on fixe soigneusement le capteur et ensuite installer l'ensemble dans le collecteur. Des repères sur les parois permettent de garantir la bonne position du support et donc du capteur. Pour

faciliter la maintenance du capteur, il peut être fixé sur un système à charnières permettant de le sortir de l'écoulement.

Le capteur est généralement fixé sur le radier mais peut parfois être décalé sur le côté pour éviter les dépôts (par exemple à environ 20 cm du fond de la cunette). Une correction de la vitesse mesurée est alors parfois nécessaire. Les zones de dépôts permanents sont évidemment à proscrire. Un soin particulier doit être apporté à la fixation et au passage des câbles dans le collecteur pour éviter l'accrochage des déchets, les tractions et les dégradations.



*Illust. 1: Exemple de cerclage métallique préfabriqué pour fixation d'un capteur Doppler dans les collecteurs circulaires (Crédit photo Chambéry Métropole)*

## **MAINTENANCE**

La maintenance est principalement liée au risque de recouvrement du capteur par des dépôts ou autres déchets. La fréquence du nettoyage est donc liée à la dynamique d'encrassement du lieu d'installation. Le capteur étant proéminent par rapport au radier ou à la cunette du collecteur, il risque également d'être détérioré par exemple lors de l'entretien des collecteurs par les outils de curage. Son emplacement doit donc être repéré de manière visible dans le collecteur (marquage peinture, panneau, etc.).

## **VÉRIFICATION**

### **Vérification avec un courantomètre électromagnétique**

Dans la pratique, il n'y a pas de vérification simple possible de la vitesse mesurée *in situ* par un capteur Doppler. Toutefois, un courantomètre électromagnétique peut permettre d'explorer la section d'écoulement assez rapidement et de calculer une valeur du débit que l'on peut comparer ensuite à celle fournie par le capteur Doppler. Cela permet de détecter des biais éventuels, mais ne constitue pas un étalonnage au sens strict.

### **Vérification à l'aide d'un traçage**

Une possibilité plus précise pour vérifier la vitesse fournie par un capteur Doppler consiste à réaliser un mesurage direct du débit par traçage (traçage au sel ou avec un traceur fluorescent par exemple).

### **Réétalonnage**

Si la vérification est mauvaise, la sonde est expédiée au fournisseur pour étalonnage sur banc d'essai.

## **REGLAGE**

Généralement, il n'y a pas de possibilité de réglage des capteurs Doppler. Par contre, si on dispose de mesurages indépendants de  $U$  (par exploration du champ de vitesse ou traçage), il est possible, sur certains appareils ou au niveau du traitement ultérieur des données brutes, de modifier le coefficient qui permet de passer de  $V$  à  $U$ . Cela implique de toujours conserver un enregistrement séparé de la vitesse mesurée par le capteur Doppler et de ne pas stocker uniquement la valeur du débit  $Q$ . Cette recommandation est générale en métrologie et toujours indispensable pour la validation des données.

## **BIBLIOGRAPHIE**

Bertrand-Krajewski J.-L., Laplace D., Joannis C., Chebbo G. (2000). *Mesures en hydrologie urbaine et assainissement*. Paris (France): Éditions Tec&Doc, 808 p. ISBN 2-7430-0380-4.

**CONTACTS :** Nombreux fournisseurs.