

Contrôle des appareils de jaugeages



Philippe BATTAGLIA

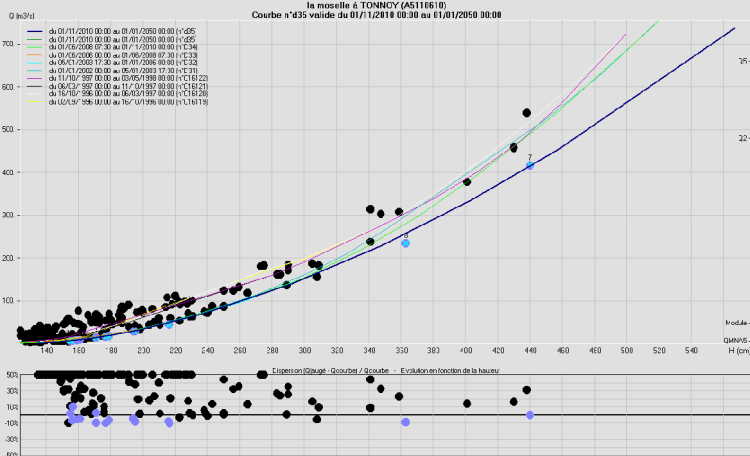
Pôle hydrométrie et réseaux de mesures

3 février 2014

Présent pour l'avenir

Ressources, territoires, habitats et logement
Energies et climat Développement durable
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer





Pourquoi jauger?

Nécessité de connaître les débits réels en continu



Construire une courbe de tarage ou contrôler ses évolutions dans le temps



Valider des valeurs de débit en « temps réel » pour des événements parfois critiques (crues, étiage)

le jaugeage est une approche physique qui prend en compte globalement tous les facteurs d'influence (sans les expliquer): évolution du lit, végétation, ouvrages atypiques et multiples, etc...

Besoin de jaugeages récents **et justes** pour construire/valider les courbes de tarage des stations hydrométriques

Un débit juste...

...avec des erreurs de mesure

- Méthode de jaugeage et hypothèses (débit permanent, grandeurs invariables dans le temps et l'espace, extrapolations, etc.)
- Opérateur et mise en œuvre du matériel (expérience, respect de protocole, répétition des mesures, etc.)
- Site de mesure: configuration, conditions d'écoulement,
- limites de l'appareil

L'erreur due à l'appareil est en général inférieure à celles liées à l'environnement

Jaugeages par courantomètre en régime permanent et dans de bonnes conditions incertain à 7% (20 à 30 % en régime hydraulique variable)

(cf guide de contrôle des débits réglementaires/ONEMA-IRSTEA sept 2011)



Comment réduire les erreurs de mesure?

Principe: Agir sur ce qu'il est possible d'améliorer

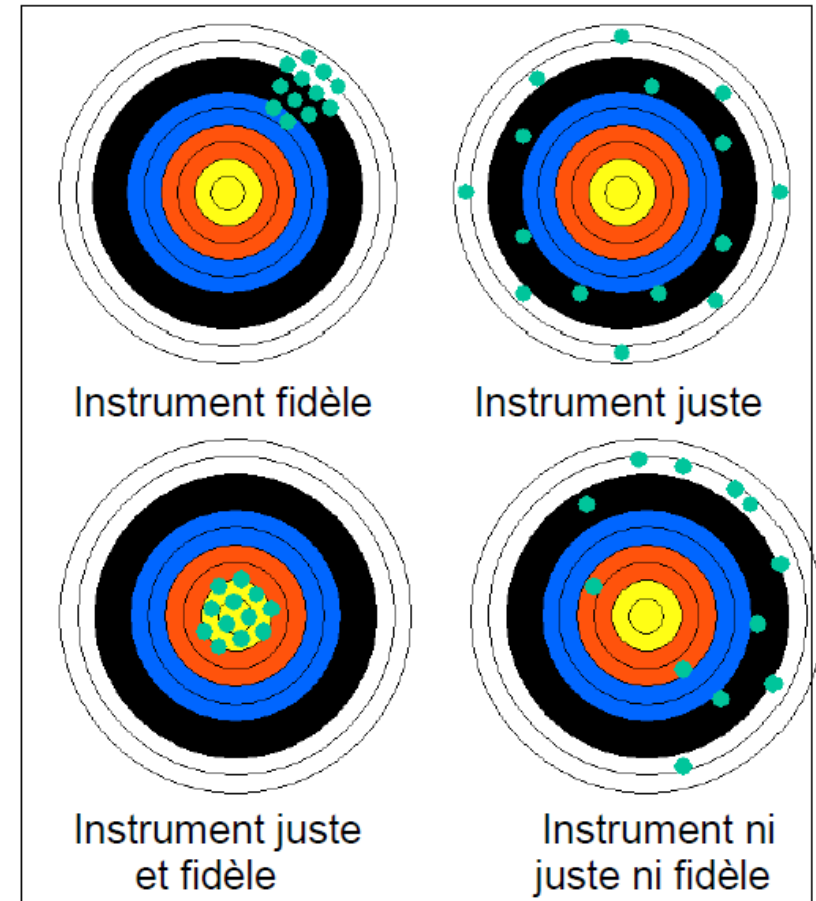
- contrôle des appareils de jaugeage pour détecter les erreurs systématiques ou aléatoires qui peuvent être liées au paramétrage de l'appareil, aux grandeurs mesurées, voire à l'opérateur

