

Intitulé : Numerical Study of Fluidized Beds for Waste Heat Recovery using MFIX

Encadrant : Olivier Botella , olivier.botella@univ-lorraine.fr

Domaine/nature (exp/num) : Numerical

Descriptif :

The modelization of fluidized beds remains complex due to the multiphase gas-solid flow phenomena occurring at different spatial and temporal scales. The development of advanced numerical solutions (using CFD simulations) is now a key tool for understanding and optimizing these systems. The project will focus on the use of the *open-source* MFIX software for fluidized bed simulations, and the coupling of these simulations with heat exchange modeling, in order to compare with the results obtained last year by Nazerke Momysh with the *open-source* OpenFoam software during her internship at LEMTA, and during this year's M2 project on ANSYS FLUENT.

Références (optionnel) :

N. Momysh's report are available in this link :

<https://filesender.renater.fr/?s=download&token=d1930348-6015-40cb-94f8-d9bbf93a4168>

Intitulé : Simulation numérique de la récupération de chaleur fatale dans les lits fluidisés avec ANSYS FLUENT

Encadrant : Olivier Botella , olivier.botella@univ-lorraine.fr

Domaine/nature (exp/num) : Numérique, mécanique des fluides

Descriptif :

La modélisation des lits fluidisés reste complexe en raison des phénomènes d'écoulement multiphasique gaz-solide qui se produisent à différentes échelles spatiales et temporelles. Le développement de solutions numériques avancées (simulations CFD) est désormais un outil essentiel pour comprendre et optimiser ces systèmes. Le projet se concentrera sur l'utilisation du logiciel de CFD ANSYS FLUENT pour les simulations de lits fluidisés, et le couplage de ces simulations avec la modélisation des échanges thermiques, afin de les comparer aux résultats obtenus avec les logiciels *open-source* OpenFoam (stage de M2 ME 2024-25 de Nazerke Momysh) et MFIX (projet de M2 ME de cette année).

Références (optionnel) :

Les rapports de N. Momysh sont disponibles sur ce lien :

<https://filesender.renater.fr/?s=download&token=d1930348-6015-40cb-94f8-d9bbf93a4168>

Intitulé : Etude expérimentale de la perméabilité d'un cylindre poreux : application à l'écoulement dans un procédé de filtration rotative.

Encadrants : Sara Ben Sadek, sara.ben-sadek@univ-lorraine.fr

Chérif Nouar, cherif.nouar@univ-lorraine.fr

Cécile lemaître, cecile.lemaitre@univ-lorraine.fr

Domaine : Etude bibliographique, expérimental, écoulement milieux poreux

Descriptif :

Contexte : Le traitement et le recyclage des eaux est un enjeu sociétal et environnemental majeur. En effet, plus de 1,2 milliard de personnes n'ont pas accès à l'eau potable et plusieurs millions meurent chaque année de maladies dues à l'eau insalubre. Le stress hydrique accru annoncé à l'avenir implique un traitement des eaux usées urbaines et industrielles avec des normes de rejet de plus en plus strictes. Ainsi, les industriels sont fortement incités à recycler et réutiliser leurs effluents aqueux afin de mieux maîtriser leurs besoins en eau.

Problématique : La filtration membranaire est de plus en plus employée dans le traitement de l'eau, notamment pour le dessalement de l'eau de mer et le traitement des eaux usées. Lors de la filtration d'une suspension, l'accumulation de particules à la surface de la membrane perméable (figure 1), phénomène connu sous le nom de colmatage, provoque une diminution des performances et de la productivité industrielle.

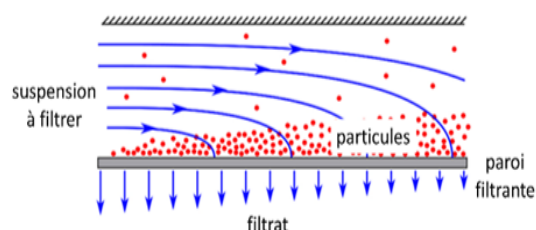


Fig. 1-Accumulation de particules lors de la filtration

Système étudié : Un procédé de filtration rotative innovant est développé au LEMTA en collaboration avec le LRGP et appliqué au traitement d'effluents aqueux. Il est constitué d'une paroi filtrante cylindrique tournante au sein d'une cuve cylindrique concentrique (figure 2). Les recirculations produites par la rotation du filtre limitent le colmatage et permettent la remise en suspension des particules. Ceci conduit à une meilleure efficacité de filtration et une amélioration de la durée de vie du filtre comparativement aux procédés actuellement utilisés.

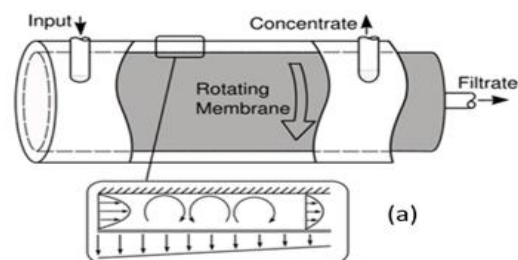


Figure 2 : Système de filtration rotative

Missions:

- **Etude Bibliographique :** Une bibliographie sur les différents modèles proposés dans la littérature, tel que le modèle de Kozeny-Carman [1] pour déterminer la perméabilité des milieux poreux : notamment ceux à base d'acier inoxydable fritté.

- **Etude expérimentale : (1)** Réalisation d'une série d'expériences sur les deux milieux poreux à disposition afin de déterminer leurs perméabilité. **(2)** Caractérisation expérimentale par PIV 2D de la structure de l'écoulement dans un procédé de filtration rotative.

Références :

[1] Fabian B. Wadsworth, Jérémie Vasseur, Michael J. Heap, Lucille Carbillet, Donald B. Dingwell, Thierry Reuschlé, Patrick Baud « A universal model for the permeability of sintered materials », Acta Materialia, vol.250, 2023.

[2] Nils Tilton, Denis Martinand, Eric Serre & Richard Lueptow, « Pressure-driven radial flow in a Taylor–Couette cell. », J. Fluid Mech. (2010), vol. 660, pp. 527–537.

