

# **Proposition de stage – Développement et validation d’une technique de jaugeage low tech/low-cost adaptée aux écoulements lents**

## **Contexte**

Les mesures de débit des cours d’eau (ou « jaugeages ») sont une donnée essentielle pour toute étude ou prise de décision en lien avec les ressources en eau, les risques liés à l’eau et les milieux aquatiques. Dans le contexte du changement climatique, une augmentation de la quantité et de la qualité des mesures des bas débits est de plus en plus souvent requise. Or les débits d’étiage sont parmi les plus difficiles à mesurer avec une incertitude relative réduite. Parmi d’autres difficultés, la mesure d’écoulements lents (<10 cm/s) voire très lents (<1 cm/s) est très compliquée avec les dispositifs de jaugeage existants.

Ces dernières années, l’équipe Hydraulique des rivières (INRAE, UR RiverLy, Villeurbanne) a mis au point et diffusé la règle à jauger (Le Coz et al., 2024), basée sur une technique de jaugeage à pied low-cost et surtout low-tech (Pike et al., 2016), qui a été pris en main par de nombreux acteurs en France et dans le monde (voir les détails ici : <https://riverhydraulics.riverly.inrae.fr/outils/instrumentation/regles-a-jauger>). Mais la principale limitation de la règle à jauger est son manque de sensibilité, et donc de précision, pour les faibles vitesses (<20 cm/s). Des modifications du design pour améliorer cette sensibilité à basse vitesse ne semblent pas efficaces. La technique de la bulle ascendante (Wilding et al., 2016) est adaptée à des écoulements lents (s’ils sont suffisamment profonds) mais elle s’est avérée relativement compliquée à mettre en œuvre, et la mesure de la vitesse de remontée des bulles reste un problème, en pratique. La technique classique des flotteurs peut être influencée par le vent, difficile à mettre en œuvre précisément, et rendue incertaine par l’estimation du coefficient permettant de passer des vitesses de surface aux vitesses moyennes sur la verticale, et au débit.

Une technique low-cost et low-tech, tombée dans un oubli relatif mais potentiellement capable de mesurer précisément des vitesses faibles, est le « Dipping bar », introduite par Jens (1968) et dont nous disposons de deux exemplaires. Parasiewicz et al. (1998) en ont proposé une version « électronique » mais la version originale purement mécanique est plus avantageuse pour notre objectif. Il s’agit d’une simple balance de force (cf. Figure 1) avec laquelle le moment exercé par l’eau sur un obstacle (une tige profilée pour compenser l’effet de levier) est annulé et mesuré : une relation d’étalonnage semi-empirique permet de calculer la vitesse moyenne sur la verticale. Nos premiers essais en laboratoire et sur le terrain sont positifs quant à la facilité de mise en œuvre et à la précision des mesures, même pour des vitesses proches de 10 cm/s.

Cette action de recherche s’inscrit dans les volets Hydrométrie des conventions DGPR/INRAE (Prévision des inondations) et OFB/INRAE (Débits minimum biologiques), actions

de recherche et développement pour les services hydrométriques et de Police de l'Eau opérationnels en France.

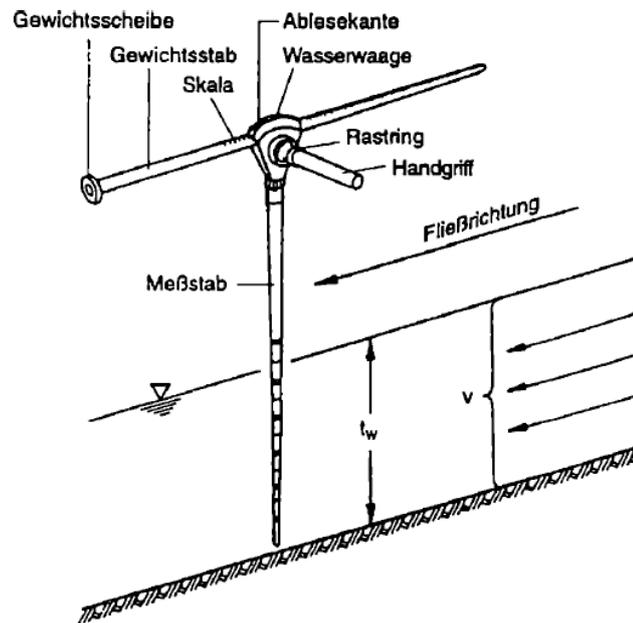


Figure 1. Principe de mesure de la « Dipping bar » de Jens, 1968 (tiré de Parasiewicz et al., 1998)