Rappel: Pas de grandeur « étalon » pour vérifier directement la mesure de débit

La vérification porte sur la mesure des vitesses, la détermination de la section mouillée (largeur et profondeur) et tout autre paramètre pertinent
+ répétabilité



Les principales qualités d'un appareil de jaugeage



≠ Reproductibilité: section de mesure, opérateur et matériel différents

Cahier des charges:

Concevoir des tests simples, rapides et faciles à mettre en œuvre, peu ou pas onéreux du fait d'un nombre important d'appareils et d'accessoires (hélices et moulinets) à vérifier

- Le plus simple pour la justesse: Comparer l'écart entre la mesure de l'appareil et la mesure de référence avec un écart maxi toléré (EMT)
- Le plus simple pour la répétabilité: Réaliser rapidement une série de mesures élémentaires des grandeurs mesurées directement par l'appareil (vitesse ponctuelle par exemple)

Réaliser en interne les processus de contrôle pour permettre aux jaugeurs-hydromètres d'aborder la notion de qualité des résultats de mesure voire d'incertitude sur l'estimation des débits

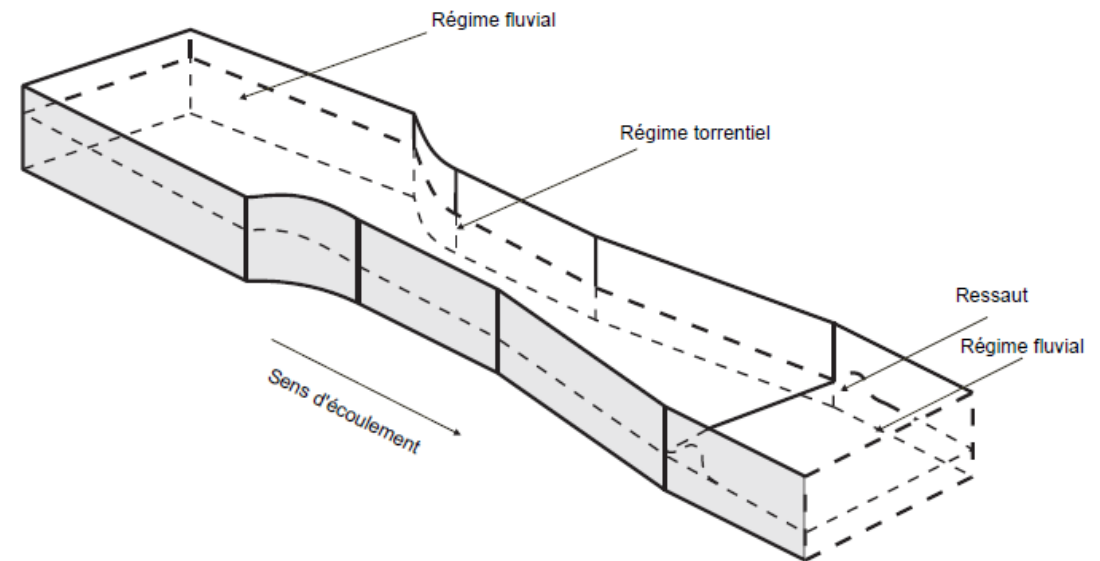
Première étape

-
-
-

Limite : absence de vérification sur différentes gammes de vitesses
(mais vérification dans la gamme de mesure)