[3] Sangho Lee and Richard M. Lueptow, « Model Predictions and Experiments for Rotating Reverse Osmosis for Space Mission Water Reuse », SEPARATION SCIENCE AND TECHNOLOGY, 2004.

Intitulé : État de l'art sur la robotique granulaire

Encadrant(s) : Kiesgen de Richter, sebastien.kiesgen@univ-lorraine.fr

Domaine/nature (exp/num) : état de l'art-étude bibliographique

Descriptif (15 lignes max) :

Ce projet vise à explorer les stratégies de locomotion utilisées par les robots pour évoluer sur ou à travers des milieux granulaires tels que le sable, la neige ou le gravier. Les étudiants réaliseront une étude bibliographique approfondie sur les prototypes existants, leurs principes physiques, et leurs domaines d'application.

Contenu attendu :

- Définition des milieux granulaires et de leurs propriétés physiques
- Présentation des défis liés à la locomotion dans ces milieux (adhérence, enfoncement, perte d'énergie)
- Analyse de robots comme le *SandBot*, *RoboClam*, ou les robots vibrants
- Étude des stratégies biomimétiques (lézards, serpents, taupes) appliquées à la robotique
- Comparaison des performances selon les types de locomotion (pattes, vibrations, enfouissement)
- Applications potentielles : exploration planétaire, sauvetage, agriculture, défense
- Discussion sur les limites actuelles et les perspectives de recherche

Livrables : Un rapport structuré, une présentation orale illustrée, et une carte comparative des robots étudiés.

Références (optionnel) :

Intitulé : Comportement visco-élastique d'un polymère soumis à des sollicitations combinées

Encadrant : Prénom Nom, laurent.farge@univ-lorraine.fr

Domaine/nature (exp/num) : Rhéologie solide des polymères. Expérimental orienté vers une démarche de modélisation

Descriptif :

Les essais multi-axiaux permettent d'évaluer la réponse d'un matériau dans des conditions réelles d'utilisation. Par exemple, une pièce en composite à base polymère utilisée dans l'aéronautique ou l'automobile est souvent soumise à des efforts mixtes de traction (ou de compression) et de torsion.

Le but de ce projet est d'étudier le comportement rhéologique de matériaux polymères ou de composites à matrice polymère soumis à des sollicitations combinées en traction et en torsion.

Les essais seront réalisés, sous la supervision de leur encadrant, sur la machine de traction/torsion du LEMTA, couplée à une métrologie optique permettant de mesurer la déformation dans la zone utile des éprouvettes (corrélation d'images 3D ou extensométrie optique). Les mesures de déformation obtenues en temps réel seront utilisées pour asservir la machine d'essai, de manière à garantir l'application du trajet de chargement souhaité. Parallèlement, une démarche de modélisation sera esquissée dans le cadre de la viscoélasticité non linéaire.

Ce projet pourra se poursuivre dans le cadre d'un stage de Master 2, avec une éventuelle prolongation en thèse.

Intitulé : Identification d'un problème d'altération du débit d'écoulement de l'eau d'une source suite à une modification du tracé hydraulique.

Encadrant(s) : **Enseignant :** **Riad BENELMIR** riad.benelmir@univ-lorraine.fr

Domaine/nature (exp/num) : **Mécanique des fluides – travail de terrain**

Descriptif (15 lignes max) :

Ce projet repose sur un problème réel d'altération du débit d'écoulement d'une source après modification du tracé hydraulique sur le plan horizontal et vertical (dénivelé).

On peut considérer cet écoulement comme un écoulement libre avec peut-être des « sauts hydrauliques » ou des écoulements sub-critiques.

Il est attendu des étudiants en projet d'identifier les causes du problème et de proposer des solutions (modification du tracé, dimensionnement de la conduite, autres...).

Les étudiants devront aller sur site pour caractériser le tracé actuel et prendre des mesures hydrauliques.

Références (optionnel) : votre cours de mécanique des fluides (chapitre écoulements libres)

Intitulé : Mesure de la distribution de tailles de pores par cryoporométrie RMN

Encadrants: Didier STEMMELEN, Didier.Stemmelen@univ-lorraine.fr

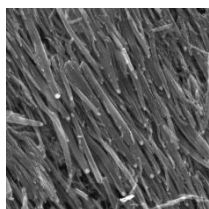
Sébastien LECLERC, Sebastien.Leclerc@univ-lorraine.fr

Domaine : Thermodynamique ; Thermique ; Milieux Poreux ; RMN bas champ.

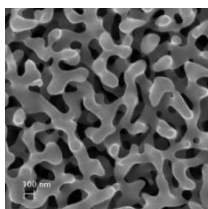
Description

1. Contexte

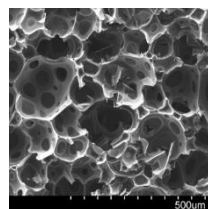
Les matériaux nanoporeux (argiles, silice poreuse, charbons, zéolites, nanotubes de carbone...) sont largement présents dans notre environnement et interviennent dans les domaines de la filtration, du stockage, de la dépollution... Leurs propriétés dépendent étroitement de la géométrie et de la distribution des tailles de pores.



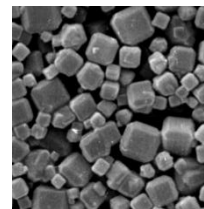
Nanotube de carbone



Verre nanoporeux



Charbon actif



Zéolithe

La taille des pores dans les matériaux micro- ou nanoporeux peut être déterminée par des techniques de microscopie (X- μ CT, MEB, FIB-SEM, imagerie synchrotron) ou par des méthodes plus globales et moins coûteuses, telles que l'intrusion au mercure, l'adsorption de gaz, la relaxation RMN ou encore la cryoporométrie RMN.

