

Proposition de stage de M2

Écoulement bouillant dans les récepteurs solaires à Génération Directe de Vapeur

⚠ English version below

Mots-clés

Récepteur solaire, Génération Directe de Vapeur, Ecoulement bouillant, Simulation numérique, Expérimentation

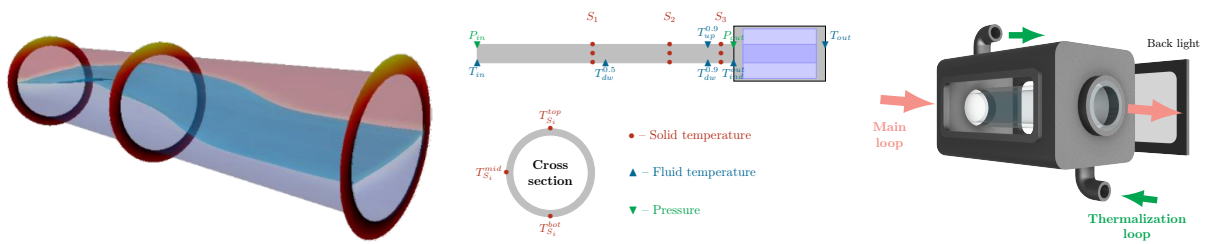


FIGURE 1 – Gauche : Simulation 3D d'un régime d'écoulement stratifié à vagues dans la section d'essai de CONBO. Milieu : Schéma de la section d'essai de CONBO et de son instrumentation. Droite : Vue CAO de la boîte de visualisation offrant un accès optique aux régimes d'écoulement.

Contexte

Dans le contexte énergétique actuel, la production d'énergie électrique par voie solaire et la décarbonation des procédés industriels suscitent de plus en plus d'engouement. Les technologies solaires à concentration (CST) s'inscrivent comme une solution prometteuse pour ces deux usages. Ces procédés consistent à concentrer les rayons du Soleil à l'aide de miroirs (héliostats) sur un récepteur, afin de générer une élévation de température. La chaleur est évacuée par un fluide caloporteur et valorisée soit directement dans un procédé qui la requiert, soit pour produire de l'électricité via une turbine. Une des technologies actuellement en développement consiste à générer directement de la vapeur (GDV) dans le récepteur [I. Aguilera-Cortes *et al* – *JSE*, 2025 [🔗](#)].

Dans cette approche, les transferts thermiques convectifs fluide/paroi entraînent l'évaporation du liquide et la formation d'un écoulement diphasique dont la fraction volumique varie fortement en fonction de la position dans le tube récepteur. Savoir prédire le régime d'écoulement est d'une importance capitale pour estimer la quantité de vapeur produite — donc la production de la centrale — ainsi que les contraintes thermomécaniques imposées au tube récepteur.

D'un point de vue applicatif, la GDV permet notamment de s'affranchir des fluides caloporteurs classiques (souvent onéreux) et de réduire le nombre d'échangeurs. Cependant, de nouveaux défis apparaissent, liés au contrôle des écoulements diphasiques. La centrale eLLO, construite par SUNCNIM en Cerdagne, repose sur cette technologie (voir [YouTube eLLO](#)). Le stage à pourvoir s'inscrit dans le projet ANR STEAMSUN, qui vise à caractériser expérimentalement et modéliser les écoulements bouillants à l'œuvre dans ces récepteurs afin d'en optimiser le fonctionnement.

Description du travail

L'approche numérique repose sur un couplage thermohydraulique entre NEPTUNE_CFD (voir  Neptune_CFD™ EDF) - pour la partie fluide - et Syrthes™ EDF, pour les transferts thermiques au sein de la paroi solide. Des simulations reproduisant le banc expérimental CONBO, disponible au laboratoire, seront entreprises. La confrontation avec la base de données expérimentale existante permettra d'affiner la modélisation des transferts thermiques à la paroi du récepteur, notamment en lien avec le modèle de partitionnement de flux de chaleur. En parallèle, la métrologie du banc CONBO évoluera, notamment avec le remplacement de la boîte de visualisation par un capteur *Wire Mesh Sensor* () , qui permettra la mesure résolue en temps et en espace du champ de fraction volumique en sortie du tube. La personne recrutée réceptionnera le capteur actuellement en cours d'acquisition et assurera sa mise en service ainsi que les premiers essais en collaboration avec le reste de l'équipe.

Programme du stage

1. Se familiariser avec les outils numériques et les modèles physiques associés à travers une étude bibliographique.
2. Mettre en place une simulation du dispositif expérimental à l'aide de la dernière version du code de calcul NEPTUNE_CFD (v9.0).
3. Réaliser une étude paramétrique pour différents débits, puissances thermiques et inclinaisons de la section d'essai, puis confronter les résultats numériques aux données expérimentales.
4. Réceptionner et mettre en service le capteur *Wire Mesh Sensor*, et effectuer les premiers essais avec la nouvelle instrumentation.

Profil du candidat : Niveau **BAC+5** (Master ou École d'ingénieurs). Le ou la candidate devra posséder une solide formation en mécanique des fluides et/ou en énergétique. Un intérêt marqué pour le travail expérimental et numérique est requis. Une aisance avec l'environnement LINUX ainsi qu'avec un langage de programmation (C/C++, PYTHON) sera appréciée.

Lieu de stage : Laboratoire PROMES – Site de Perpignan.

Début de stage : Février/Mars 2026.

Rémunération : Gratification forfaitaire en vigueur (≈ 625 €/mois).