Canal Venturi

- Disponibles quasiment sur toutes les stations d'épuration
- Gamme de débit qui dépend de la population raccordée (env 0,7 à 1m³/s en moyenne de temps sec pour 300 000 habitants)
- Optimisation des conditions de site : caractéristiques géométriques conformes aux règles de l'art et invariables, contrôle externe du débitmètre (Q_{ref}).
- Mesure en régime fluvial, à l'amont de l'étranglement et en écoulement uniforme



Protocole de test par jaugeage du canal Venturi

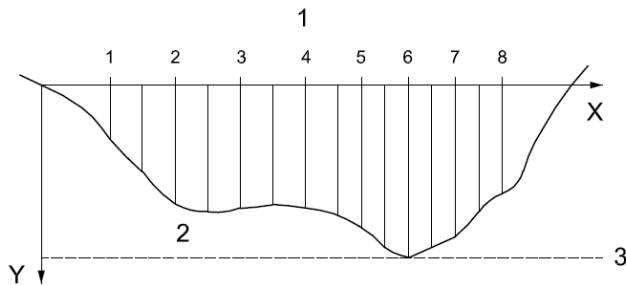
- Réalisation d'un jaugeage puis exploitation des résultats avec le logiciel BAREME (fond et parois lisses) : Estimation d'une vitesse moyenne jaugée

$$Q_{app} = \sum S_i \times V_i = S_{app} \times V_{moy \text{ jaugée}}$$

$$\text{Donc } V_{moy \text{ jaugée}} = Q_{app} / S_{app}$$

- Canal Venturi : mesure de hauteur transformée en débit + connaissance de la section mouillée au droit du jaugeage = Vitesse moyenne de référence (Venturi).

$$V_{ref} = Q_{ref} / S_{ref}$$



$$\text{Test: } V_{ref} - EMT \leq V_{app} \leq V_{ref} + EMT$$

Calcul de l'EMT

L'estimation de l'EMT est basée sur la combinaison de l'incertitude élargie des dispositifs de référence et de l'appareil contrôlé.

L'incertitude élargie sur la mesure de référence (U réf), ici le canal Venturi, est estimée à 0.5 cm pour la hauteur et à **3 % pour le débit** (source : données constructeur avec une bonne exécution des canaux d'approche et de fuite).

L'incertitude élargie sur la vitesse de référence est calculée à partir d'une loi de propagation des incertitudes appliquée à $Q = S \times V$

Développement de Taylor au 1er degré:

$$U(Q)^2 = U(h)^2 \times (L \times V)^2 + U(V)^2 \times (L \times h)^2.$$

U (V) légèrement inférieure à 3%

L'incertitude élargie sur la mesure de vitesse de l'appareil (ici une perche intégratrice) est de **5% (pour $V > 0,02$ m/s)**

L'EMT est simple à déterminer, ici c'est $[5^2 + 3^2]^{1/2}$

soit 6%.

Résultats du test de jaugeage du canal Venturi (perche intégratrice)

TEST Vitesse moyenne Jaugeage PP no 5 (11h15/11h23) avec 5 verticales

Débit:	0.142	m3/s
h (m)	0.27	
Q théorique venturi (m3/s)	0.152	
S théorique venturi (m2)	0.2916	
Vitesse moyenne Venturi calculée	0.487	
S mesurée pirée (m2)	0.288	
Vitesse moyenne jaugeage pirée	0.49	
Ecart PP/venturi de ref (%)	0.6	

Incertitudes élargies sur les mesures des appareils contrôlés (U_{app}) :