La cryoporométrie RMN permet de caractériser les pores de 1 à 100 nm. Elle repose sur la loi de Gibbs-Thomson, selon laquelle la température de fusion d'un liquide diminue lorsqu'il est confiné dans des pores de petite taille. La RMN bas champ, sensible uniquement aux phases liquides, mesure le volume du liquide contenu dans ces pores. En suivant la fonte progressive du liquide lors d'une rampe de température, on détermine la distribution de tailles des nano-pores. Cette distribution peut ensuite être comparée à celle obtenue par relaxation T_2 RMN, qui explore un domaine de tailles plus large (10 nm à 1 mm) à l'aide du même équipement RMN.

2. Travail demandé

L'objectif du stage est de contribuer au développement, au laboratoire, de la méthode de cryoporométrie RMN à l'aide des appareils bas champ disponibles. Elle sera appliquée à des milieux poreux étalons (verre fritté, silicagel, Vycor, nanopoudres...) et à divers fluides (eau, solutions ioniques, cyclohexane, dodécane...). L'étude portera aussi sur les effets de tension interfaciale glace/liquide, déterminants pour l'interprétation des résultats de cryoporométrie.

3. Références

J.H. Strange, M. Rahman, E.G. Smith; Characterization of porous solids by NMR. *Phys. Rev. Lett.* V.71, n°21 (1993).
J. Mitchell, J.B. Webber, J.H. Strange; Nuclear magnetic resonance cryoporometry. *Phys. Reports* 461, 1-36 (2008).
O.V. Petrov, I. Furo ; NMR cryoporometry : principles, applications and potential. *Progress in NMR Spectroscopy* 54, pp. 97-122 (2009).

Ce projet pourra se poursuivre dans le cadre d'un stage de Master 2

Intitulé : « Analyse du comportement du fluide R290 lors de son passage à travers une vanne d'expansion électronique (EXV), en fonction de son degré d'ouverture »

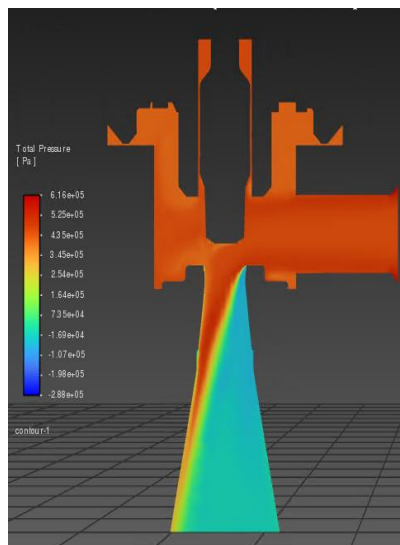
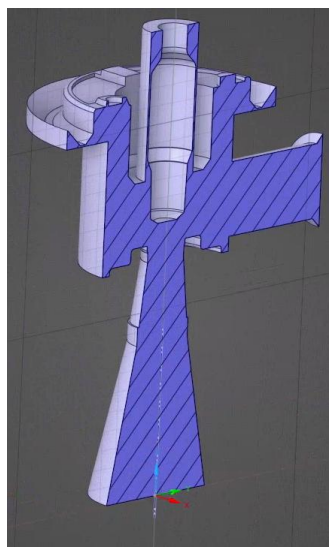
Encadrants : Saïd SABRI, Saïd.SABRI@schneider-pacific.fr

Thibaut LAURENT, Thibaut.LAURENT@schneider-pacific.fr

Domaine/nature (exp/num) : « Système de réfrigération pour véhicules », thermodynamique, thermophysique

Descriptif :

Dans le cadre de ce projet, l'objectif de l'étude est d'analyser le comportement du fluide frigorigène R290 lors de son passage à travers une vanne EXV. L'analyse sera conduite à l'aide d'outils de simulation numérique et les conditions limites considéreront différents débits ainsi que des variations de la section de passage de la vanne. Les résultats issus des simulations pourront être comparés aux données expérimentales disponibles, dans le but d'évaluer la cohérence du modèle développé. Il convient de souligner que le comportement du fluide peut impliquer des phénomènes de changement de phase, compte tenu des propriétés thermophysiques du R290. En conséquence, l'utilisation de tables de propriétés thermodynamiques (telles que les tables RGP ou les bases de données de gaz réels du NIST) sera indispensable afin de garantir la précision et la fiabilité des résultats. La géométrie de référence de la vanne sera fournie par l'entreprise partenaire.



Intitulé : Modèle entropique de machines à cycles inverses et optimisation énergétique

Encadrants : FEIDT, Michel, michel.feidt@univ-lorraine.fr

Costea, Monica

Stanciu Camelia

Domaine/nature (exp/num) : thermodynamique / modélisation, optimisation, étude de sensibilité paramétrique (approche analytique et numérique)

Descriptif :

Pour réaliser cette étude nous devrons au préalable nous renseigner sur les échangeurs grâce à quelques lectures :

- Thermodynamique optimale en dimensions physiques finies - Michel Feidt - Hermes

Chapitre 2 (pages 62 à 96) : les échangeurs de chaleur

Chapitre 3, paragraphe 4 (pages 112 à 121) : machine de Carnot à cycle inverse

- Génie énergétique, du dimensionnement des composants au pilotage du système - Michel Feidt - Dunod
- Thermodynamique et optimisation énergétique des systèmes et procédés - Michel Feidt - Lavoisier Tech & Doc

Nous nous intéresserons particulièrement à la méthode des différences logarithmiques des températures moyennes et à la méthode des unités de transfert (NUT).

Notre travail consiste à enrichir le modèle théorique. Par la suite, nous appliquerons les résultats obtenus à la géothermie.

Intitulé : Ecoulement stratifié en tunnel incliné

Encadrants : Pascal Boulet, pascal.boulet@univ-lorraine.fr

Co-encadrement par Côme Leclerc, doctorant LEMTA

Domaine/nature (exp/num) : Transfert de chaleur et de masse / numérique, Fluent

Descriptif :

En cas d'incendie en tunnel, les fumées se propagent en partie haute sous l'effet des forces de flottabilité et de leur densité plus faible que l'air ambiant (on parle de « stratification de l'écoulement »). Leur écoulement est impacté par la puissance du foyer, les transferts thermiques aux parois, le mélange avec l'air en partie basse... Dans un tunnel incliné, des effets dits de « tirage thermique » viennent également modifier la propagation.

