

Boiling flows in horizontal macroscopic pipes: experimental investigation and Euler-Euler modeling

Starting date: April 1st, 2026 at the latest

⚠ French version below

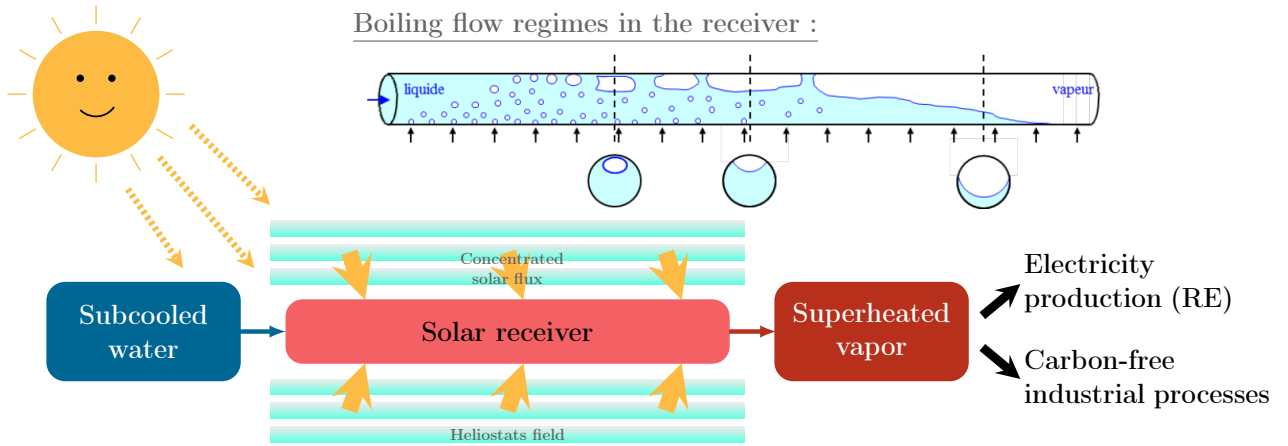


Figure 1: Graphical summary of the STEAMSUN project. The Direct Steam Generation technique, as well as the possible flow regimes in the receiver, are illustrated.

Although currently underutilized, Concentrated Solar Technologies (CST) represent a promising solution for decarbonizing the energy mix and certain industrial processes. CST systems produce heat by concentrating solar radiation onto a receiver using a field of mirrors. This heat, removed by a Heat Transfer Fluid (HTF), can either be used directly in an industrial process or converted into electricity through a thermodynamic cycle. In the latter case, the system is referred to as a Concentrated Solar Power (CSP) plant. The only operational CSP plant in France is located in Llo, in the Cerdagne region. It uses linear Fresnel collectors. Solar radiation is concentrated onto a horizontally positioned tube with an internal diameter of approximately 50 mm, located a few meters above the mirrors. The Heat Transfer Fluid (HTF) is subcooled water. Under solar irradiation, the receiver tube wall heats up, and the water removes the heat by convection. Once the saturation point is reached, a boiling flow develops. Various flow regimes emerge depending on the control parameters. In Llo, the generated steam is used in a turbine to produce electricity [5, 4]. However, an alternative and promising pathway focuses on industrial decarbonization by directly using the generated steam in industrial processes that require it [3] – such as in the food industry, papermaking, or oil extraction. It is essential to be able to predict the flow regimes inside the receiver for two main reasons. First, steam production directly depends on the prevailing flow regime. Second, the thermomechanical stresses exerted on the receiver tube – which have a direct impact on its lifespan – also vary with the flow regime. In particular, when part of the receiver tube dries out, hot spots may develop due to the poor heat removal capability of the vapor.

Objectives and Methodological Approach

The PhD project is based on a combined approach, integrating experimental investigations using the CONBO facility and numerical modeling of the system using an Euler-Euler framework (by coupling the NEPTUNE_CFD and Syrthes codes [1], developed by key players in the French nuclear sector).

