

Sujet de thèse : Etude expérimentale et modélisation de la gazéification en lit fixe de combustibles alternatifs

Champs scientifiques : génie des procédés, génie thermique et énergétique, génie mécanique, sciences de l'ingénieur

Mots-clés : gazéification, lit fixe, modélisation, déchets, transferts de chaleur et de matière, réactions chimiques, phénomènes physiques, milieu poreux multiphasique

Description

Contexte

La thèse s'inscrit dans le cadre du projet ECoGaz (valorisation énergétique de combustibles alternatifs issus de déchets par gazéification, financé par la région Auvergne-Rhône-Alpes).

La gazéification est un procédé de transformation thermochimique qui consiste à chauffer un combustible (issu de déchets dans ce projet) en plusieurs étapes (séchage, pyrolyse, oxydation, réduction) jusqu'à des températures comprises entre 900 et 1200 °C en présence d'agents gazéifiants (oxygène, vapeur d'eau et/ou dioxyde de carbone). Le combustible est ainsi converti en un gaz que l'on appelle gaz de synthèse (ou syngas), riche en hydrogène et en monoxyde de carbone, à fort potentiel énergétique. C'est une alternative technologique moins polluante et plus efficace à l'incinération. De plus, le gaz de synthèse produit peut être valorisé suivant plusieurs applications : chaleur, électricité, synthèse d'hydrocarbures, conversion en méthane pour l'injection au réseau ou utilisation comme gaz carburant. Le gaz de synthèse est donc un vecteur énergétique prometteur et la gazéification de combustibles alternatifs (à partir de déchets) peut devenir une contribution majeure à la transition énergétique et à la promotion de l'économie circulaire et territoriale, en proposant une alternative aux combustibles fossiles. Les technologies à lit fixe, compte tenu de leur niveau de puissance, sont les mieux adaptées aux enjeux territoriaux liés à la valorisation des déchets.

Cependant, malgré d'importants enjeux économiques, industriels et scientifiques liés au développement de la gazéification, plusieurs verrous technologiques liés à la compréhension des mécanismes mis en jeu continuent de freiner le développement de cette filière. Parmi ces verrous, l'un des plus importants est lié à la compréhension du processus de gazéification et plus particulièrement des mécanismes physico-chimiques de transfert de chaleur et de matière, des réactions chimiques et des phénomènes physiques (dynamique des fluides, rhéologie, phénomènes mécaniques, etc.). Dès lors, le réacteur de gazéification se présente comme un milieu poreux multiphasique complexe avec des mécanismes encore mal connus.

Objectifs

Le principal objectif de la thèse est de pouvoir proposer un modèle numérique fiable de gazéification en lit fixe, prenant en compte non seulement les réactions chimiques et les transferts de chaleur et de matière, mais également l'ensemble des phénomènes physiques et de génie des procédés généralement observés au cours du processus de gazéification, ainsi que les caractéristiques de la matière traitée.

En effet, durant la gazéification en lit fixe, il y a modification de la structure physique et morphologique du lit de gazéification, laissant apparaître divers types de phénomènes physiques (perte de charge, tassement du lit, modification de la porosité, passages préférentiels ou channeling, bourrage, voûtage, fracturation, fragmentation, etc.). Ces phénomènes physiques (comportement mécanique du lit) ont un impact considérable sur le processus de gazéification et la production du syngas.

Le modèle sera développé principalement à l'aide du logiciel COMSOL. Afin de le valider, des essais de gazéification à l'échelle pilote (TRL 7) seront réalisés sur la plateforme PROVADEMSE. Ces essais seront réalisés avec des combustibles simples (standard) dans un premier temps, puis avec des combustibles de plus

en plus complexes. La base de données de résultats d'essais de gazéification de divers types de combustibles alternatifs mise à disposition du projet par PROVADEMSE sera également utile pour la validation du modèle. Une caractérisation poussée des combustibles utilisés pour les essais (analyses immédiates et élémentaires, pouvoir calorifique, analyses thermogravimétriques, etc.) sera réalisée car la nature des déchets entrant dans le gazéifieur sera un paramètre d'entrée du modèle.

Plusieurs objectifs scientifiques sont envisagés :

- Etudier les phénomènes physiques liés au comportement mécanique du lit fixe au cours de la gazéification ;
- Etablir une corrélation entre les caractéristiques de la charge traitée et les phénomènes physiques observés ;
- Etablir une corrélation entre ces phénomènes et le syngas produit (qualité et quantité) ;
- Etudier l'influence de l'agent gazéifiant ;
- Proposer un modèle numérique de gazéification en lit fixe de divers types de combustibles alternatifs en prenant en compte les interactions entre ces phénomènes, les réactions chimiques et les transferts de chaleur et de matière ;
- Utiliser les données expérimentales obtenues sur l'installation de gazéification Gasclean© de PROVADEMSE pour valider le modèle développé ;
- Proposer des solutions techniques de conception et/ou de conduite de procédés permettant d'atténuer ceux des phénomènes physiques qui ont un impact négatif sur le procédé et d'amplifier ceux qui pourraient avoir un impact positif ;
- Proposer des solutions techniques de conception et/ou de conduite de procédés permettant d'optimiser les rendements de gazéification et la qualité du syngas produit.

L'objectif opérationnel du projet ECoGaz est de permettre de développer la gazéification de combustibles alternatifs issus de déchets, solution technologique innovante dans le domaine de la conversion énergétique des déchets, et de contribuer ainsi à l'essor des bioénergies.

Nature du financement

Projet ECoGaz financé par la région AURA



Présentation établissement et laboratoire d'accueil

INSA Lyon, laboratoires DEEP & CETHIL

<http://deep.insa-lyon.fr/>

<http://cethil.insa-lyon.fr/>

Avec l'appui scientifique et technique de la plateforme Provademse : <https://www.provademse.com/>

Profil du candidat

De formation ingénieur, master 2 ou équivalent, le candidat présentera des compétences en modélisation physique, génie des procédés et/ou génie thermique et énergétique.

Directeurs de thèse

Marc CLAUSSE, Professeur, INSA Lyon, laboratoire CETHIL

Gaëlle DUCOM, Maître de conférences, INSA Lyon, laboratoire DEEP

Ecole doctorale : MEGA

<http://edmega.universite-lyon.fr/>

Durée et date de début : 3 ans, début entre 1^{er} avril 2018 et 1^{er} octobre 2018

Contact : Gaëlle Ducom (gaelle.ducom@insa-lyon.fr)