Le projet propose d'utiliser le code CFD FLUENT pour étudier à l'échelle maquette la stratification d'un courant chaud en tunnel incliné. La géométrie s'inspirera d'une maquette de tunnel réalisée par l'équipe Feux du LEMTA. Les fumées seront simulées par un courant d'air chaud vertical produit au niveau du foyer. Les profils de vitesses et de températures renseigneront sur la stratification, et pourront dans certains cas être comparés à des profils expérimentaux mis à disposition par l'équipe Feux, ou des données de la littérature.

En fonction de l'avancement du projet, différents paramètres pourront être étudiés : influence des conditions aux limites thermiques, du débit d'air injecté, de l'inclinaison du tunnel, de sa longueur, etc...

Les résultats seront présentés sous un format d'article scientifique d'une dizaine de pages.

Intitulé : Ecoulement stratifié dans un réseau souterrain avec jonctions tunnel/station

Encadrants : Pascal Boulet, pascal.boulet@univ-lorraine.fr

Co-encadrement par Côme Leclerc, doctorant LEMTA

Domaine/nature (exp/num) : Transfert de chaleur et de masse / numérique, Fluent

Descriptif :

En cas d'incendie dans un réseau souterrain comprenant des sections de tunnel et des stations, il peut devenir compliqué de prédire l'écoulement des fumées. Elles se propagent en partie haute sous l'effet des forces de flottabilité et de leur densité plus faible, mais leur écoulement est influencé par des effets de pentes, de différence de niveaux, de débits,...

Le projet propose d'utiliser le code CFD FLUENT pour étudier à l'échelle maquette la stratification d'un courant chaud dans une section de tunnel située entre deux compartiments de grande hauteur (pour simuler un tronçon entre deux stations). La géométrie s'inspirera d'une maquette de tunnel réalisée par l'équipe Feux du LEMTA. Les fumées seront simulées par un courant d'air chaud vertical produit au niveau du foyer. Les profils de vitesses et de températures renseigneront sur la propagation et l'évacuation des fumées en fonction des conditions d'extraction au niveau des stations.

En fonction de l'avancement du projet, différents paramètres pourront être étudiés : influence des conditions aux limites thermiques, du débit d'air injecté, des dimensions des sections d'extraction, de la position du foyer, etc...

Les résultats seront présentés sous un format d'article scientifique d'une dizaine de pages.

Étude numérique de différents types d'ailettes avec Matlab « femodel » ; préparation d'une note de synthèse de l'outil

Tuteur : D. Lacroix

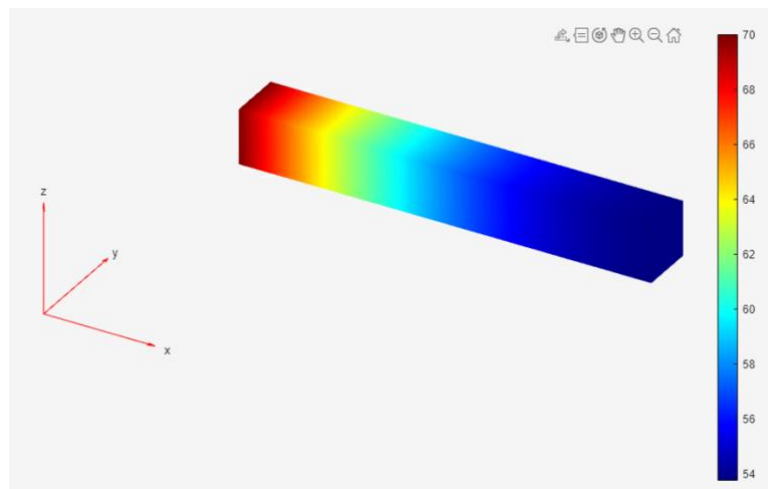
Contact : david.lacroix@univ-lorraine.fr

Résumé : Le sujet de projet proposé s'inscrit dans la continuité du cours de « Transferts de chaleur numérique ». L'objectif de ce projet est d'évaluer les performances lors de la mise en œuvre d'un nouveau module de Matlab dédié à la résolution par éléments finis de problèmes physique en géométrie 3D. A ce titre, il s'agit d'une approche incrémentale basée sur ce qui a été vu avec la toolbox « pdetool » limitée au problèmes 2D.

Le travail proposé s'appuie sur le TP « Étude thermique des ailettes » dont il reprend les bases pour aborder des problèmes de complexité croissante. Les attendus sont :

- Des scripts détaillés présentant la démarche de résolution de plusieurs problèmes types,
- La production d'une notice d'utilisation de l'outil « femodel »,
- Quelques diapositives présentant sa mise en œuvre pour un public étudiant.

La réalisation du projet nécessite l'usage d'une version de Matlab récente (R2023 et au-delà) qui peut être déployée via Virt'UL.



Références :

Matlab R2025 ; <https://fr.mathworks.com/help/pde/ug/femodel.html>

Intitulé : Bibliographie sur l'optimisation des cycles de sorption d'un adsorbent

Encadrant(s) : Damien FAKRA, damien.fakra@univ-lorraine.fr

Domaine/nature (exp/num) : Transfert de chaleur et de masse / numérique

Descriptif (15 lignes max) : Ce projet de recherche vise à établir une synthèse bibliographique approfondie sur les stratégies d'optimisation des cycles de sorption dans les systèmes d'adsorption thermique. Ces systèmes, utilisés notamment pour la réfrigération, le stockage d'énergie thermique et la déshumidification, reposent sur des échanges complexes de chaleur et de masse entre un fluide adsorbé et un solide adsorbant. L'étude se concentrera sur l'identification des paramètres influençant l'efficacité énergétique (temps de cycle, température, pression, configuration de l'adsorbent) ainsi que sur les modèles numériques et expérimentaux permettant de prédire et d'améliorer les performances. Une attention particulière sera portée aux avancées récentes en matériaux adsorbants (zéolithes, MOFs, silices fonctionnalisées) et aux techniques d'optimisation multicritères appliquées au dimensionnement et au pilotage des cycles. L'objectif final est de proposer une synthèse critique des approches existantes et des pistes d'amélioration pour accroître la compacité et la rentabilité énergétique des systèmes à adsorption.