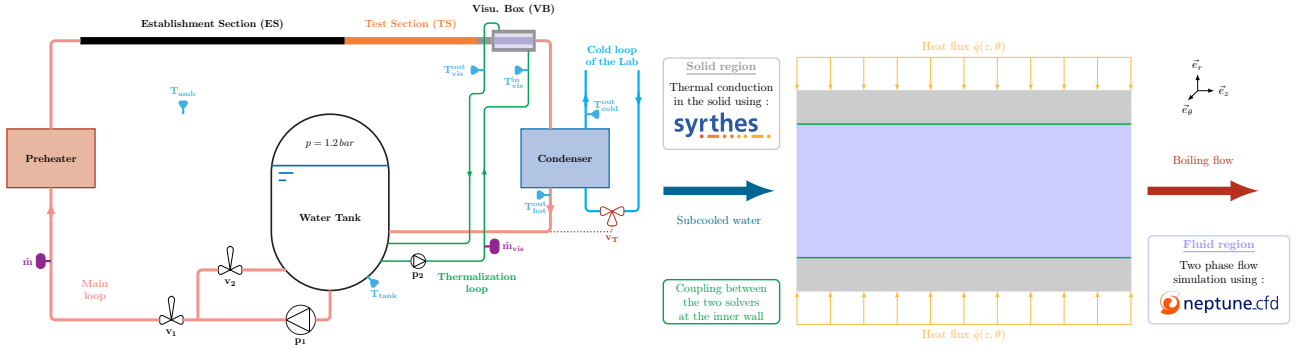


Figure 2: Left: Hydraulic diagram of the CONBO experimental setup. Right: Representation of the thermohydraulic coupling implemented in the numerical part of the PhD work.

The work plan includes:

- ▷ A detailed literature review on boiling flow regimes and their modeling.
- ▷ The enhancement of the CONBO experimental setup with the integration of a [Wire Mesh Sensor](#) ([↗](#)) to measure the void fraction at the outlet of the test section, and strain gauges on the heated section.
- ▷ The physical analysis of heat and mass transfer mechanisms occurring in these flows, based on the collected experimental database.
- ▷ The assessment of closure models within the Euler-Euler approach – particularly the wall heat flux partitioning model [2, 6] – through comparison with the experimental data.

Profile: We are looking for Master’s-level candidates with a background in fluid mechanics or thermal engineering. Given the scope of the research project, a strong interest in both experimental work and numerical modeling is essential. Familiarity with Linux and a programming language (C/C++ or Python) is a plus but not mandatory.

Location: PROMES CNRS Laboratory – Perpignan site

Salary: Minimum gross monthly salary of € 2,135

Application: Applications must be submitted through the CNRS job portal ([↗ CNRS](#)) and should include: a CV, a motivation letter, transcripts from both Bachelor’s and Master’s degrees, and contact details (email and phone) for two references.

References

- [1] I. Aguilera-Cortes, A. Toutant, and S. Mer – 2025 – [Solar Energy](#) , 287
- [2] L. Favre, C. Colin, S. Pujet, and S. Mimouni – 2023 – [International Journal of Heat and Mass Transfer](#) , 211
- [3] Kyotherm. [Vapeur Solaire pour la brasserie Heineken de Valence \(Espagne\)](#) - [↗](#). 2024.
- [4] E. Montanet, S. Rodat, Q. Falcoz, and F. Roget – 2023 – [Energy](#) , 274
- [5] M. Ploquin, S. Mer, A. Toutant, and F. Roget – 2022 – [Solar Energy](#) , 245
- [6] C. Reiss, A. Gerschenfeld, and C. Colin – 2024 – [International Journal of Multiphase Flow](#) , 181

Écoulements bouillants en conduite macroscopique horizontale : caractérisation expérimentale et modélisation Euler-Euler

