

Mini-projet **HydroCol**

**Mise au point d'une balance hydrodynamique à gauges de déformation pour mesurer les forces induites par l'écoulement sur un plan de grille de centrale hydroélectrique : étude du colmatage**

**Porteur : Yves Le Guer**

**Partenaires :**

- Laboratoire **SIAME** à l'Université de Pau et des Pays de l'Adour (UPPA), équipe Ecoulements et Energétique : **Yves Le Guer** (MC HdR) et Patrick Paquet (PRAG Mécanique).
- **Institut Pprime** de l'Université de Poitiers, équipe **HYDEE** : Laurent David (Pr.) et Ludovic Chatellier (MC HdR).

**Contexte et motivation :**

Nous proposons un mini- projet en partenariat entre deux équipes des Universités de Poitiers et de Pau. Il s'agit d'initier une collaboration que nous souhaitons par la suite étendre dans le cadre d'un projet de thèse CIFRE en commun avec France Hydro Electricité, le syndicat de la petite hydroélectricité en France (<https://www.france-hydro-electricite.fr/>). L'équipe HYDEE de l'Institut Pprime a un historique et des connaissances bien plus importantes que celles de l'équipe du SIAME qui sont plus récentes dans le domaine concerné.

La problématique que nous envisageons d'étudier concerne les prises d'eau des centrales hydroélectriques qui doivent permettre d'assurer la continuité écologique tout en garantissant une production d'énergie suffisante à l'exploitant de la centrale. Ces prises d'eau sont équipées de grilles ichtyocompatibles qui peuvent comporter des exutoires pour assurer le passage des poissons sans dommage. Différents travaux ont été menés par Pprime notamment lors d'un programme Européen FitHYDRO sur les pertes de charges, la courantologie en amont des grilles et dans les exutoires et la validation biologique.

Ces grilles sont sujettes au colmatage par, des feuilles, des débris flottants, des sédiments de différentes tailles ou un mélange de l'ensemble. La cinétique de colmatage peut être très rapide dans certains cas et entraîner une forte perte de charge qui peut nécessiter d'imposer l'arrêt des turbines. Un colmatage rapide peut aussi sérieusement compliquer les opérations de dégrillage. Dans cette étude, nous proposons de développer un dispositif permettant de relier les efforts relevés sur le plan de grille et le colmatage pour ensuite pouvoir instrumenter des centrales sur site.

**Objectifs – travail du stagiaire lors du mini-projet :**

L'objectif du mini-projet est de mettre au point et d'étalonner un dispositif pour mesurer directement les forces hydrodynamiques agissant sur un plan de grille installé dans un canal hydraulique au laboratoire SIAME à l'UPPA. La grille est articulée en rotation pour permettre lors de son déplacement sous l'action de l'écoulement, la mesure des forces à l'aide de jauges de déformation collées sur une petite poutre positionnée transversalement au canal (cf. Figure 1 Figure 2).

Pour bien comprendre la cinétique de colmatage, des mesures sur un plan de grille proche de la réalité (cf. Figure 2) c'est à dire à l'échelle 1 pour les barreaux et la vitesse d'approche (similitude de Reynolds) et à l'échelle ½ pour la similitude de Froude permettront d'établir une fonction de transfert entre les forces mesurées, le colmatage et les pertes de charge pour un colmatage contrôlé.

Enfin dans le cadre d'un projet plus large incluant une thèse avec France Hydro Electricité, une fois l'instrumentation mise au point et étalonnée en laboratoire par le stagiaire, l'objectif est de pouvoir ensuite transposer le système en vraie grandeur sur un plan de grille équipant un petit canal d'une centrale hydroélectrique. Dans ce cas, des colmatages avec des éléments naturels dans les conditions hydrologiques des différentes saisons pourront être étudiées. Le lien entre les pertes de charge et les forces exercées sur le plan de grille permettra d'évaluer la mise en place du colmatage et sa modélisation dans les formulations empiriques proposées par le laboratoire Pprime dans des travaux antérieurs (Raynal et al, 2013, Lemkecher et al. 2020, 2021) et par ETH Zurich (Meinster, 2020) et permettront :

- aux producteurs, une meilleure exploitation de leurs ouvrages,
- aux bureaux d'études, un meilleur dimensionnement des grilles sujettes au colmatage.



Figure 1 : Dispositif expérimental du SIAME et principe de la mesure de force sur un plan de grille.



Figure 2 : Dispositif expérimental de Pprime.