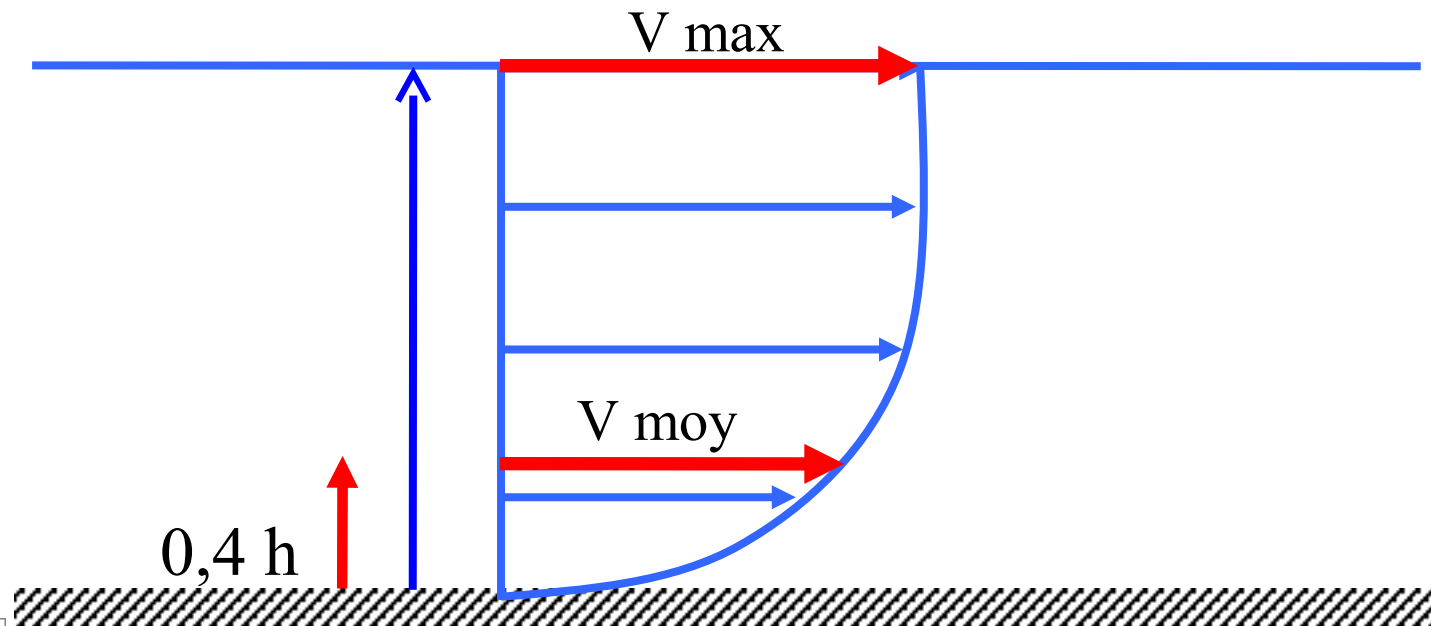
Hauteur : 1 cm	Vitesse : 5 %	Durée de remontée : 0,5 seconde (Perche PIREE)	Débit : Par défaut : 5% (ADCP)
-------------------	------------------	--	--------------------------------------



Acceptable (incertitude élargie à 6%)

Protocole de test par mesure directe des vitesses et répétabilité

- Détermination de la hauteur d'eau qui correspond à la vitesse moyenne (cf NF EN ISO 748), mesure ponctuelle pendant une durée suffisante (> 1 minute) et répétée 5 fois
- Comparaison possible avec la vitesse moyenne de référence (Venturi)



Contrôle de la mesure de vitesse et répétabilité

Mesures	Mesure de référence			Résultats de mesure de l'appareil vérifié				Evaluation des écarts E			
	Hauteur (cm)	Vitesse Calculée (m/s)	Q (m³/s)	Hauteur (cm)	Nb de tours (N)	Durée (t)	Vitesse (m/s)	Ecart Hauteurs (cm)	Ecart Vitesses (%)	Conforme (X)	Non-conforme (X)
1	64	0.800	0.819	64	483	1'02''	0.805	0	+1	X	
2	64	0.773	0.792	64	480	1'02''	0.800	0	+3	X	
3	65	0.801	0.833	64	485	1'02''	0.808	1	+1	X	
4	65	0.801	0.833	64	473	1'02''	0.788	1	-2	X	
5	64	0.800	0.819	64	484	1'02''	0.806	0	+1	X	

Conclusion:

Ce qu'on fait:

- Vérification de conformité en canal Venturi des moulinets, hélices + temps de remontée des perches pirée.
- On définit un EMT pour chaque paramètre élémentaire mesuré à partir des incertitudes (notice, biblio, expérience) et on vérifie

Problème: débit pas complètement constant, écoulement non permanent

Ce qu'on aimerait faire:

- Le même type de vérification pour les ADCP sur un site de référence
- Disposer d'un canal rectiligne assez long avec une usine hydroélectrique a l'extrémité (Q ref + précis et section uniforme qui optimise les conditions de site)