Démarrage : au plus tard le 1^{er} avril 2026

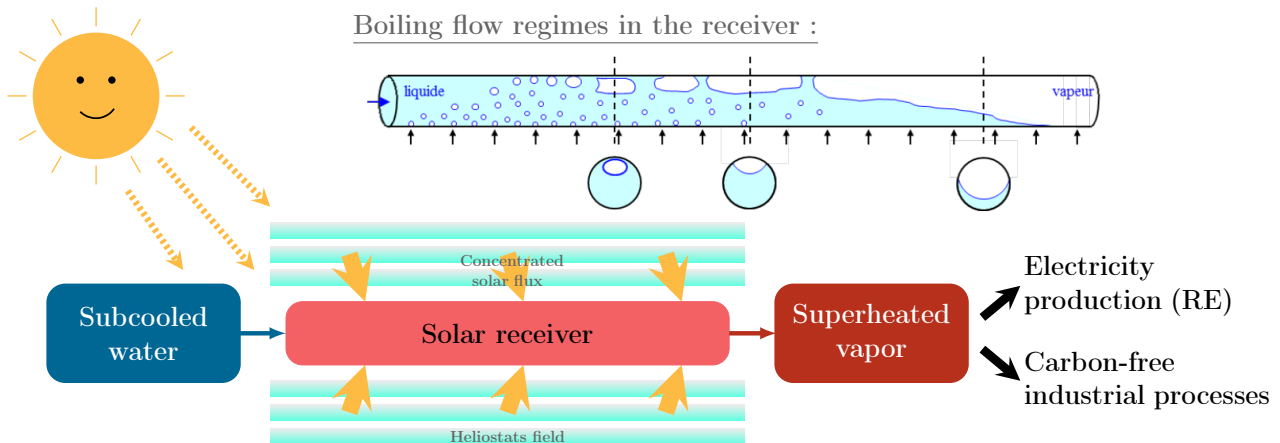


Figure 3: Résumé graphique du projet STEAMSUN. La technique de Génération Directe de Vapeur, ainsi que les régimes d'écoulement pouvant apparaître dans le récepteur sont schématisés.

Bien que sous-exploitées actuellement, les technologies solaires à concentration (CST) apparaissent comme une solution intéressante pour décarboner le mix énergétique et certains procédés industriels. Les CST permettent la production de chaleur grâce à la concentration du rayonnement solaire par un champ de miroirs sur un récepteur solaire. Cette chaleur, évacuée par un fluide de transfert thermique (HTF), peut être soit utilisée directement comme telle dans un procédé industriel soit valorisée sous forme d'électricité par un cycle thermodynamique. On parle alors de Centrale Solaire à Concentration (CSP). La seule centrale CSP française opérationnelle est installée à Llo en Cerdagne. Elle utilise des collecteurs linéaires de Fresnel. Le rayonnement est concentré sur un tube d'un diamètre interne de l'ordre de 50 mm positionné à l'horizontale quelques mètres au-dessus. Le HTF est de l'eau sous-refroidie. Sous l'effet du rayonnement solaire, la paroi du tube récepteur chauffe et l'eau évacue la chaleur par convection. Au-delà de la saturation, un écoulement bouillant se met en place. Différents régimes d'écoulement apparaissent en fonction des paramètres de contrôle. A Llo, la vapeur produite est valorisée dans une turbine pour produire de l'électricité [5, 4]. Cependant, une filière parallèle et prometteuse, visant la décarbonation de l'industrie, consiste à valoriser directement la vapeur produite dans des procédés industriels qui la requièrent [3] (agroalimentaire, papeterie, extraction de pétrole...). Il est primordial de pouvoir prédire les régimes d'écoulement dans le récepteur pour deux raisons. Tout d'abord, la production de vapeur dépend directement de celui-ci. De plus, les contraintes thermomécaniques exercées sur le tube récepteur, qui ont un impact direct sur sa durée de vie, varient également en fonction des régimes. En effet, lorsqu'une partie du tube récepteur s'assèche, des points chauds peuvent apparaître du fait de la mauvaise évacuation de la chaleur par la vapeur.

Objectifs et approche méthodologique

La thèse repose sur une approche couplée alliant une étude expérimentale avec le dispositif CONBO et la modélisation du dispositif par approche Euler-Euler (en couplant les logiciels NEPTUNE_CFD et syrthes [1] développé par les acteurs du nucléaire français).