### Méthodologie de travail dans le cadre du stage :

Le système mécanique de grille articulée en rotation est conçu pour limiter au maximum les frottements parasites, les forces induisant le déplacement de la barre équipée des jauges de déformation doivent résulter de l'action seule de l'écoulement. Un premier prototype non optimisé est en cours de développement à l'UPPA, il va nécessiter quelques améliorations (mise en place de roulements, réalisation de pièces de guidage par impression 3D, ...). Un étalonnage sera réalisé à l'aide de masses connues. Les mesures de forces seront enregistrées en fonction du débit volumique dans le canal et seront reliées aux pertes de charge induites par la grille. Ces pertes de charges sont mesurées simplement par différence de hauteurs amont-aval du plan de grille.

L'influence du colmatage sera alors étudiée dans le cadre du stage en positionnant des masques sur le plan de grille ou à l'aide de débris calibrés transportés dans le canal et ceux pour deux tailles de canaux différents (SIAME et Pprime).



Différents types de grilles pourront ensuite être testés dans le cadre de la thèse, classiques à barreaux plus ou moins profilés ou plus innovantes comme par exemple des plaques perforées.

#### Résultats attendus :

- Obtenir des lois expérimentales reliant la mesure de forces sur le plan de grille selon son degré d'obstruction (% de colmatage) aux pertes de charges associées.
- Enregistrer des cinétiques de colmatage en fonction de l'arrivée de débris calibrés sur le plan de grille. La variation des pertes de charge au cours du temps est un élément clé pour la maintenance des centrales et le déclenchement des dégrilleurs.
- Améliorer de la modélisation du colmatage sur les lois de pertes de charge. Ce travail entrepris par Raynal (2014) et Meinster (2020) reste à améliorer car la dispersion des résultats donnés par les lois empiriques et les mesures dans le cas de grilles colmatées reste supérieure à 25%.

#### Intérêt du projet pour le GIS HED2 :

- Echange de connaissances entre les deux équipes des Laboratoire P' et SIAME et développements d'outils communs.
- Développement d'un outil expérimental innovant, relativement simple, qui pourrait être installé sur différents sites de production hydroélectrique pour faciliter la gestion environnementale des problèmes liés au colmatage de plans de grille (continuité écologique et sédimentaire).
- Première étape d'un travail qui s'intégrera dans un programme de thèse avec les producteurs d'hydroélectricité sur l'exploitation des centrales hydroélectriques et qui portera sur l'amélioration des performances des plans de grille et leur exploitation.

#### Besoin financier :

Nous souhaiterions recruter un étudiant de niveau Master 2 pendant 5 mois pour réaliser les étalonnages de l'instrumentation développée et les campagnes de mesures sur le banc hydraulique du Laboratoire du SIAME (au Département GTE de l'IUT des Pays de l'Adour). Il effectuera des comparaisons avec les résultats obtenus par le doctorant à Pprime.

Budget demandé au GIS : 3000 € (5x600 €/mois, indemnisation stagiaire)



Budget instrumentation et petit matériel : financement obtenu auprès du projet Isite E2S UPPA (Energy and Environment Solutions) qui servira aussi à l'accompagnement de la future thèse.

Date souhaitée : à partir de septembre 2021.

#### Références :

S. Raynal, D. Courret, L. Châtellier, M. Larinier, L. David, 2013 : An experimental study on fish-friendly trashracks- Part 1: Inclined trashracks. Journal of Hydraulic Research, 51:1, 56-66.  
<http://dx.doi.org/10.1080/00221686.2012.753646>

S. Raynal, L. Châtellier, D. Courret, M. Larinier, L. David, 2013 : An experimental study on fish-friendly trashracks - Part 2: Angled trashracks. Journal of Hydraulic Research, 51:1, 67-75.  
<http://dx.doi.org/10.1080/00221686.2012.753647>

		
<b>Proposition de sujet de Mini-projet</b>		

Lemkecher F., Chatellier L., Courret D., David L., 2020: Contribution of different elements of inclined trash racks to head losses modelling. *Water*, 12(966); 12 pages. <https://doi.org/10.3390/w12040966>

Lemkecher F., Chatellier L., Courret D., David L. 2021. Experimental study of angled fishfriendly trashracks with horizontal bars. *Journal of Hydraulic Research*, sous presse

Meinster J., Fuchs H., Beck C., Albayrak I, Boes R. M., 2020. Head Losses of Horizontal Bar Racks as Fish Guidance Structures. *Water* 2020, 12, 475; doi:10.3390/w12020475