



Peut-on calculer le débit d'un cours d'eau à partir d'une mesure ponctuelle de vitesse de surface ?
Analyse d'un grand jeu de données hydrométrique et comparaison à des modèles de prédiction.

La connaissance du débit des rivières revêt une importance fondamentale en hydrologie et dans le domaine de la gestion des ressources en eau. C'est une variable élémentaire pour les industriels (e.g. production hydro-électrique), les gestionnaires de bassin (e.g. préservation des écosystèmes aquatiques) et les scientifiques (e.g. étude de processus, quantification des flux d'eau, de sédiments et de contaminants). L'observation continue du débit des rivières sert de précieux indicateur pour évaluer les impacts du changement climatique et des activités humaines sur les régimes hydrologiques, renforçant ainsi la prise de décisions éclairées en matière de gestion de l'eau. Mais obtenir des séries continues de débit est un processus difficile, coûteux et indirect : depuis des décennies l'approche utilisée communément consiste à mesurer la hauteur d'eau, qui est ensuite convertie en débit grâce à une relation hauteur-débit, relation elle-même bâtie grâce à des jaugeages (des mesures ponctuelles de débit, réalisées par des équipes d'hydromètre). De plus, les relations hauteur-débit peuvent évoluer dans le temps, en raison de modification de la géométrie des cours d'eau (érosion, dépôt...), ce qui nécessite toujours la réalisation de nouveaux jaugeages. Les radars Doppler sont des capteurs non-intrusifs (sans contact avec la rivière, donc protégés lors des crues), permettant de mesurer de façon relativement simple et robuste la vitesse de surface d'un cours d'eau en un point (Welber et al., 2016 ; Fulton et al., 2020). Dans ce stage, on cherche à savoir si le débit du cours d'eau peut être calculé à partir de cette mesure ponctuelle de vitesse de surface et de la section mouillée obtenue via la hauteur d'eau et la bathymétrie (Eze, 2023). Grâce à une base de données de plusieurs milliers de jaugeages, réalisés sur des sites différents et pour une large gamme de débits, une analyse statistique sera réalisée afin de comprendre le comportement de la vitesse maximale de surface (son emplacement dans la section, son amplitude, sa variabilité) en fonction des conditions hydrauliques. On cherchera ensuite à établir le lien entre cette vitesse maximale de surface et la vitesse débitante (la vitesse moyenne de la section en travers) et à répondre aux questions suivantes : (i) ce lien est-il invariant pour un site donné quel que soit le débit ? ; (ii) ce lien est-il propre à chaque site ou peut-il être relié à des caractéristiques morphologiques (pente, rugosité...) ou hydrauliques (vitesses, nombre de Reynolds ou de Froude...) ? . Enfin, les observations seront utilisées pour qualifier la pertinence de différents modèles de prédiction de la localisation de la vitesse maximale et de son lien avec la vitesse débitante, comme la méthode de maximisation de l'entropie (Chiu (1988)) et la méthode IsoVel (Maghrebi, 2006).

Ce stage demande donc une appétence pour le traitement de données, l'analyse statistique, tout en sachant lier les analyses à la physique et l'hydraulique. Des notions en hydraulique fluviale sont souhaitées, ainsi que des bases en métrologie et instrumentation en hydrologie. On recherche un niveau Bac+5.

Le stage se déroulera au laboratoire IGE de l'Université Grenoble Alpes (<https://www.ige-grenoble.fr/>), dans l'équipe HyDRIMZ-STRIM, sur le campus universitaire de Saint Martin d'Hères, et sera encadré par Alexandre Hauet (alexandre.hauet@univ-grenoble-alpes.fr) et Guillaume Nord (guillaume.nord@univ-grenoble-alpes.fr).

Références :

Welber, M., Le Coz, J., Laronne, J. B., Zolezzi, G., Zamlar, D., Dramais, G., Hauet, A., and Salvaro, M.: Field assessment of noncontact stream gauging using portable surface velocity radars (SVR), *Water Resour. Res.*, 52, 1108–1126, <https://doi.org/10.1002/2015WR017906>, 2016.

Fulton, J.W.; Mason, C.A.; Eggleston, J.R.; Nicotra, M.J.; Chiu, C.-L.; Henneberg, M.F.; Best, H.R.; Cederberg, J.R.; Holnbeck, S.R.; Lotspeich, R.R.; et al. Near-Field Remote Sensing of Surface Velocity and River Discharge Using Radars and the Probability Concept at 10 U.S. Geological Survey Streamgages. *Remote Sens.* 2020, 12, 1296. <https://doi.org/10.3390/rs12081296>

Eze, K.O. (2023). Methods for monitoring flows in mountain rivers using non-contact instruments. 69 p., Master Hydraulics and Civil Engineering, G-INP, UGA.