## Objectifs du stage

Ce stage vise à développer et valider un prototype (réplicable à bas coût) de système de jaugeage basé sur le principe de la Dipping bar de Jens (1968) et modifié pour le jaugeage des écoulements lents ( $<10$  cm/s). Les objectifs suivants seront poursuivis :

- Conception et production d'un prototype expérimental (une feuille de calcul du débit existe déjà, ainsi qu'un outil de dimensionnement de l'obstacle) ;
- Essais en canal hydraulique (HHlab, INRAE) et sur le terrain pour établir des relations d'étalonnage de la vitesse pour différentes tailles de l'obstacle ;
- Jaugeages comparatifs en conditions réelles, avec différentes mesures de référence, pour évaluer empiriquement l'incertitude de débit (ces essais pourront se faire en collaboration des services hydrométriques partenaires) ;
- Développement d'une formule de propagation des incertitudes (adaptée de celle des règles à jaugeur) et implémentation dans la feuille de calcul.

Le ou la stagiaire sera formé(e) aux techniques de jaugeage et accompagné(e) pour la réalisation des essais en laboratoire et sur le terrain par des techniciens et ingénieurs du Pôle Métrologie de l'équipe Hydraulique des Rivières d'INRAE.

## Conditions pratiques

Conditions de stage : Gratification de stage de 620 €/mois environ (+ prise en charge des frais de déplacement)

Durée 5 à 6 mois (plein temps), démarrage possible entre novembre 2024 et mai 2025

Localisation : INRAE Lyon (5 rue de la Doua 69100 Villeurbanne)

Profil : Master 2 ou TFE école d'ingénieur

Formation en hydraulique et/ou hydrologie, intérêt pour l'hydrométrie et la métrologie, goût pour le travail d'équipe et pluridisciplinaire

Logiciels scientifiques, bonne communication orale et écrite

Encadrants : Jérôme Le Coz, Fabien Thollet, Adrien Bonnefoy, Guillaume Dramais (INRAE, équipe Hydraulique des Rivières)

Contact : jerome.lecoz /AT/ inrae.fr

## **References:**

Jens, G. (1968). Tauchstäbe zur Messung des Strömungsgeschwindigkeit und des Abflusses (Dispstick gauges for measuring flow velocity and discharge). Deutsche Gewässerkundl. Mitteilung., Jg. 12, H. 4.

Le Coz, J., Lagouy, M., Pernot, F., Buffet, A., Berni, C. (2024). [The streamgauging ruler: a low-cost, low-tech, alternative discharge measurement technique](#). Journal of Hydrology, 642, 131887.

Parasiewicz, P., Höglinger, B., Hofmann, C. (1998). Der DVP-Stab, Depth-Velocity-Position Bar: Ein multifunktionales Gerät für morphometrische Aufnahmen an Fließgewässern (Depth-Velocity-Position Bar: A multifunctional tool for morphometric measurements in running waters). Österreichs Fischerei Jahrgang 51/1998, 232-239.

Pike, R., Redding, T., and Schwarz, C. (2016). Development and testing of a modified transparent velocity-head rod for stream discharge measurements. Canadian Water Resources Journal, 41(3):372–384.

Wilding, T., B. J., Smith, B., Thyne, G., Elley, G., and Starr, A. (2016). Better flow measurements in slow, weedy streams -using the Rising Bubble method. In 2016 NZHS Technical Workshop, Gisborne, New Zealand.