Références (optionnel) :

[1] A. Gibelhaus, A model-based framework for optimal systems integration of adsorption chillers. URL <https://publications.rwth-aachen.de/record/817619/files/817619.pdf315>

[2] M. Engelpracht, D. Rezo, P. Postweiler, M. Lache, M. Henninger, J. Seiler, A. Bardow, Towards optimal adsorption heat transformers for heat upgrading: Learnings from a validated full-scale model 255 123871. doi:10.1016/j.applthermaleng.2024.123871.

[3] N. Riaz, M. Sultan, S. Noor, U. Sajjad, M. Farooq, M. U. Khan, S. Hanif, F. Riaz, Recent developments in adsorption heat pumps for heating applications 14 (4) 1–32. doi:10.1177/16878132221089444

Intitulé : Modélisation systémique et optimisation de forme d'un gazogène à lit fixe co-courant dans un concept d'écoconception

Encadrant(s) : Damien FAKRA, damien.fakra@univ-lorraine.fr

Domaine/nature (exp/num) : Transfert de chaleur / numérique

Descriptif (15 lignes max) : Ce projet a pour objectif de développer une approche intégrée de modélisation et d'optimisation de forme appliquée à un gazogène à lit fixe co-courant, en s'inscrivant dans une démarche d'écoconception. Le gazogène, dispositif de conversion thermochimique de la biomasse en gaz de synthèse, présente des enjeux majeurs d'efficacité énergétique et environnementale. La recherche portera sur la modélisation systémique des phénomènes couplés de transfert de chaleur, de masse et de réaction chimique au sein du réacteur, afin de mieux comprendre l'influence de la géométrie sur les performances globales. L'étude intégrera des outils de simulation multiphysique et des méthodes d'optimisation de forme pour identifier les configurations minimisant les pertes thermiques et les impacts environnementaux. L'approche d'écoconception permettra de relier la performance technique à l'analyse du cycle de vie (ACV), afin de proposer un design durable et efficient du gazogène répondant aux principes de la transition énergétique.

Références (optionnel) :

Chercher sur researchgate

[1] D. Fakra, D. Morau, K. Bayante, M. H. Radanielina, T. Rakotondramiarana, *Generalized protocol by systemic analysis for sizing a small scale gasifier engine system dedicated to power generation from biomass*, 11th International Conference on Sustainable Energy & Environmental Protection (SEEP 2018), 08 – 11 May, University of West Scotland, Paisley, UK, 2018.

[2] D. Fakra, C. L. Javier, D. Morau, J. P. Praene, T. Rakotondramiarana A. Lauret, *SIZER: a software dedicated to simulating the optimum size of a small biomass gasifier system*, 3rd International Conference on Energy, Environment and Climate Change (ICEECC 2019), 2-4 July, The Westin Turtle Bay Resort & Spa, Balaclava, Mauritius, 2019.

[3] D. A. S. Andriatoavina, D. Fakra, J. P. Praene, J. M. M. Aandriamampianina, *Engine performances study of syngas mixed with bio-energy additives*, 8th International Conference on Engineering for Waste and Biomass Valorisation – (WasteEng2020), 12-15 July 2021, Guelph, Canada.

Intitulé : Modélisation et valorisation énergétique d'un biopile

Encadrant(s) : Damien FAKRA, damien.fakra@univ-lorraine.fr

Domaine/nature (exp/num) : stockage et production d'énergie / numérique

Descriptif (15 lignes max) : Ce projet de recherche a pour but d'étudier la modélisation et la valorisation énergétique d'une biopile, un dispositif bioélectrochimique capable de convertir directement l'énergie chimique issue de la dégradation de la matière organique en électricité grâce à l'action de micro-organismes. L'objectif principal est de développer un modèle mathématique et thermodynamique permettant de décrire les mécanismes de transfert de charge, de masse et d'énergie au sein du système (anode, cathode, membrane, biofilm). L'étude portera également sur l'évaluation des paramètres influençant les performances électriques (type de substrat, température, pH, conductivité, cinétique microbienne) et sur la valorisation énergétique des biopiles dans des applications de traitement des eaux usées et de production d'énergie renouvelable. En parallèle, une analyse de l'efficacité énergétique et environnementale sera menée afin de proposer des pistes d'optimisation pour améliorer le rendement global et la durabilité du système.

Remarque : ce projet peut aboutir à une proposition de **stage de 6 mois**.

Références (optionnel) :

Intitulé : Exploitation de la plateforme ENERBAT : comparatif entre les résultats expérimentaux et les résultats issus de la modélisation des différents équipements.

Encadrant(s) : **Enseignant :** Riad BENELMIR riad.benelmir@univ-lorraine.fr

Technicien : Valentin BERNOVILLE valentin.bernoville@univ-lorraine.fr

Domaine/nature (exp/num) : Energétique du Bâtiment et de l'Industrie

Descriptif (15 lignes max) :

Ce projet s'adresse aux étudiants qui ont suivi les cours de production de froid, de CVC et de production d'énergie.

Le LERMAB dispose d'une plateforme expérimentale dotée d'équipements énergétiques à l'échelle 1 : machine frigorifique à adsorption, pompe à chaleur géothermique, cogénérateur, chaudière à granulés bois, panneaux solaires thermiques, VMC avec récupération de chaleur, planchers chauffants, plafond rafraîchissant et ballon de stockage thermique.

Cette plateforme d'envergure est exceptionnellement mise à disposition des étudiants en projet. Ils auront à mener des campagnes expérimentales avec un enregistrement des mesures via une GTC (Gestion Technique Centralisée) et auront comme tâche de comparer les résultats expérimentaux aux résultats issus de leur modélisation des équipements en place. Le choix et le nombre d'équipements dépendra de leur avancement. Cette expérience est un intermédiaire entre le monde académique et le monde de l'entreprise.