Chiu C-L. 1988. Entropy and 2-D velocity distribution in open channels. *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE* 114(7): 738–756.

Maghrebi, M. F., 2006. Application of the single point measurement in discharge estimation. *Advances in Water Resources* 29 (2006) 1504–1514, 29(10), p. 1504–1514.



Can one calculate a river's discharge from a single surface velocity measurement? Analysis of an extensive hydrometric dataset and a comparison with prediction models.

Knowledge of river flow is of fundamental importance in hydrology and water resource management. It is an essential variable for industry (e.g. hydroelectric production), basin managers (e.g. preservation of aquatic ecosystems) and scientists (e.g. process studies, quantification of water, sediment and contaminant flows). Continuous observation of river flow serves as a valuable indicator for assessing the impacts of climate change and human activities on hydrological regimes, thus reinforcing informed water management decisions. But obtaining continuous flow series is a difficult, costly and indirect process: for decades, the commonly used approach has been to measure water head, which is then converted into flow by means of a head-flow relationship, itself built up through gaging (point measurements of flow, carried out by hydrometer teams). What's more, head-flow relationships can change over time, due to changes in river geometry (erosion, deposition, etc.), which always requires new gauging. Doppler radars are non-intrusive sensors (without contact with the river, and therefore protected during floods), making it possible to measure the surface velocity of a river at a point in a relatively simple and robust way (Welber et al., 2016; Fulton et al., 2020). In this internship, we are investigating whether stream flow can be calculated from this point measurement of surface velocity and the wetted cross-section obtained via water height and bathymetry (Eze, 2023). Using a database of several thousand gauges, taken at different sites and for a wide range of flows, a statistical analysis will be carried out to understand the behavior of maximum surface velocity (its location in the section, its amplitude, its variability) as a function of hydraulic conditions. We will then seek to establish the link between this maximum surface velocity and the flowing velocity (the average velocity of the cross-section) and to answer the following questions: (i) is this link invariant for a given site whatever the flow; (ii) is this link specific to each site or can it be linked to morphological (slope, roughness...) or hydraulic (velocities, Reynolds or Froude number...) characteristics? Finally, the observations will be used to qualify the relevance of various models for predicting the location of maximum velocity and its link with flow velocity, such as the entropy maximization method (Chiu (1988)) and the IsoVel method (Maghrebi, 2006).

This internship therefore requires an interest in data processing and statistical analysis, as well as the ability to link these analyses to physics and hydraulics. Notions of river hydraulics are desirable, as well as a grounding in hydrological metrology and instrumentation. We are looking for a Bac+5 level.

The internship will take place at the IGE laboratory of Université Grenoble Alpes (<https://www.ige-grenoble.fr/>), in the HyDRIMZ-STRIM team, on the Saint Martin d'Hères university campus, and will be supervised by Alexandre Hauet (alexandre.hauet@univ-grenoble-alpes.fr) and Guillaume Nord (guillaume.nord@univ-grenoble-alpes.fr).

References :

Welber, M., Le Coz, J., Laronne, J. B., Zolezzi, G., Zamlar, D., Dramais, G., Hauet, A., and Salvaro, M.: Field assessment of noncontact stream gauging using portable surface velocity radars (SVR), *Water Resour. Res.*, 52, 1108–1126, <https://doi.org/10.1002/2015WR017906>, 2016.

Fulton, J.W.; Mason, C.A.; Eggleston, J.R.; Nicotra, M.J.; Chiu, C.-L.; Henneberg, M.F.; Best, H.R.; Cederberg, J.R.; Holnbeck, S.R.; Lotspeich, R.R.; et al. Near-Field Remote Sensing of Surface Velocity and River Discharge Using Radars and the Probability Concept at 10 U.S. Geological Survey Streamgages. *Remote Sens.* 2020, 12, 1296. <https://doi.org/10.3390/rs12081296>

Eze, K.O. (2023). Methods for monitoring flows in mountain rivers using non-contact instruments. 69 p., Master Hydraulics and Civil Engineering, G-INP, UGA.

Chiu C-L. 1988. Entropy and 2-D velocity distribution in open channels. *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE 114(7): 738–756.

Maghrebi, M. F., 2006. Application of the single point measurement in discharge estimation. *Advances in Water Resources* 29 (2006) 1504–1514, 29(10), p. 1504–1514.