

## Proposition de Thèse

### Prédiction de l'influence de la cavitation sur les performances d'une turbine axiale de type double réglage

#### DESCRIPTIF DU PROBLEME :

Les turbines axiales du type Kaplan et Bulbe sont adaptées à l'exploitation d'aménagements hydrauliques de basse chute et débit élevé. Le marché lié au développement de ce type de turbine est actuellement en pleine expansion, particulièrement en Amérique du Sud et en Asie.

Ces machines axiales permettent un réglage du débit par le changement de l'ouverture de vannes fixes directrices placées en amont de la roue, mais également par la modification (en rotation) de la position des pales par rapport au moyeu de la machine (phénomène de détalonnage). Par ce double réglage, on cherche à avoir de hauts rendements de la turbine pour une large plage de points de fonctionnement.

Pour certains réglages des pales, les écoulements de jeux au moyeu et à la ceinture de la roue ont un fort impact sur les performances de la machine. Ces performances sont fonction notamment de la présence d'écoulements cavitants dans la roue. Ces écoulements ont lieu pour des débits élevés et semblent indépendants du diamètre de la roue. La cavitation apparaît sur la face extrados du profil de la pale et plus particulièrement à proximité du moyeu (Figure 1). Ce même phénomène dimensionne la machine dans le sens où si celui-ci est prononcé, le rendement global de la turbine chute de manière importante induisant une diminution drastique de la puissance mécanique délivrée par la turbine. Dans ce cas de figure, augmenter le débit turbiné par la roue ne permet pas d'augmenter la puissance délivrée. On est alors en saturation de puissance liée à la cavitation moyeu.

#### ETAT DE L'ART :

Pour mieux comprendre et prédire le fonctionnement des turbines axiales à double réglage, des études avancées à caractère expérimental et numérique sont essentiels. Ces études nécessitent de mettre en application différents domaines scientifiques comme les écoulements tridimensionnels complexes, diphasiques, turbulents, en rotation ; les comportements instationnaires à différentes échelles ; les changements de phase et phénomènes de transferts associés, entre autres. Les défis scientifiques sont ainsi nombreux concernant les mesures au sein d'écoulements complexes cavitants, mais également les calculs et simulations de ces écoulements en vue de prédire et d'améliorer les performances, la durée de vie et la stabilité de fonctionnement des turbines.

A l'heure actuelle, peu d'études numériques en régime de cavitation ont été réalisées dans ces géométries de turbine et les résultats obtenus sont insuffisants, avec des écarts non négligeables entre la prédiction numérique des performances et les résultats expérimentaux acquis lors d'essais à l'échelle du modèle réduit (Figure 2).

## **OBJECTIFS DES TRAVAUX :**

Dans ce contexte, l'objectif de la présente thèse est d'améliorer les connaissances, la modélisation et les simulations des écoulements cavitants au sein des turbines axiales à double réglage. Ce travail sera mené sur la base de résultats expérimentaux qui seront obtenus, dans le cadre de la thèse, lors d'essais en modèle réduit. Ces données expérimentales seront fondamentales pour l'analyse des phénomènes, mais également pour le développement et validation des modèles physiques et numériques pour le calcul d'écoulements 3D cavitants stationnaires et instationnaires en géométrie de turbines. L'outil numérique développé lors de la présente étude vise à prédire la cavitation sous forme décollée ou attachée aux aubages, notamment dans la région des jeux roue/moyeu et roue/ceinture.

Plus précisément, l'ensemble des travaux expérimentaux et numériques proposés permettront :

- l'analyse et la caractérisation des écoulements cavitants et des mécanismes de chute de performance des machines ;
- l'évaluation des conséquences entraînées par l'apparition de la cavitation (chute de performance, efforts statiques et dynamiques appliqués sur l'axe de la turbine, éventuel endommagement par fatigue des structures solides dus à des phénomènes vibratoires ou à l'érosion de cavitation, entre autres).

Ces travaux permettront à l'industriel de proposer de nouveaux critères de design, conception et exploitation des turbines axiales à double réglage.

