

Analyse d'une machine thermique multifonctionnelle (froid, électricité et stockage)

Niveau : Formation BAC+5 (Master ou Ingénieur)

Contexte

Ce stage s'inscrit dans des enjeux énergétiques importants et d'actualité : la valorisation de chaleurs basse température (telles que l'énorme gisement de rejets thermiques industriels, l'énergie solaire basse concentration...), la problématique du stockage pour gérer les fluctuations à la fois des sources et des demandes énergétiques, et la demande croissante en électricité et en froid.

Pour répondre à ces problématiques, le laboratoire a défini un procédé thermodynamique innovant intégrant une cogénération de froid et d'électricité associé à une fonction stockage d'énergie.

Ce procédé combine un procédé à sorption thermochimique, qui assure la production de froid et la fonction de stockage et un organe de détente pour la production d'électricité (fig. 1). Le procédé thermochimique, bien connu au laboratoire, permet de produire les effets endo ou exothermiques grâce à un changement d'état liquide/gaz dans un évaporateur/condenseur et une réaction chimique solide/gaz dans un réacteur thermochimique. L'organe de détente utilise les flux de gaz entre ces composants pour générer un travail mécanique.

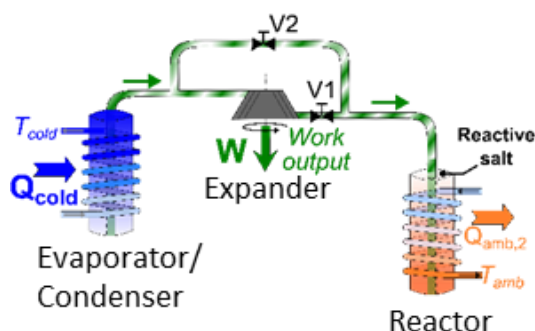


Figure 1. Représentation schématique d'un procédé thermochimique hybride multifonctionnel incluant un organe de détente (expander)

L'originalité d'un tel procédé appelé 'hybride' se situe dans l'architecture du procédé globale et dans les couplages entre composants, ces composants étant eux-mêmes relativement bien connus.

Les verrous scientifiques se situent ainsi dans la compréhension et le contrôle des interactions entre les composants (spécifiquement l'organe de détente et le réacteur), l'adéquation de leurs modes opératoires, et l'optimisation des performances du procédé hybride global.

Le laboratoire PROMES porte actuellement un projet de recherche financé par l'ANR (projet THERMHYVAL) sur ces cycles et leurs intégrations dans des environnements industriels. Ce projet a permis d'analyser les performances thermodynamiques de plusieurs architectures de cycles hybrides en régime stationnaire. Un modèle dynamique a été développé pour analyser le comportement de ce système au cours des cycles de stockage et de déstockage. Un prototype est opérationnel a déjà permis une assez large caractérisation de son comportement, de ses performances et la validation du modèle. Ces travaux ont cependant mis en évidence des limitations (impact des transferts de chaleur au réacteur, difficulté de contrôle de la pression aux bornes de l'expandeur, fonctionnement de l'expandeur en conditions atypiques ...).

Ce prototype est basé sur l'une des architectures de cycle hybride, et ce stage a pour objectif d'étudier expérimentalement et numériquement une nouvelle architecture qui est théoriquement plus favorable au fonctionnement de l'expandeur (en particulier par des pressions et débits plus élevés).

Le stage de master II proposé s'inscrit dans ce programme global du projet THERMHYVAL :

Programme du stage :

- 1- État de l'art : Ce stage débutera classiquement par une phase d'apprentissage des acquis du laboratoire sur ces systèmes hybrides.
- 2- Expérimentations : le ou la stagiaire mènera la nouvelle campagne expérimentale, avec la nouvelle architecture de cycle.
- 3- Modélisation et simulation numérique : le ou la stagiaire se familiarisera avec l'outil de simulation dynamique existant. Sur la base des résultats expérimentaux, il ou elle analysera la validité du modèle, et identifiera les paramètres caractéristiques. Des modèles plus complets d'organes de détente disponibles dans la littérature seront éventuellement testés.
- 4- Voies d'optimisation : ce stage sera complété par une analyse thermodynamique, avec identification des principales irréversibilités, et une comparaison avec l'architecture précédemment étudiée.

L'ensemble de ces tâches sera réalisé en étroite collaboration avec l'équipe et particulièrement avec le doctorant impliqué dans ce projet.

Dès le début du stage, le ou la stagiaire disposera du prototype de cette nouvelle architecture, et des outils numériques (simulation globale du procédé et analyse thermodynamique) qui seront à adapter et à valider pour la nouvelle architecture.

Profil du/de la candidat(e) : Niveau BAC+5 (Master ou Ingénieur). Le ou la candidat(e) devra avoir une solide formation en énergétique (thermodynamique appliquée, transferts). Un attrait à la fois pour les aspects numériques et expérimentaux est nécessaire. Une connaissance du langage de programmation Python sera appréciée.

Conditions du stage :

Localisation : Laboratoire PROMES – Site de Perpignan.

Dates : 6 mois à partir de janvier ou février 2024,

Gratification : forfait en vigueur (\approx 615 €/mois)

Candidature : Les lettres de candidature devront être accompagnées d'un CV et adressées à Maxime Perier-Muzet maxime.perier-muzet@univ-perp.fr et Nathalie Mazet mazet@univ-perp.fr avant le 10 novembre 2023.

Références sur les cycles hybrides

- Wang L, Ziegler F, Roskilly A.P, Wang R, Wang Y, A resorption cycle for the cogeneration of electricity and refrigeration, Applied Energy 2013 ;106
- Godefroy A, Perier-Muzet M, Neveu P, Mazet N. Hybrid thermochemical cycles for low-grade heat storage and conversion into cold and/or power, Energy Conversion and Management 2020;255 <https://hal.science/hal-02951218v1>
- Hasan Ghazale et al. Hybrid Thermochemical Cycle for Cold and Electricity Cogeneration: Experimental Analysis of the Process Behavior and Expander-Reactor Coupling. ECOS 2023. <https://hal.science/hal-04192334v1>