

Thèse de doctorat en mécanique : hydraulique des rivières de montagne

École Polytechnique Fédérale de Lausanne (programme doctoral de mécanique)

Contexte

En hydraulique, les rivières de montagne ont le plus souvent été considérées comme un cas limite (forte pente, faible submersion) de rivières, et donc elles ont été décrites avec les mêmes outils que les rivières de plaine. Toutefois, nombre d'études de terrain et de laboratoire ont pointé des comportements spécifiques des rivières de montagne ; ainsi, la dissipation d'énergie y est bien supérieure à conditions hydrauliques équivalentes que dans une rivière de plaine, et il y est plus difficile de mettre en mouvement des éléments du lit. Le transport solide présente des fluctuations énormes, jusqu'à trois ordres de grandeur pour un débit liquide donné. De ce fait, la quantification des processus hydrauliques est le plus souvent entachée d'erreurs et d'incertitudes considérables. L'ensemble de la complexité du comportement des cours d'eau de montagne et des incertitudes associées se répercutent dans la connaissance et l'anticipation des dynamiques torrentielles, puis dans la façon dont sont gérés les dangers naturels.

Il y a plusieurs raisons pour lesquelles les rivières de montagne diffèrent des rivières de plaine : les alluvions composant le lit ont une étendue granulométrique considérable, allant des particules fines (sable de diamètre inférieur à 1 mm) aux blocs métriques (voir figure 1) ; la hauteur d'eau est généralement du même ordre de grandeur que les éléments les plus grossiers du lit, mais lors d'une crue, le niveau d'eau peut être largement supérieur à la taille de ces blocs ; le lit granulaire est souvent très poreux, ce qui facilite les échanges avec les écoulements souterrains.



Figure 1 – Reconstitution tridimensionnelle du lit de la Navisence à partir d'une prise de vues par un drone (https://www.youtube.com/watch?v=ywV_YJZj9rI). © Bob de Graffenried, EPFL/IIC/LHE.

Au laboratoire d'hydraulique de l'EPFL, nous nous intéressons à l'hydraulique des rivières de montagne en réalisant :

- un suivi de terrain de la partie supérieure de la Navisence à Zinal (Valais, Suisse) à l'aide d'un drone et de mesures ponctuelles de débit liquide et solide, et de granulométrie¹ ;
- des expériences de laboratoire dans des canaux représentant des rivières à échelle réduite.

On s'intéresse plus particulièrement à la dissipation d'énergie (résistance à l'écoulement) dans des écoulements peu épais, sur des lits très rugueux² et poreux³ à forte pente⁴. On cherche à décrire le comportement hydraulique des rivières de montagne et le lien entre conditions hydrauliques et transport de sédiment.

Le travail de suivi sur la Navisence est mené en collaboration avec le CREALP, un centre de recherches basé à Sion (www.crealp.ch) et le bureau Styx4D (www.styx4D.com) au Bourget-du-Lac.

Travail proposé

Le travail de thèse vise à comprendre l'effet d'une granulométrie étendue sur le comportement hydraulique. Pour ce faire, le travail comprend deux volets, dont l'importance relative sera définie en fonction du bagage et de l'intérêt du candidat :

- une caractérisation de la géométrie d'écoulement (section d'écoulement et champ granulométrique) de la Navisence à Zinal. Ce volet consiste à traiter les données récoltées (ortho-images, DEM, hydrologie) par notre équipe depuis 2018 afin de caractériser d'un point de vue probabiliste la géométrie et la granulométrie⁵ ;
- une étude en laboratoire de la turbulence au passage des rugosités. Il s'agit d'étendre l'étude réalisée lors d'une précédente thèse⁶ sur des granulométries resserrées. Le dispositif expérimental en place permet d'obtenir des scans du champ de vitesse dans l'écoulement et le lit granulaire.

Profil recherché

Nous recherchons un étudiant H/F fortement motivé par la physique des écoulements en milieu naturel, de moins de 30 ans, avec un bagage :

- ingénieur hydraulicien ;
- master de physique ;
- master de mécanique ;
- master de recherches dans les sciences géophysiques ou en mathématiques.

Connaissance du français et de l'anglais exigée.

¹ Voir les vidéos sur notre chaîne youtube : https://www.youtube.com/channel/UCoA_xWkxSxU3UQLAk1HYpbg

² La rugosité couvre une large gamme de diamètres, avec le diamètre des éléments les plus grossiers dépassant la hauteur d'eau.

³ Le lit est le siège d'écoulements hyporhéiques qui échangent masse et quantité de mouvement avec l'écoulement de surface.

⁴ Avec des pentes du lit comprises entre 1 % et 6 %.

⁵ Redolfi, M., M. Tubino, W. Bertoldi, and J. Brasington, Analysis of reach-scale elevation distribution in braided rivers: Definition of a new morphologic indicator and estimation of mean quantities, *Water Resources Research*, 52, 5951-5970, 2016.

⁶ Rousseau, G., Turbulent flows over rough permeable beds in mountain rivers: Experimental insights and modeling, Thèse de doctorat, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lausanne, 2019. Rousseau, G., and C. Ancey, Scanning PIV of turbulent flows over and through rough porous beds using refractive index matching, *Experiments in Fluids*, 61, 172, 2020. Rousseau, G., and C. Ancey, An experimental investigation of turbulent free-surface flows over a steep permeable bed, soumis à *Journal of Fluid Mechanics*, 2021. Articles disponibles depuis : <http://lhe.epfl.ch/articles.php>

En sus du travail de thèse, le doctorant est assistant pour les cours du prof. Ancey : mécanique des fluides (bachelor génie civil), hydraulique (master génie civil) et hydrologie statistique (master ingénierie de l'environnement).

Conditions salariales

La bourse est fournie sur la base d'un financement de l'EPFL. Salaire brut de 53 kCHF/an environ (soit de l'ordre de 51 k€/an). Contrat de 4 ans renouvelable (max. 6 ans). Charges sociales 16 %. L'étudiant sera affilié à l'école doctorale de mécanique (EDME).

Procédure

Il faut envoyer votre candidature au prof. Ancey et à l'école doctorale (EDME) ; voir liens ci-dessous. Pour être recevable, la candidature doit comporter un CV, deux à quatre lettres de recommandation, et une lettre de motivation (voir sur le site de l'école doctorale). Tous les documents doivent être adressés au format PDF (condition impérative). Les dossiers incomplets ne seront pas considérés.

Encadrement

Prof. Christophe Ancey, EPFL/IIC/LHE, christophe.ancey@epfl.ch

Plus d'informations : se reporter au site du laboratoire <http://lhe.epfl.ch> ou <http://fr.ancey.ch>

Inscription à l'école doctorale : <https://www.epfl.ch/education/phd/edme-mechanics/>