

Proposition de sujet de thèse

Sacade : Solaire à concentration appliqué au Dessalement

Régis Olivès, Quentin Falcoz (PROMES- UPVD)

Résumé :

L'objet du travail porte sur l'hybridation de l'énergie solaire à concentration et du dessalement de l'eau de mer. A l'aide du rayonnement solaire concentré, il est possible d'élever la température d'un média et apporter la puissance nécessaire afin de générer la vapeur à partir d'eau salée [1]. La difficulté souvent rencontrée est le dépôt de sel sur la paroi chauffante suite à l'évaporation [2]. La réduction des performances thermiques du procédé à cause du dépôt nécessite sa suppression.

Il s'agit d'exploiter l'effet Leidenfrost pour éviter le dépôt de sel sur la paroi chauffante. Ce régime d'ébullition conduit à l'obtention d'un film de vapeur qui s'interpose entre l'eau salée et la surface à travers laquelle est transmis le flux de chaleur. Pour cela, il est nécessaire d'atteindre un niveau de flux et une gamme de température suffisants, rendu possible par l'utilisation de la concentration solaire. Ainsi, durant la thèse effectuée dans le cadre de la collaboration entre les laboratoires TBI (Toulouse Biotechnology Institut) de l'INSA Toulouse et PROMES, Dylan Lorring a mis au point un procédé servant à la fois de récepteur du rayonnement solaire et de surface chauffante pour l'évaporation (Fig 1) [3]. Ce système est constitué d'un cône métallique creux dont la pointe est plongée dans l'eau et dont la base est soumise au rayonnement concentré. Les premières expérimentations de ce procédé réalisé au four solaire d'Odeillo ont montré la possibilité de former un film de vapeur et ainsi démontré expérimentalement la faisabilité du concept. Il s'agit désormais de comprendre la formation du film selon les conditions de température et de flux, la géométrie (angle du cône), les propriétés thermiques du matériau du cône ainsi que la concentration en sel.

Ce travail consiste donc à consolider les connaissances sur les phénomènes mis en jeu dans le cas de l'ébullition d'eau salée et à apporter les éléments nécessaires au dimensionnement et au design du procédé de dessalement par voie solaire concentré.

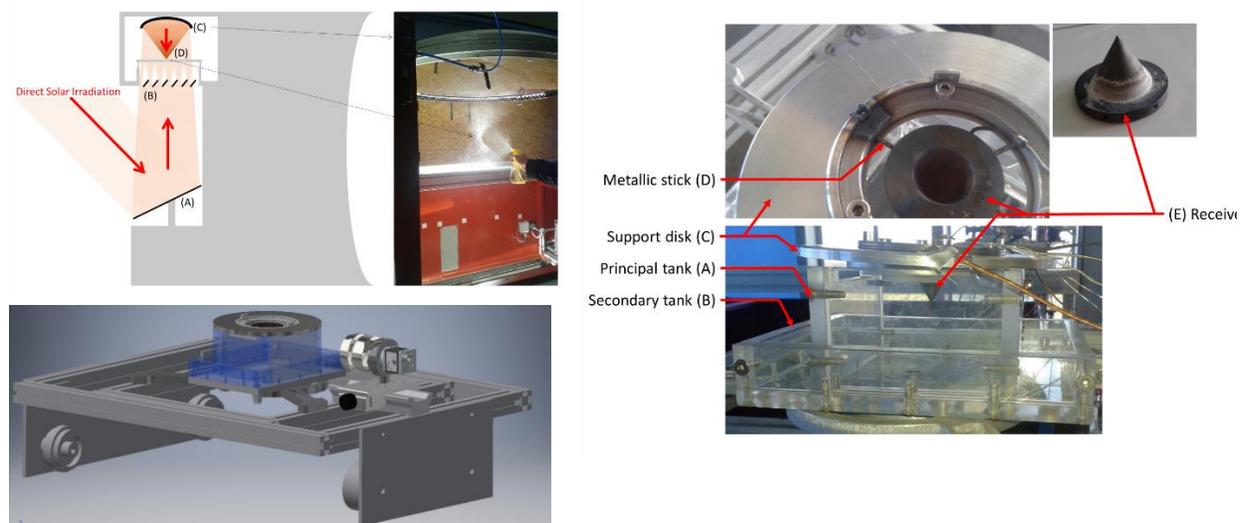


Fig 1 : Installation solaire d'Odeillo (parabole à axe vertical) et montage expérimental