Références (optionnel) : Cours de Riad Benelmir

Intitulé :

Systèmes de pompe à chaleur avec des réfrigérants alternatifs

Encadrant(s) :

Chrisle JOSEPH-CHARLS, joseph-charls.chrisle@univ-lorraine.fr

Domaine/nature :

Pompes à chaleur : Bibliographique et Modélisation numérique

Descriptif :

Les systèmes de pompes à chaleur utilisés dans les applications de chauffage, ventilation et climatisation domestiques (HVAC – Heating, Ventilation and Air Conditioning) reposent généralement sur le système de réfrigération à compression de vapeur (Vapor Compression Refrigeration System, ou VCRS). Dans ce système, le fluide frigorigène suit un cycle thermodynamique de Rankine inverse (Reverse Rankine Cycle) afin de produire les effets de chauffage ou de refroidissement souhaités [1].

Actuellement, de nombreux types de pompes à chaleur hybrides font l'objet de recherches, dans le but d'obtenir des coefficients de performance (COP – Coefficient of Performance) plus élevés, tout en utilisant des réfrigérants non toxiques, à potentiel de réchauffement global (PRG ou GWP – Global Warming Potential) réduit, et exempts de substances per- et polyfluoroalkylées (PFAS – Per- and PolyfluoroAlkyl Substances) [2].

À la suite d'une revue bibliographique approfondie, il s'agira de comparer et de sélectionner des réfrigérants appropriés (purs ou zéotropes) pour ensuite modéliser un système de pompe à chaleur physique.

Ce système devra être étudié pour différentes températures ambiantes comprises entre $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, et conçu pour maintenir un local de dimensions $6\text{ m} \times 3\text{ m} \times 2,5\text{ m}$ à une température cible de $23\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Lors de la phase de dimensionnement, il conviendra de considérer au minimum deux points de fonctionnement pratiques de la pompe à chaleur conventionnelle :

- le point de rendement maximal (point de COP maximal), et
- le point de puissance maximale.

Le système devra être dimensionné de manière à atteindre la température cible en moins de 20 minutes pour différentes conditions ambiantes, tout en calculant le temps de réponse le plus rapide possible.

Enfin, une comparaison technique des performances entre le système hybride développé et un système de pompe à chaleur conventionnel sera réalisée afin d'évaluer les gains énergétiques et les éventuelles contraintes liées à cette approche hybride.

Références :

1. Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2015). Thermodynamics: An engineering approach (8th ed.). McGraw-Hill.
2. Ahrens, M. U., Loth, M., Tolstorebrov, I., Hafner, A., Kabelac, S., Wang, R., & Eikevik, T. M. (2021). Identification of Existing Challenges and Future Trends for the Utilization of Ammonia-Water Absorption-Compression Heat Pumps at High Temperature Operation. *Applied Sciences*, 11(10), 4635. <https://doi.org/10.3390/app11104635>

Intitulé : Production de lignine à partir de bois de houblon

Encadrant : **Prénom Nom :** Laurent Chrusciel - laurent.chrusciel@univ-lorraine.fr

Domaine/nature (exp/num) : expérimental, biomasse, procédés

Descriptif :

Le houblon est une liane herbacée dont seule la fleur est utilisée pour la brasserie. Le bois et la fibre de houblon sont des sous-produits agricoles actuellement peu valorisés.

Cette étude a pour objectif de produire de la lignine relativement pure à partir de bois de houblon. Il s'agira de dégrader dans un réacteur batch en phase liquide (70 % éthanol + 30 % d'eau) et à haute température (environ 200 °C) du bois de houblon réduit en poudre.

Après le traitement thermique, le mélange réactionnel est filtré sur papier Whatman. En ajoutant de l'eau pure, les lignines solubles dans l'éthanol vont précipiter puis seront récupérées par filtration ou centrifugation.

Intitulé : Production de lignine à partir de fibres de houblon

Encadrant : **Prénom Nom :** Laurent Chrusciel - laurent.chrusciel@univ-lorraine.fr

Domaine/nature (exp/num) : expérimental, biomasse, procédés

Descriptif :

Le houblon est une liane herbacée dont seule la fleur est utilisée pour la brasserie. Le bois et la fibre de houblon sont des sous-produits agricoles actuellement peu valorisés.

Cette étude a pour objectif de produire de la lignine relativement pure à partir de fibres de houblon. Il s'agira de dégrader dans un réacteur batch, en phase liquide (70 % éthanol + 30 % d'eau) et à haute température (environ 200 °C) de la fibre de houblon réduite en poudre. Les réactions de dégradation pourront être catalysées par un ajout d'acide sulfurique en faible quantité.

Après le traitement thermique, le mélange réactionnel est filtré sur papier Whatman. En ajoutant de l'eau pure, les lignines solubles dans l'éthanol vont précipiter puis seront récupérées par filtration ou centrifugation.

Intitulé : Simulation et dimensionnement d'une Colonne à bulles d'air pour le dessalement

Encadrant : Abdelhamid KHEIRI, abdelhamid.kheiri@univ-lorraine.fr

Domaine/nature (exp/num) : Numérique (simulation, dimensionnement)

Descriptif :

Contexte

La crise de l'eau potable annoncée pour les années à venir relance fortement l'intérêt de développer rapidement des techniques de dessalement moins chères, plus simples, plus robustes, plus fiables, si possible moins consommatrices d'énergie et respectant l'environnement. Selon un rapport réalisé par le CEA en 2001, 1,4 milliard d'habitants sur terre ne disposent pas d'une eau propre à la consommation.

Problématique du Projet :

Une colonne à bulles d'air pour le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres est en cours de développement au LEMTA. Elle fait partie d'un système complet. Des études par CFD et expérimentaux sont entrepris dans ce cadre.

Dans ce projet, Il s'agit d'une part de simuler le fonctionnement de la colonne de manière globale, et d'autre part de dimensionner l'installation dans son ensemble pour qu'elle réponde à un cahier des charges précis en matière de production journalière d'eau douce.

Travail à réaliser.

- Etude bibliographique
- Prise en main du digramme de l'air humide
- Modélisation de la colonne à bulles.
- Simulation sous Matlab Simulink ou équivalent
- Dimensionnement des autres parties de l'installation pour satisfaire une production définie

Références (optionnel) :

Des références et plus de données seront fournies au groupe qui prendra le sujet.