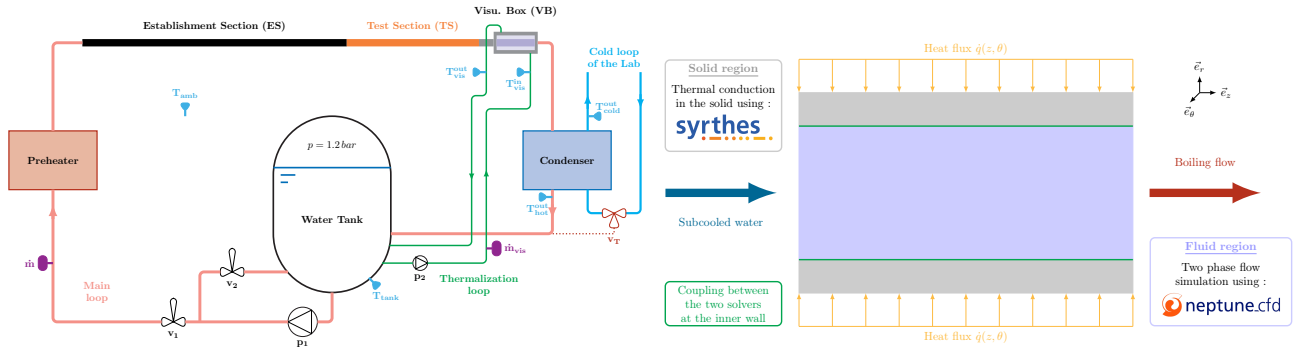


Figure 4: Gauche : schéma hydraulique du banc expérimental CONBO. Droite : Représentation du couplage thermohydraulique mise en œuvre sur le volet numérique de la thèse.

Le programme de travail prévoit :

- ▷ Une étude bibliographique détaillée de l'état de l'art sur les régimes d'écoulement bouillant et leur modélisation
- ▷ L'enrichissement de l'instrumentation de CONBO avec la mise en place d'un [Wire Mesh Sensor](#) (🔗) pour mesurer la fraction volumique en sortie de la section d'essai et de jauges de contrainte sur la section chauffée.
- ▷ L'analyse physique des mécanismes de transfert apparaissant dans ces écoulements grâce à la base de données expérimentales collectée
- ▷ L'évaluation des modèles de fermeture de l'approche Euler-Euler – notamment le modèle de partitionnement de flux à la paroi [2, 6] – par confrontation à la base de donnée expérimentale

Profil : Nous recherchons des candidats/candidates de niveau master avec une spécialisation en mécanique des fluides ou en énergétique. Compte tenu du programme de recherche, une appétence conjointe pour le travail expérimental et l'informatique et la modélisation est indispensable. Une habileté avec linux et un langage de programmation (C/C++,Python) sera appréciée mais n'est pas nécessaire.

Localisation : Laboratoire PROMES CNRS - site de Perpignan

Rémunération : 2 135 € brut mensuel minimum

Candidature : Les candidatures doivent être déposées sur le portail du CNRS (🔗 [CNRS](#)) et inclure : un CV, une lettre de motivation, les relevés de note de licence et master, le contact (mail et téléphone) de deux références

Bibliographie

- [1] I. Aguilera-Cortes, A. Toutant, and S. Mer – 2025 – [Solar Energy](#) , 287
- [2] L. Favre, C. Colin, S. Pujet, and S. Mimouni – 2023 – [International Journal of Heat and Mass Transfer](#) , 211
- [3] Kyotherm. [Vapeur Solaire pour la brasserie Heineken de Valence \(Espagne\)](#) - (🔗). 2024.
- [4] E. Montanet, S. Rodat, Q. Falcoz, and F. Roget – 2023 – [Energy](#) , 274
- [5] M. Ploquin, S. Mer, A. Toutant, and F. Roget – 2022 – [Solar Energy](#) , 245
- [6] C. Reiss, A. Gerschenfeld, and C. Colin – 2024 – [International Journal of Multiphase Flow](#) , 181