Présentation scientifique du projet de recherche (objectifs, méthode, ...) :

Les travaux de recherche envisagés comportent une partie expérimentale et une partie modélisation qui sont complémentaires.

A partir du banc expérimental opérationnel basé au laboratoire PROMES (Fig. 1), il s'agira d'une part de consolider les premières mesures obtenues sur l'eau pure dans certaines conditions et les étendre à de nouvelles conditions opératoires (flux, température, matériaux, géométrie...) (Fig. 2) et d'autre part à étudier le système avec l'eau salée à différents niveaux de concentration en sel.

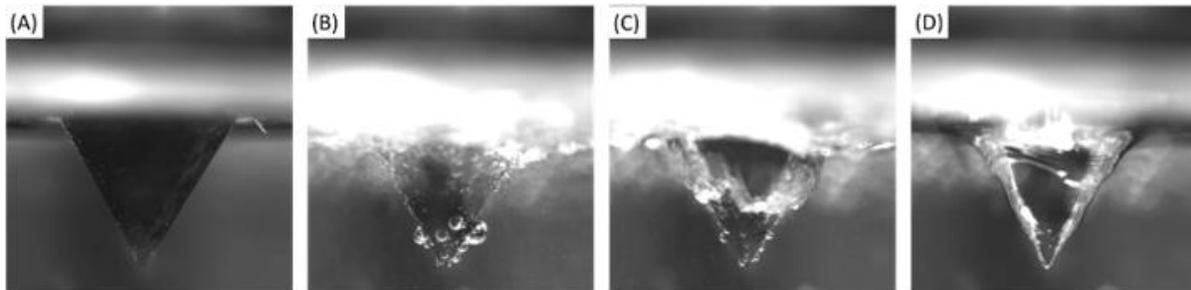


Fig 2 : Photos du récepteur solaire. Ébullition nucléée (b), formation du film (c), ébullition en film (d)

Il s'ensuivra l'étude de faisabilité pratique de la gestion de l'ébullition en film en eau salée et la gamme de fonctionnement adaptée. De plus, l'impact de la salinité de l'eau sur le transfert thermique (eau de mer « synthétique » et « réelle ») s'avèrera un point à éclaircir. L'effet du film de vapeur sur les phénomènes d'entartrage selon le niveau de concentration devra aussi faire l'objet d'une étude expérimentale (convection thermosolutale, évaluation à long terme des épaisseurs et localisation des dépôts, comportement en cyclage...).

Parallèlement à ce travail essentiellement expérimental, sera menée la modélisation des phénomènes de transfert couplés de chaleur et de masse. La géométrie et les dimensions du récepteur sont des paramètres importants afin d'optimiser l'absorption du rayonnement et la génération de vapeur [4]. Le design d'un tel récepteur profitera avantageusement de la confrontation entre expérience et modélisation des transferts couplés radiatifs, convectifs et conductifs avec changement de phase. Il s'agira donc de s'appuyer sur le travail de modélisation déjà réalisé pour pouvoir étendre le modèle à l'eau salée et à d'autres conditions opératoires. Cette modélisation pourra éventuellement être complétée par la simulation numérique en bénéficiant des compétences déjà présentes au laboratoire. L'objectif sera de pouvoir identifier les paramètres clés qui déterminent le design et le dimensionnement du système hybride de dessalement et de génération de vapeur (Fig. 3).

