

**Ecole doctorale 305 « Energie Environnement »**

## AVIS DE PRESENTATION DE TRAVAUX EN VUE DE L'OBTENTION DU DOCTORAT

Monsieur Hasan GHAZALE soutiendra sa thèse le **18 novembre 2024 à 10h00** à **Laboratoire PROMES Tecnosud, Rambla de la Thermodynamique 66100 PERPIGNAN**, salle **Salle de conférence**, un doctorat de l'Université de Perpignan Via Domitia, spécialité **Sciences de l'Ingénieur**.

**TITRE DE LA THESE** : Procédé thermochimique hybride pour le stockage d'énergie thermique et la cogénération de froid et de travail mécanique : preuve de concept expérimentale, simulations dynamiques et analyse exergetique.

**RESUME** : Cette thèse s'inscrit dans le cadre du pilier efficacité énergétique. Le travail présenté vise à apporter une contribution modeste à la recherche considérable sur l'efficacité énergétique, en se concentrant sur l'utilisation de sources de chaleur à des températures inférieures à 250°C. Ces sources sont qualifiées «basse à moyenne température», en référence à leur utilisation limitée dans l'industrie. Étant donné que l'énergie de ces sources n'est souvent pas directement utilisable (sous forme de chaleur fatale), leur conversion est une perspective intéressante pour générer un effet utile pouvant être injecté sur le site ou dans un réseau d'énergie à proximité. Le processus thermodynamique examiné dans cette recherche permet la conversion de la chaleur à basse et moyenne température en deux effets utiles : froid (à basse température) et électricité, avec une fonctionnalité de stockage de la source de chaleur sous forme de potentiel chimique. Ce processus hybride sont conçus sur la base de l'intégration d'une machine d'extraction de travail appelée "expandeur volumétrique" dans un cycle thermochimique qui exploite une réaction chimique réversible entre un solide et un gaz pour produire du froid à partir d'une source de chaleur à basse et moyenne température. La fonctionnalité de stockage dans le cycle permet de séparer la phase de disponibilité de la source de chaleur de la phase de cogénération des effets utiles. Cette propriété est extrêmement avantageuse, car la ressource et la demande peuvent être très variables dans le temps. L'état de l'art présenté vise à positionner les cycles thermodynamiques hybrides impliquant un processus de sorption dans le contexte de la valorisation des sources de chaleur à basse température. Après avoir passé en revue les ressources existantes (notamment la chaleur fatale industrielle) et le potentiel de stockage de chaleur, le chapitre introduit les systèmes actuels qui génèrent de l'électricité et/ou du froid à partir de sources de chaleur à basse température, plaçant la discussion dans le contexte des solutions techniques existantes. Il souligne la recherche sur les « cycles de sorption hybrides » et identifie les lacunes expérimentales dans leur étude. Un prototype thermochimique hybride est développé à PROMES afin de réaliser la preuve de concept. Les premiers tests sur le cycle sont présentées. Après la preuve de concept en produisant simultanément du froid et de la puissance mécanique stable, l'effet de la température froide est étudié sur la dynamique du cycle et sur sa cogénération. Une analyse analytique du couplage est également effectuée. Dans un deuxième temps, une analyse numérique et expérimentale du cycle hybride est faite. L'effet de la charge électrique couplée au générateur à l'expandeur est étudié. La dynamique du cycle et sa cogénération sont analysées pour différentes charges électriques couplées. Les principales limitations affectant la production dans le cycle sont mises en évidence. Le modèle numérique en régime permanent est validé, et une étude de sensibilité sur les paramètres limitants est réalisée. Un travail numérique détaillé sur le cycle est ensuite présenté. Le modèle énergétique dynamique (basé sur le 1ère principe) est mis en validation avec les résultats expérimentaux, en identifiant et en adaptant ses paramètres à ceux du prototype. Ensuite, un modèle exergetique est développé. Les destructions d'exergie dans le cycle sont estimées, en évaluant l'irréversibilité à chaque composant (basé sur le 2ème principe). Suite à une analyse exergetique pour minimiser la destruction d'exergie pendant la phase de production, la performance de la cogénération est améliorée. Enfin, la thèse se conclut par un résumé des travaux entrepris. Elle présente des perspectives basées sur cette recherche, y compris les développements potentiels pour le cycle et ses composants, l'intégration dans le monde réel, et de nouvelles configurations.

**Directeur de thèse** :

Nathalie MAZET, PROCédés, Matériaux et Energie Solaire - Université de Perpignan Via Domitia

Laboratoire où la thèse a été préparée : PROCédés, Matériaux et Energie Solaire

**Le jury sera composé de :**

Mme Lavinia GROSU, Maître de conférences, IUT de Ville d'Avray (**Rapporteur**)

Mme Nolwenn Le Pierrès, Professeure des universités, Université Savoie Mont Blanc (**Rapporteur**)

Mme Nathalie MAZET, Directrice de recherche, CNRS – PROMES (Procédés, Matériaux et Energie Solaire) - UPR 8521 (**Directeur de thèse**)

M. Maxime Perier-Muzet, Maître de conférences, Université de Perpignan - CNRS – PROMES "Procédés, Matériaux et Energie Solaire" (**Co-encadrant de these**)

M. François Lanzetta, Professeur des universités, Université de Franche-Comté - UFR STGI (**Examineur**)

M. Kevyn JOHANNES, Professeur, CETHIL (UMR 5008) - INSA de Lyon (**Examineur**)

M. Vincent Lemort, Professeur, Université de Liège (**Examineur**)

M. Pierre Neveu, Professeur des universités, Université de Perpignan - CNRS – PROMES "Procédés, Matériaux et Energie Solaire" (**Examineur**)