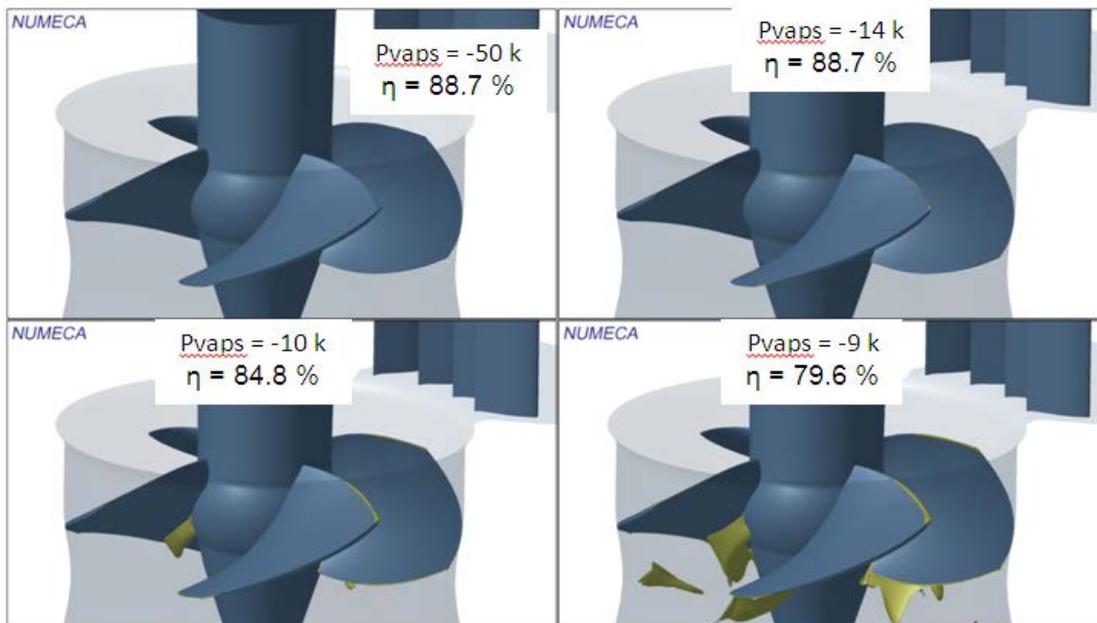


Figure 1 : Visualisation des résultats numériques indiquant la présence de structures de vapeur (en vert) pour différents régimes de cavitation.  
(variation du NPSH, i.e. de la pression, au niveau de l'axe de rotation des pales)

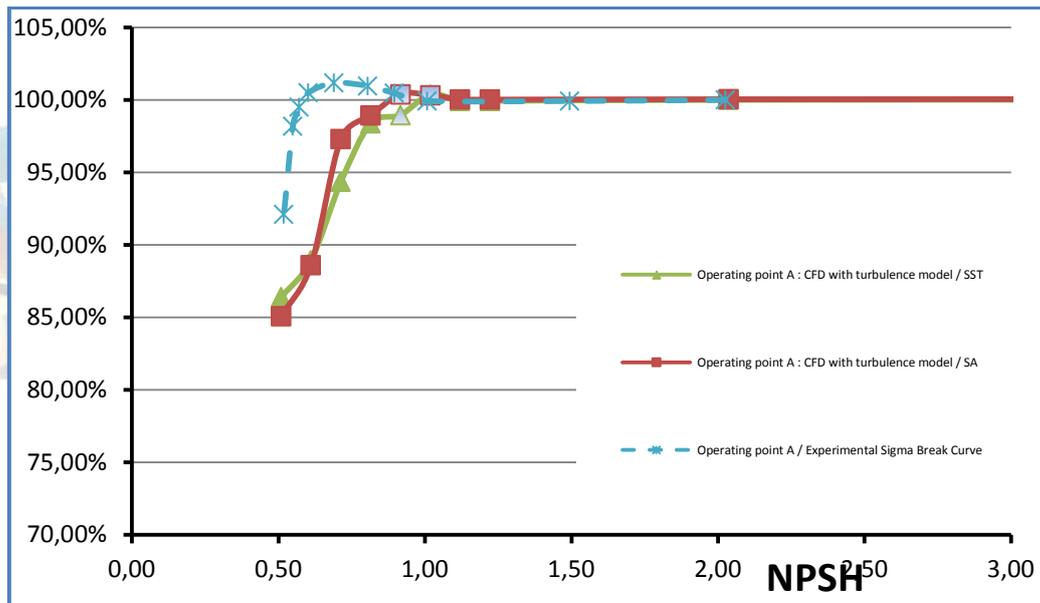


Figure 2 : Exemple quantitatif de comparaison calcul/essais concernant une courbe de chute de performance d'une turbine en fonction de l'augmentation de la cavitation (i.e. diminution du NPSH).

### Local :

Laboratoire Géophysique et Industriels (LEGI), équipe « énergétique », Grenoble  
Département développement R&D Hydro, ALSTOM HYDRO, Grenoble

### Responsables scientifiques :

Regiane FORTES PATELLA (Professeur des Universités, LEGI – Grenoble INP) :

e-mail : [regiane.fortes@grenoble-inp.fr](mailto:regiane.fortes@grenoble-inp.fr), Tél : +33 (0)4 76825081

Claire SEGOUFIN (Responsable du département développement R&D Hydro, ALSTOM HYDRO) :

e-mail : [claire.segoufin@power.alstom.com](mailto:claire.segoufin@power.alstom.com), Tél : +33 (0)4 76393589

### Période des travaux :

septembre/octobre 2015 à août/septembre 2018