Intitulé : Cristallisation des rejets d'une station de dessalement. Bibliographie et dimensionnement des composants énergétiques

Encadrant : Abdelhamid KHEIRI, abdelhamid.kheiri@univ-lorraine.fr

Domaine/nature (exp/num) : Bibliographie. Calculs de Dimensionnement d'Avant Projet Sommaire (APS)

Descriptif :

Contexte

La production de sel de table peut se faire de plusieurs manières, dont les marais salants, le sel gemmes (miniers) et le sel obtenu par dissolution de celui présent dans des couches souterraines. Une technique émergente concerne ce projet et consiste à cristalliser les rejets par disalantes, le sel minéral, et la cristallisation des rejets des usines de dessalement de l'eau de mer. En effet ces rejets ont des concentrations qui valent, en fonction de la technique utilisée, au moins deux fois la concentration naturelle du sel en eau de mer. Ce processus, permet aussi d'éviter de rejeter en mer de l'eau très concentré en sel, qui peut présenter des effets néfastes sur la faune et la flore marines. Le coût énergétique du procédé doit cependant être considéré avec minutie.

Travail à réaliser

Le travail à réaliser dans ce projet est le suivant :

- Etude bibliographique sur les techniques courantes de dessalement, en particulier les techniques membranaires d'osmose inverse, les techniques d'évaporation multi-étage à basse température, et les techniques de recompression de la vapeur.
- Les concentrations en sel des rejets de chaque technique doivent être étudiés et comparées, ainsi que le coût énergétique de production du kg d'eau douce.
- Revue bibliographique des techniques de cristallisation, à savoir, la concentration de l'eau saumâtre permettant de précipiter le sel. Procédés et coût attachés.
- Une revue bibliographique des minéraux, en dehors du NaCl, que l'on peut potentiellement obtenir à partir de cette cristallisation, ou par une cristallisation plus poussée.
- Dimensionnement des éléments principaux d'une installation de cristallisation du sel (échangeurs, compresseur, ..) située en sortie d'une usine de dessalement par osmose inverse.

Références (optionnel) :

A rechercher.

Intitulé : Performance des piles à combustible à membrane échangeuse de proton : Membrane hydrocarbonée PEMION vs Nafion

Encadrant : Assma El Kaddouri: assma.el-kaddouri@univ-lorraine.fr

Domaine/nature (exp/num) : Hydrogène/Pile à combustible – Recherche bibliographique

Descriptif :

Les piles à combustible à membrane échangeuse de protons (PEMFC) sont des technologies clés pour la transition énergétique, offrant une conversion efficace et propre de l'hydrogène en électricité. Traditionnellement, les membranes fluorées comme Nafion® dominent ce domaine grâce à leur haute conductivité protonique et stabilité. Cependant, les enjeux environnementaux et économiques liés à leur fabrication incitent à explorer des alternatives plus durables, telles que les membranes hydrocarbonées, dont la gamme PEMION™ est une des plus prometteuses.

L'objectif de cette étude est de réaliser un état de l'art approfondi sur les performances comparées des PEMFC équipées de membranes Nafion® et de membranes hydrocarbonées PEMION™. Cette revue bibliographique visera à synthétiser les travaux existants portant non seulement sur les performances électrochimiques, mais aussi sur la durabilité des membranes PEMION™. La question centrale sera de déterminer dans quelle mesure ces membranes alternatives offrent des performances et une longévité comparables, voire susceptibles de concurrencer la membrane de référence Nafion®.

Intitulé : Pile à combustible à membrane échangeuse de proton (PEMFC): dégradation de l'interface membrane/électrode

Encadrant : Assma EL KADDOURI, assma.el-kaddouri@univ-lorraine.fr

Domaine/nature (exp/num) : Durabilité des piles à combustible PEMFC/recherche bibliographique

Descriptif :

La durabilité et la fiabilité des piles à combustible de type PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cells) sont les deux critères principaux qui limitent leur déploiement à grande échelle. Deux des principaux composants concernés par ces difficultés sont la membrane ionomère et les électrodes.

Les membranes ionomères utilisées actuellement atteignent des performances remarquables en raison principalement de la présence de renforts et de leur très faible épaisseur. Malgré l'avancée réalisée, celles-ci restent encore sensibles à la dégradation chimique et/ou mécanique induite lors du fonctionnement en pile.

Dans l'ensemble des recherches visant à comprendre les différents mécanismes de dégradation subis par la membrane, il a été observé entre autres : la présence de délamination de l'interface membrane/électrode, des défauts dans l'électrode se propageant dans la membrane... Cette interface membrane/électrode semble jouer un rôle non négligeable sur la durée de vie de l'assemblage membrane/électrode et donc de la pile.

Il est donc plus que primordial d'aller comprendre finement cette dégradation à la fois chimique et/ou mécanique à l'interface membrane/électrode qui, par ailleurs, fait partie des objectifs du projet ANR DURACELL.

L'objectif de travail de ce projet sera de rechercher ce qui a déjà été mis en évidence sur la dégradation chimique et/ou mécanique de cette interface membrane/électrode, mais aussi quelles sont les différentes techniques de caractérisation pertinentes pour explorer cette interface. Cette recherche bibliographique permettra de se familiariser avec :

- L'assemblage membrane-électrode (AME), cœur de la pile à combustible
- Les matériaux de référence utilisés dans ces AME
- La problématique de dégradation chimique et mécanique des membranes

Intitulé : Réaliser une revue bibliographique à l'aide de l'intelligence artificielle

Encadrant : Gaël Maranzana, gael.maranzana@univ-lorraine.fr

Domaine/nature (exp/num) : bibliographique, intelligence artificielle, hydrogène

Descriptif :

Les outils d'intelligence artificielle générative comme ChatGPT ou Perplexity commencent à être très performants pour réaliser des études bibliographiques. Cette étude constitue le point de départ du travail de chercheur. Elle permet d'établir l'état de l'art dans un domaine particulier et d'en déduire les recherches à déployer pour aller plus loin. L'objectif de ce projet est de faire le point sur les capacités de ces outils, d'évaluer leurs forces et leurs faiblesses. Pour cela quelques revues dans le domaine de la recherche sur les technologies de l'hydrogène seront demandées et analysées de façon critique.