Candidature : Pour candidater, merci d'envoyer votre CV, une lettre de motivation, ainsi que vos relevés de notes de licence et de master (et, de manière optionnelle, une lettre de recommandation) à l'ensemble de l'équipe d'encadrement.

Une thèse financée par l'ANR STEAMSUN démarrera sur la même thématique à l'automne 2026

Encadrement

- Israël Aguilera-Cortes (israel.aguilera-cortes@cnrs.fr)
- Samuel Mer (samuel.mer@univ-perp.fr)
- Adrien Toutant (adrien.toutant@univ-perp.fr)

 **Candidater**

M2 internship offer

Boiling flow in Direct Steam Generation solar receivers

Key-words

Solar receiver, Direct Steam Generation, Boiling flow, Numerical simulation, Experimentation

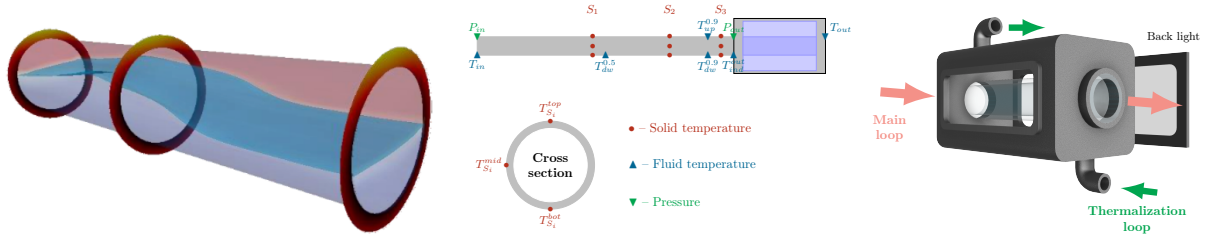


FIGURE 2 – Left : 3D simulation of a wavy stratified flow regime in the CONBO test section. Center : Diagram of the CONBO test section and its instrumentation. Right : CAD view of the visualization box providing optical access to the flow regimes.

Context

In the current energy context, solar-based electricity generation and the decarbonization of industrial processes are attracting growing interest. Concentrated Solar Technologies (CST) are emerging as a promising solution for both applications. These systems focus sunlight using mirrors (heliostats) onto a receiver to generate high temperatures. The heat is removed by a heat transfer fluid and either directly used in a process that requires it or converted into electricity through a turbine. One technology currently under development consists in directly generating steam (Direct Steam Generation, DSG) within the receiver [[I.Aguilera-Cortes et al., JSE, 2025](#)].

In this approach, convective heat transfer between the fluid and the wall leads to the evaporation of the liquid and the formation of a two-phase flow whose void fraction varies significantly along the receiver tube. Predicting the flow regime is crucial to estimate both the amount of steam produced — and thus the plant’s power output — and the thermomechanical stresses applied to the receiver tube.

From an application standpoint, DSG offers the advantage of eliminating the need for conventional (and often expensive) heat transfer fluids and reducing the number of heat exchangers. However, new challenges arise regarding the control of two-phase flows. The eLLO power plant, built by SUNCNIM in the Cerdagne region, is based on this technology (see [eLLO](#)). The internship position is part of the ANR STEAMSUN project, which aims to experimentally characterize and numerically model the boiling flows occurring in such receivers in order to optimize their performance.

Work description

The numerical approach is based on a thermohydraulic coupling between NEPTUNE_CFD (see [NEPTUNE_CFD™ EDF](#)) — for the fluid phase — and Syrthes™ EDF, for heat transfer within the solid wall. Simulations reproducing the CONBO experimental setup available at the laboratory will be

carried out. Comparison with the existing experimental database will make it possible to refine the modeling of wall heat transfer in the receiver, particularly in relation to the heat flux partitioning model.

In parallel, the CONBO test bench instrumentation will be upgraded, notably through the replacement of the visualization box by a *Wire Mesh Sensor* ([↗](#)), which will enable time- and space-resolved measurements of the void fraction field at the tube outlet.

The recruited student will receive the sensor currently being procured and will be responsible for its commissioning as well as for conducting the first tests in collaboration with the rest of the team.

Internship Program

1. Become familiar with the numerical tools and associated physical models through a bibliographic study.
2. Set up a simulation of the experimental device using the latest version of the NEPTUNE_CFD code (v9.0).
3. Carry out a parametric study for different mass flow rates, heat inputs, and test section inclinations, and compare the numerical results with the experimental data.
4. Receive and commission the *Wire Mesh Sensor*, and perform the first tests with the new instrumentation.

Candidate Profile : Level : BAC+5 (Master's degree or Engineering school). The candidate should have a strong background in fluid mechanics and/or thermal engineering. A strong interest in both experimental and numerical work is required. Familiarity with the LINUX environment and with at least one programming language (C/C++, PYTHON) will be appreciated.

Internship Location : PROMES Laboratory – Perpignan site.

Start Date : February/March 2026.

Remuneration : Standard internship allowance (≈ 625 €/month).

Application : To apply, please send your CV, a motivation letter, and your Bachelor's and Master's transcripts (optionally, a letter of recommendation) to all members of the supervision team.

A PhD thesis funded by the ANR STEAMSUN project will start on the same topic in autumn 2026.

Supervision

- Israël Aguilera-Cortes (israel.aguilera-cortes@cnrs.fr)
- Samuel Mer (samuel.mer@univ-perp.fr)
- Adrien Toutant (adrien.toutant@univ-perp.fr)

[➡ Apply](#)