
Proposition de stage



Écoulement bouillant eau-vapeur : expérimentation et modélisation multi-échelles dans un formalisme à deux fluides

Niveau : Formation BAC+5 (Master ou Ingénieur)

Démarrage : à partir de Février/Mars 2022

Introduction : Dans le contexte énergétique actuel, le développement et l'optimisation des procédés de conversion des énergies renouvelables suscite de plus en plus d'engouement. Les technologies solaires concentrés (CSP) s'inscrivent dans ces procédés propres de génération d'énergie. Cette technique consiste à concentrer les rayons du soleil à l'aide de miroir (héliostats) sur un récepteur, pour générer une élévation de température. La chaleur est transférée vers un échangeur de chaleur où de la vapeur est produite pour entraîner une turbine et générer de l'électricité. Une des technologies se développant actuellement consiste à générer directement de la vapeur (GDV) dans le récepteur [Dinsenmeyer 2015]. Ceci permet (i) de ne plus utiliser de fluide caloporteur (HTF, souvent onéreux), (ii) de réduire le nombre d'échangeurs de chaleur et (iii) de ne plus utiliser de matériaux «polluants» pour le stockage de la chaleur. La centrale eLLO opérée par SUNCNIM en Cerdagne repose sur cette technologie (voir [YouTube eLLO™ SUNCNIM](#)). Dans le récepteur, les transferts thermiques convectifs fluide/paroi entraînent l'évaporation du liquide et la création d'un écoulement diphasique dont la fraction volumique varie grandement en fonction de la position dans le tube récepteur. Ce stage s'inscrit dans une thématique de recherche ayant pour objectif la prédiction des régimes d'écoulement diphasique dans les récepteurs. Celle-ci est d'une importance capitale pour deux raisons : (i) prévoir la quantité de vapeur produite et donc la production de la centrale, (ii) prédire les contraintes thermomécaniques imposées aux matériaux du tube.

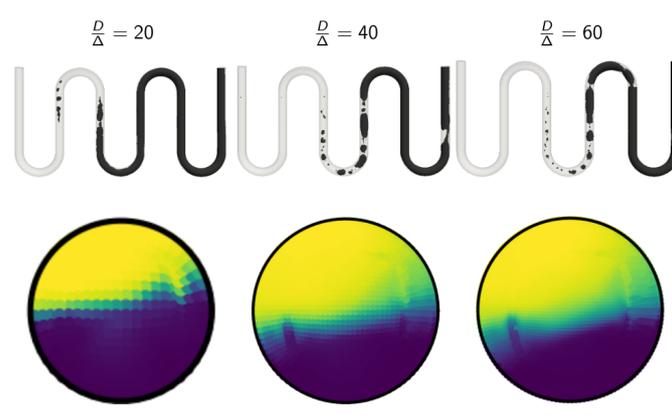


FIGURE 1 – Evaluation de la convergence en maillage. Haut : représentation instantannée de l'interface pour différente résolution. Bas : Champ stationnaire moyenné de la fraction volumique de vapeur dans une section proche de la sortie du domaine.

Objectifs : Du fait de l'émergence récente de ce type de centrale, les données expérimentales d'exploitation - indispensables à la validation de l'outil numérique - sont actuellement indisponibles dans la littérature. Les simulations réalisées à ce jour sont validées par confrontation

à une étude expérimentale de la littérature, reprenant tous les ingrédients physiques de notre écoulement, d'ébullition de *R141b* dans un tube horizontal en serpentin [Yang et al 2008]. Ces données ont permis une première évaluation des modèles [Butaye et al 2021] mais ont également montré leurs limites. Le stagiaire devra donc dimensionner un banc expérimental permettant d'étudier les écoulements bouillants eau-vapeur dans une configuration en conduite horizontale. Le stagiaire aura à sa charge le suivi de projet sur ce volet conception.

En parallèle, il poursuivra le travail numérique déjà entrepris avec le logiciel de simulations NEPTUNE_CFD (voir  [Neptune_CFD™ EDF](#)). Ce code numérique, utilisant la méthode des volumes finis, est une extension à n phases du modèle à deux fluides initialement développé pour les écoulements dispersés. Des travaux récents ont introduit de nouveaux modèles dans cet outil pour modéliser les écoulements gaz-liquides complexes (stratifiés, poches-bouchons, ...). Des travaux antérieurs ont montrés qu'une résolution à 40 mailles par diamètre permet d'atteindre une convergence en maillage (voir Fig. 1). Une étude paramétrique sur les différentes options de modélisation (prise en compte d'un raidissement d'interface, modèle de turbulence, paramètre du modèle d'ébullition,...) devra donc être menée à cette résolution sur la configuration de Yang. Un cas de calcul représentatif d'un récepteur solaire sera également mis en place.

Programme de recherche :

- Identification et analyse des mécanismes physiques mis en jeu à travers une étude bibliographique.
- Dimensionnement et suivi de conception d'un banc expérimental permettant l'étude des écoulements bouillant eau-vapeur horizontaux.
- Etude paramétrique des différentes options de modélisation sur la configuration de Yang pour une résolution de 40 mailles par diamètre.
- Réalisation de simulations utilisant la démarche précédemment mise en place sur une configuration représentative d'un récepteur GDV.

Profil du candidat : Niveau BAC+5 (Master ou Ingénieur). Le candidat devra avoir une solide formation en mécanique des fluides et/ou en énergétique. Un attrait pour le travail expérimental et numérique est nécessaire. Une habileté avec linux et un langage de programmation (C/C++, Python) sera appréciée.

Lieu de stage : Laboratoire PROMES – Site de Perpignan.

Rémunération : Gratification forfaitaire en vigueur (\approx 570 euros/mois)

Candidature : Les lettres de candidature devront être accompagnées d'un CV et adressées à Samuel Mer : samuel.mer@univ-perp.fr, Adrien Toutant : adrien.toutant@univ-perp.fr

[➔ Candidater](#)

Références :

- Butaye E., Ploquin M., Mer S., Toutant A., Bataille F., October 2021. Euler-Euler multi-scale simulations of internal turbulent boiling flow with conjugated transfer. Dispersed two-phase flow - SHF - Online Event.
- Dinsemeyer R., 2015. Étude des écoulements avec changement de phase : application à l'évaporation directe dans les centrales solaires à concentration. Univ. Grenoble – PhD thesis 
- Mer S., Praud O., Neau H., Merigoux N., Magnaudet J., Roig V., 2018. The emptying of a bottle as a test case for assessing interfacial momentum exchange models for Euler-Euler simulations of multi-scale gas-liquid flows. Int. J. Multiph. Flow 106. 
- Yang Z., Peng X.F., Ye P., 2008. Numerical and experimental investigation of two phase flow during boiling in a coiled tube. Int. J. Heat Mass Transf. 51.