Intitulé : Fabrication de couches microporeuses par technique additive pour l'électrolyse de l'eau

Encadrant : Gaël Maranzana, gael.maranzana@univ-lorraine.fr

Domaine/nature (exp/num) : bibliographique, hydrogène, électrolyse

Descriptif :

La montée en échelle de la production d'hydrogène vert par électrolyse de l'eau nécessite de faire baisser le coût des électrolyseurs. La technologie à membrane échangeuse de proton présente de nombreux avantages comme la compacité et la souplesse de fonctionnement. Par contre elle nécessite des catalyseurs à base de platine et Iridium. Pour diminuer les chargements en catalyseur, une solution consiste à les disperser sur des couches microporeuses en titane. L'objectif de ce projet est de réaliser une revue des techniques capable de produire ces couches microporeuses.

Références:

Srour et al., On the contact resistance between the anode and the porous transport layer in a proton exchange membrane water electrolyzer, International Journal of hydrogen energy, 2024.

Intitulé : Etude paramétrique du fonctionnement d'une pile à combustible à membrane échangeuse de protons

Encadrant : Julia Mainka, julia.mainka@univ-lorraine.fr

Domaine/nature: PEMFC, électrochimie, étude numérique

Descriptif :

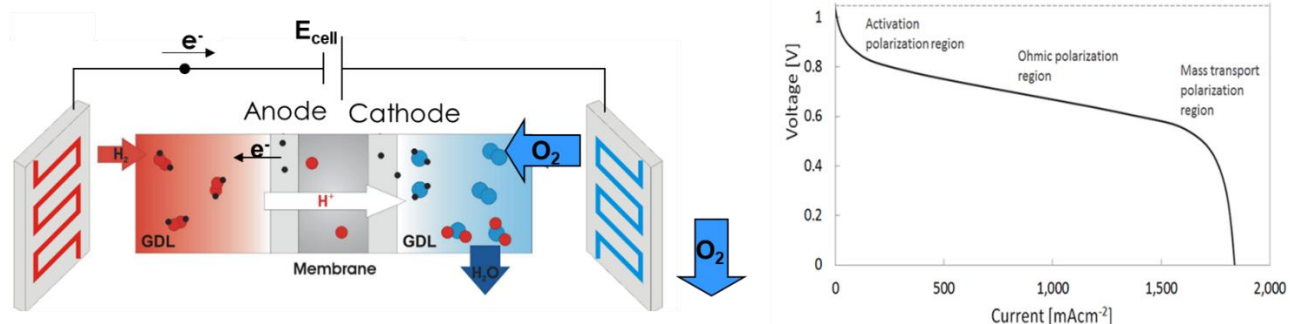


Figure 1 : schéma d'une cellule de PEMFC (gauche) et courbe de polarisation typique (droite).

Une pile à combustible est un assemblage de différents matériaux (Figure 1 - gauche) accomplissant des rôles distincts et ayant chacun ses propres caractéristiques et contraintes :

- L'Assemblage Membranes-Electrode (AME), aussi appelé « cœur » de pile à combustible, est composé de deux électrodes séparées physiquement et électriquement par une membrane ionomère (polymère conducteur d'ions). Les électrodes assurent les réactions électrochimiques, ainsi que le transfert de charges (électrons et ions), des réactifs (gaz) et des produits (eau) entre les sites de réaction et les composants adjacents. Elles sont poreuses et généralement composées d'un catalyseur sur support carboné et d'un ionomère, souvent identique à celui de la membrane.
- Les couches de diffusion (GDL), placées de chaque côté de l'AME. Elles assurent les flux des réactifs et produits (eau et courant) entre AME et l'extérieur. Elles sont généralement constituées de fibres de carbone.
- Les plaques collectrices, assurant l'acheminement des gaz (hydrogène et air/oxygène) par des canaux de distribution, la collecte du courant et l'évacuation de la chaleur produite.

Ces différents composants et leurs rôles respectifs sont à l'origine de la performance, c'est-à-dire de la tension à un courant donné, ce qui est représenté par la courbe de polarisation (Figure 1 - droite).

L'objectif de ce projet sera de mettre en équation le fonctionnement d'une PEMFC dans les domaines temporels (courbe de polarisation) et fréquentiels (impédance électrochimique) en prenant en compte les différents phénomènes de transfert et de réactions électrochimiques à l'échelle des matériaux et de faire le lien entre les réponses dans les deux domaines. Une attention particulière sera portée à lier la performance aux propriétés physiques intrinsèques des matériaux, ainsi qu'aux conditions de fonctionnement (pression, flux et humidité relative des gaz, température...). La simulation pourra se faire sous Matlab ou Python.

Intitulé : Modélisation de batteries pour une meilleur compréhension de leur performances et dégradations

Encadrant : Julia Mainka, julia.mainka@univ-lorraine.fr

Domaine/nature: électrochimie, spectroscopie d'impédance électrochimique, batteries, étude bibliographique

Descriptif :

Le vieillissement des batteries lithium-ion est un des freins clé pour l'application large des batteries. Ce point est particulièrement important dans des applications du transport commun, car le vieillissement des batteries donne une incertitude sur la durée de vie et le coût totale de possession. Adresser cette problématique nécessite une meilleure compréhension des phénomènes à l'origine des performances et du vieillissement des cellules batterie. La spectroscopie d'impédance électrochimique est une technique qui utilisée pour y accéder et d'anticiper le vieillissement. Le fonctionnement des batteries est représenté sous forme de circuit électrique équivalent où chaque paramètre électrique représente un phénomène de transfert au niveau des matériaux.

Ce projet vise à faire un état de l'art des modèles d'impédance électrochimiques couramment utilisés pour décrire le fonctionnement des batteries, ainsi que d'identifier les défis majeurs qui restent à relever. Un focus sera porté aux phénomènes de dégradations.