

Ecole doctorale 305 « Energie Environnement »

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

Monsieur Elliott GIRARD soutiendra sa thèse le 6 mai 2026 à 14h à Laboratoire PROMES, Rambla de la Thermodynamique, 66000 Perpignan, salle de Conférences, un doctorat de l'Université de Perpignan Via Domitia, spécialité Sciences de l'Ingénieur.

TITRE DE LA THESE : Contrôle Avancé des Centrales Solaires Thermiques à Concentration équipées de Systèmes de Stockage Thermocline

RESUME : En 2023, le secteur industriel représente 29% des émissions de gaz à effet de serre en France. Une part importante de ces émissions est due à la combustion du gaz naturel pour la production de chaleur. Le solaire thermique concentré (Concentrated Solar Thermal, CST) est une alternative prometteuse mais son développement est freiné par certains facteurs : les centrales CST ont un coût d'investissement élevé, et l'énergie solaire est très variable et non contrôlable. Les stratégies de contrôle destinées aux centrales CST sont généralement évaluées sur un nombre réduit de scénarios malgré la variabilité des profils d'éclairement solaire. Des technologies de stockage comme les cuves thermocline peuvent être utilisées pour réduire les coûts d'investissement, mais les moyens de les contrôler ont été peu étudiés. Les travaux présentés dans ce manuscrit aident à combler la recherche sur ces sujets par le développement de stratégies de contrôle destinées aux centrales CST équipées d'un stockage thermocline. La centrale MicroSol-R est utilisée comme cas d'étude pour valider les stratégies de contrôle. Dans ce manuscrit, nous allons tout d'abord présenter des stratégies pour le contrôle du stockage thermocline basées sur un contrôleur Proportionnel-Intégral-Dérivé (PID) et un contrôleur MPC (Model-based Predictive Control). De la même manière, nous présentons deux stratégies pour le contrôle des collecteurs solaires, basées sur un bilan thermique et un contrôleur MPC. Nous les combinons en trois stratégies à l'échelle de la centrale CST. Plusieurs méthodes de prévision de l'éclairement solaire sont comparées : une méthode supposant des prévisions parfaites, une méthode impliquant la persistance de l'éclairement et une méthode fondée sur l'analyse d'images du ciel à haute dynamique. Les performances de ces stratégies de contrôle sont évaluées sur des scénarios variés. Nous avons sélectionné plusieurs profils de demande thermique et d'éclairement solaire afin de représenter la diversité des procédés industriels et des conditions atmosphériques. De plus, nous avons évalué les performances des stratégies de contrôle pour des scénarios d'un jour, de trois jours et d'un mois. Nous présentons ensuite le développement de modèles de commande des collecteurs solaires et de la cuve thermocline, nécessaires pour les stratégies MPC, avec une attention particulière au coût calculatoire des modèles. Pour les collecteurs solaires, nous avons sélectionné un modèle physique issu de la littérature, suffisamment rapide pour être utilisé comme modèle de commande. Pour la cuve thermocline, nous avons sélectionné un modèle physique issu de la littérature, que nous avons réduit afin d'identifier un compromis entre précision et coût calculatoire. Les paramètres de discrétisation de ces deux modèles ont été sélectionnés. Enfin, nous évaluons les performances du contrôle pour les différents scénarios selon la méthode de prévision de l'éclairement solaire, la stratégie de contrôle et la capacité du système de stockage d'énergie. La méthode de prévision impliquant la persistance de l'éclairement solaire présente les meilleures performances pour notre application. La stratégie de contrôle combinant un contrôleur MPC pour le stockage thermocline et un contrôleur basé sur un bilan thermique pour les collecteurs solaires a été retenue. Nous avons remarqué plusieurs dépassements de la demande, qui pourraient être réduits par l'intégration d'une boucle de recirculation du fluide caloporteur dans les collecteurs solaires. De plus, les échangeurs de chaleur de la centrale devraient être étudiés afin de comprendre plus précisément leur comportement dans ce contexte opérationnel. Même si quelques améliorations sont possibles, la centrale CST est capable de satisfaire une demande thermique avec peu d'écart et peut être contrôlée en temps réel. Ces résultats sont encourageants et permettent d'envisager une implémentation physique de la stratégie de contrôle proposée.

Directeur de thèse :

Stéphane GRIEU, 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 :**

- M. Vincent LEMORT, Professeur, Université de Liège (**Rapporteur**)
- M. Guillaume SANDOU, Professeur, Centrale Supélec (**Rapporteur**)
- M. Stéphane GRIEU, Professeur, Université de Perpignan Via Domitia (**Directeur de thèse**)
- M. Romain BOURDAIS, Professeur, Centrale Supélec (**Examineur**)
- M. Mathieu MILHÉ, Maître de conférences, IMT Mines Albi (**Examineur**)
- M. Quentin FALCOZ, Maître de conférences, Université de Perpignan Via Domitia (**Examineur**)
- M. Pierre NEVEU, Professeur, Université de Perpignan Via Domitia (**Examineur**)
- M. Julien EYNARD, Maître de conférences, Université de Perpignan Via Domitia (**Co-encadrant de these**)