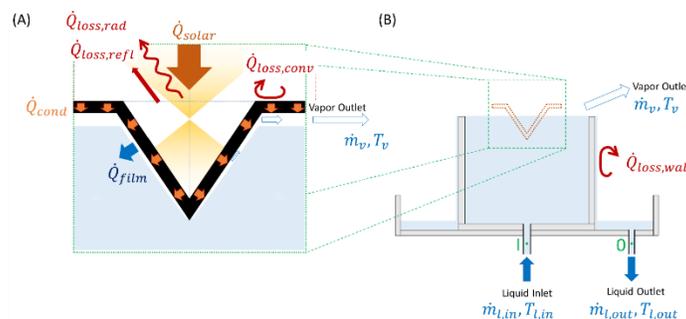


Fig 3 : Phénomènes de transfert et modélisation

Il sera nécessaire enfin d'ouvrir des perspectives quant à la configuration géométrique afin d'envisager la mise sous pression, la récupération de la vapeur ainsi que celle du sel.

Contexte académique :

Le laboratoire PROMES (Perpignan et Odeillo) et TBI (INSA Toulouse) ont mené un premier projet de collaboration qui a consisté en mettre en commun les compétences d'un côté sur le rayonnement solaire concentré et, d'un autre, sur le dessalement. Ces premiers travaux ont été effectués dans le cadre de la thèse de Dylan Lorfing, financée par l'INSA Toulouse. Ils ont montré la possibilité de générer la vapeur dans différents régimes d'ébullition et en particulier le régime en film. Forts de ces premiers travaux, il s'agit désormais de déterminer les conditions opératoires pour dessaler l'eau de mer et générer la vapeur qui pourra ensuite être exploitée.

Plan de travail :

Outre l'étude bibliographique sur la concentration solaire, les transferts de chaleur et de masse lors de l'évaporation de l'eau salée, il s'agira de prendre en main le banc expérimental et analyser les résultats expérimentaux obtenus sur l'eau à différents niveaux de concentration en sel. Une campagne de mesure spécifique sera dédiée à la détermination du comportement du sel afin de comprendre les phénomènes associés (convection, dépôts...). Le banc devra donc être adapté pour pouvoir mesurer et identifier les paramètres clés.

En parallèle, un modèle sera développé pour permettre de décrire les transferts couplés en tenant compte de la concentration en sel et des gradients engendrés. Suite à la confrontation du modèle avec les résultats expérimentaux, l'étude sera poursuivie de telle sorte à pouvoir définir les éléments de conception et de dimensionnement d'un procédé solaire de dessalement et de génération de vapeur.

Candidature :

Début de la thèse : 01/10/2023

Lieu de la thèse : Laboratoire PROMES, site du four solaire d'Odeillo.

Envoyer CV et lettre de motivation à :

regis.olives@promes.cnrs.fr

quentin.falcoz@promes.cnrs.fr

Références bibliographiques :

- [1] Trieb, F., Gehrung, J., Viebahn, P., Schillings, C., Hoyer, C., Kabariti, M., Shahin, W., Al-Taher, A., Altowaie, H., Sufian, T., Alnaser, W., Bennouna, A., El-Bassam, N., Jürgen, K., El-Nokraschy, H., Knies, G., Möller, U., Aliewi, A., Shaheen, H., Elhasairi, I., Haddouche, A., Glade, H., 2007. Aqua-CSP Concentrating Solar Power for Seawater Desalination.
- [2] Banat, F., 2007. Economic and technical assessment of desalination technologies.
- [3] Lorfing, D., Ahmadi, A., Olives, R., Falcoz, Q., 2021. New way to use concentrated solar heating : design of an integrated solar boiler. CYSENI2021.
- [4] Bashir, M.A., Giovannelli, A., 2019. Design optimization of the phase change material integrated solar receiver: A numerical parametric study. Applied Thermal Engineering 160, 114008.