

Projet de Master / Thèse:

## **Etude numérique du phénomène d'instabilité (festion) en mode pompe des Turbines Pompes équipant les centrales hydro-électriques**

**Entreprise :** Alstom Hydro

**Adresse :** 82 avenue Léon Blum, BP 75, 38041 Grenoble Cedex 9

**Unité de recherche :** Equipe Modélisation et Simulation de la Turbulence (MoST),  
Laboratoire des Ecoulements Géophysiques et Industriels (LEGI)

**Adresse :** Domaine Universitaire, BP 53, 38041 Grenoble Cedex 9

**Contact :**

Jean-Bernard Houdeline, [jean-bernard.houdeline@power-alstom.com](mailto:jean-bernard.houdeline@power-alstom.com) (Alstom Hydro)

Guillaume Balarac, [guillaume.balarac@legi.grenoble-inp.fr](mailto:guillaume.balarac@legi.grenoble-inp.fr) (MoST, LEGI)

### **Les connaissances et compétences requises :**

Le candidat pour ce projet devra posséder des compétences solides en **mécanique des fluides**. Il devra également avoir un intérêt plus particulier pour l'analyse des **turbomachines hydrauliques** et pour la **modélisation et la simulation des écoulements turbulents**.

### **Contexte du projet :**

Dans un contexte sociétal où les contraintes énergétiques et environnementales sont croissantes, l'énergie hydraulique apparaît comme la source d'énergie renouvelable la plus développée (19% de la production totale d'électricité dans le monde et 13% en France). Parmi les systèmes équipant les centrales hydro-électriques, l'utilisation de turbines-pompes réversibles est un moyen efficace de réguler les flux d'énergie sur le réseau électrique. Ces machines, dont la réversibilité est assurée en changeant le sens de rotation de la partie rotative, permettent de pomper l'eau vers le bassin amont pendant les périodes où les besoins en énergie sont les plus faibles et de restituer l'énergie, lorsqu'elles fonctionnent en turbine, pendant les périodes de fortes demandes. Un des enjeux persistants pour ces technologies reste l'optimisation du fonctionnement en mode « pompe » sur une large gamme de puissance. En particulier, il faut réussir à s'affranchir d'une zone d'instabilité de fonctionnement (appelé feston) qui limite les performances de la pompe au dessous d'un débit seuil. L'existence de cette zone d'instabilité limite le fonctionnement de la machine dans la zone de haute chute de refoulement (faible débit) et impacte directement le dimensionnement de la machine et de l'installation.

Le but de ce travail est de permettre une caractérisation numérique de cette instabilité. Le premier objectif sera d'être capable de prédire le phénomène de feston par voie numérique. Une prédiction numérique fiable nous permettra alors d'avoir une meilleure compréhension du phénomène et, dans une seconde phase, d'avancer des solutions techniques pour tenter de le contrôler. Ce travail fera l'objet d'une thèse associant les compétences de l'équipe MoST du LEGI en terme d'analyse fine d'écoulements turbulents par simulations numériques et celles d'Alstom Hydro en terme de tracés et d'analyse de performance des machines hydrauliques.

## **Projet de Master :**

L'objectif du Master est d'initier les travaux qui seront poursuivis en thèse. Le premier objectif est ainsi que le candidat se familiarise avec la problématique « industrielle » du projet. Il s'agit en particulier de mieux appréhender le phénomène de feston et ses conséquences sur l'ensemble de la machine hydraulique. Ainsi, ce stage se déroulera au sein du centre de technologie turbine d'Alstom Hydro France (Grenoble). Le candidat étudiera le phénomène de feston avec des approches numériques classiques (approche statistique stationnaire et instationnaire, RANS ou URANS). Ces approches sont celles communément employées par les ingénieurs d'Alstom lors du développement de tracés hydrauliques appliqués à la réalisation de projets. L'un des objectifs sera alors d'évaluer les capacités prédictives de telles approches avant d'envisager des approches de modélisation de l'écoulement turbulent plus sophistiquées lors de la thèse. En plus de l'évaluation des outils de simulation, le candidat établira les traitements des résultats numériques à mettre en œuvre pour identifier et analyser le phénomène de feston.

## **Projet de thèse de doctorat :**

Sur la base du stage de Master, le projet sera poursuivi en thèse au LEGI. L'objectif de cette thèse étant de mettre en place des simulations numériques fiables reproduisant le phénomène de feston. Pour être fiables, ces simulations devront tenir compte des incertitudes de la configuration numérique en comparaison de cas réels testés sur plate forme d'essais (incertitudes géométriques, ...). Ces simulations seront alors analysées afin de déterminer les mécanismes physiques entraînant le phénomène de feston. Une compréhension fine de ce phénomène devrait permettre de dégager une stratégie de contrôle pour décaler la zone d'instabilité.

Lors de la thèse, des approches de type simulation des grandes échelles (SGE) seront envisagées. L'approche SGE apparaît comme une alternative à un calcul direct (SND) ou à une modélisation statistique (RANS ou URANS). En effet, étant donné les capacités des calculateurs actuels, la description de l'ensemble des échelles de l'écoulement turbulent dans les configurations industrielles visées dans ce projet est inaccessible à une SND. Les approches statistiques (RANS) proposent alors de ne calculer que le champ moyen de l'écoulement et de modéliser toutes les échelles de la turbulence. Elles ont l'avantage de pouvoir traiter des géométries complexes à des coûts de calcul modérés mais ne permettent pas de reproduire les phénomènes fluctuants liés à la turbulence. En SGE, les grandes échelles énergétiques de l'écoulement sont calculées explicitement et seules les plus petites échelles sont modélisées. Le calcul des plus grandes échelles permet alors de prédire les phénomènes instationnaires les plus influents de la dynamique de l'écoulement à un coût de calcul accessible.

Ainsi, la thèse se déroulera en trois grandes étapes. Dans un premier temps, les procédures de simulations seront mises en place et les résultats numériques seront comparés aux résultats expérimentaux issus d'essais réalisés au sein du laboratoire d'Alstom Hydro en tenant compte des incertitudes persistantes entre la configuration numérique et le cas réel. Dans un second temps, les résultats numériques validés serviront de base de donnée pour analyser les mécanismes physiques entraînant le phénomène de feston. A partir de cette analyse, des procédures de contrôle pourront être proposées et testées par voie numérique. Finalement, les solutions les plus prometteuses seront mises en pratique et feront l'objet d'essais menés par Alstom Hydro. Les résultats numériques et expérimentaux seront alors confrontés afin de valider l'approche numérique et les procédures de contrôle envisagées.