

Prix de thèse CODEGEPRA 2012
(Thèses soutenues en 2011)

Etude de la combustion de gaz en boucle chimique
(Investigation of a Chemical Looping Combustion (CLC) Configuration
with Gas Feed)

Mohammad Mahdi YAZDANPANA

Directeur(s) de thèse : Pr. Arnaud Delebarre (LEMETA, Nancy), Dr. Ann Forret (IFPEN, Solaize) et Dr. Thierry Gauthier (IFPEN, Solaize)

Résumé de la thèse

La combustion en boucle chimique (CLC) est une nouvelle technologie prometteuse, qui implique la séparation inhérente du dioxyde de carbone (CO₂) avec une perte minimale d'énergie. Un transporteur d'oxygène est utilisé pour le transfert de l'oxygène en continu du "réacteur air" vers le "réacteur fuel" où l'oxygène est apporté au combustible. Ainsi, le contact direct entre l'air et le combustible est évité. Le gaz résultant est riche en CO₂ et n'est pas dilué avec de l'azote. Le transporteur d'oxygène réduit est ensuite transporté vers le "réacteur air" afin d'être ré-oxydé, formant ainsi une boucle chimique.

Les travaux expérimentaux de cette thèse ont été réalisés en utilisant une nouvelle configuration de CLC de 10 kW_{th} construite pour étudier une large gamme de conditions opératoires. Cette unité met en œuvre le concept des lits fluidisés interconnectés en utilisant des vannes-en-L pour contrôler le débit de solide et des siphons pour minimiser les fuites de gaz. L'hydrodynamique de la circulation de solide a été étudiée sur une maquette froide et un pilote chaud. Un modèle de la circulation du solide a ensuite été développé sur le principe du bilan de pression.

L'hydrodynamique de la phase gaz dans le réacteur a été étudiée expérimentalement en utilisant la distribution des temps de séjour (DTS). Un modèle hydrodynamique a été développé sur le principe du lit fluidisé bouillonnant à deux phases. La combustion du méthane a été étudiée avec NiO/NiAl₂O₄ comme transporteur d'oxygène. De bonnes performances de combustion et de captage de CO₂ ont été atteintes. Un modèle de réacteur a été finalement mis au point en utilisant le modèle hydrodynamique du lit fluidisé bouillonnant développé précédemment et en adaptant un schéma réactionnel à cette configuration.

Cadre de la thèse

Cette thèse a été réalisée dans le cadre d'un projet de recherche et de développement conduit par **IFP Energies Nouvelles** et **TOTAL Gaz & Energies Nouvelles** dont le but est de développer une unité de CLC à l'échelle industrielle. Ces travaux de recherche ont donné lieu à un point de référence à l'échelle de laboratoire pour les développements ultérieurs. Par ailleurs, le travail a été dirigé par le Pr. Arnaud Delebarre du Laboratoire d'Énergétique et de Mécanique Théorique et Appliquée (**LEMETA**) de Nancy. M. M. Yazdanpanah est donc docteur de l'Université Henri Poincaré, Nancy 1 (soutenance le 20/12/2011) sur un travail de recherche réalisé à l'IFPEN Solaize dans le département Génie chimique et Technologique (responsable : Cécile Barrère-Tricca)

Brevets

- Yazdanpanah M.M., Gauthier T., Forret A., Procédé intégré de gazéification et combustion indirecte de charges hydrocarbonnées solides en boucle chimique, brevet déposé le 11 Jan 2012, sous le numéro 12/00.085
- Yazdanpanah M.M., Sozinho T., Gauthier T., Système de combustion en boucle chimique appliqué aux charges liquide, brevet en cours de dépôt

Publications dans des revues internationales avec comité de lecture

- Yazdanpanah M.M., Forret A., Gauthier T., An Experimental Investigation of Loop-seal Operation in an Interconnected Circulating Fluidized Bed System, **Powder tech.**, submitted article under review.
- Yazdanpanah M.M., Forret A., Gauthier T., Delebarre A., An Experimental Investigation on the L-valve Operation: Application of a Circulating Fluidized Bed System, **Powder tech.**, 221, May 2012, 236-244.
- Yazdanpanah M.M., Forret A., Hoteit A., Gauthier T., Delebarre A., Experimental Investigation on Solid Circulation and Gas-tightness of a Novel CLC Configuration, **Oil Gas Sci. Technol.** – Rev. IFP Energies nouvelles, 66 (2) 265-275 (2011).
- Riflart S., Hoteit A., Yazdanpanah M.M., Construction and operation of a 10kW CLC unit with circulation configuration enabling independent solid flow control, **Energy Procedia**, vol. 4, 2011, 333-340.

Communications dans des congrès et publication avec comité de lecture

- Yazdanpanah M.M., Forret A., Hoteit A., Gauthier T., Delebarre A., Gas Tracer Study In a Non Mechanical L-Valve, In: T. M. Knowlton (eds), Proceedings of the Tenth International Conference on Circulating Fluidized Beds and Fluidization Technology–**CFB10**, Eng. Conferences International, New York, USA, pp 98-105, 2011.
- Yazdanpanah M.M., Forret A., Hoteit A., Gauthier T., Delebarre A., A Novel Chemical Looping Combustion Process: Pressure Drop and Solid Circulation Rate Modelling, in: Kim S.D., Kang Y., Lee J.K., Seo Y.C. (eds) **Fluidization XIII: New Paradigm in Fluidization Engineering**. ECI, pp 359-366, 2010.

Autres communications dans des congrès

- Yazdanpanah M.M., Forret A., Gauthier T., Delebarre A., Modeling of CH₄ combustion with NiO/NiAl₂O₄ in a 10 kWth CLC Pilot Plant, **2nd International Conference on Chemical Looping**, September 2012, TU Darmstadt, Germany.
- Yazdanpanah M.M., Pelletant W., Forret A., Gauthier T., Experimental Investigations on a Chemical Looping Combustion Pilot of 10 kWth with Methane Feed, **2nd International Conference on Chemical Looping**, September 2012, TU Darmstadt, Germany (prix de la meilleure affiche de la conference).

- Gauthier T., Surla K., Yazdanpanah M.M., Operation of a New 10kW CLC Unit with Independent Solid Flow Control, **2010 AIChE Annual Meeting**, Salt Lake City, Utah, November 7-12, **2010**.
- Yazdanpanah M.M., Hoteit A., Forret A., Gauthier T., Delebarre A., Chemical Looping Combustion, a Process with Inherent Carbon Dioxide Separation, Oral presentation, École Énergie et Recherche, La Station Biologique de Roscoff (SBR), 29 March- 2 April 2010, Roscoff, France (prix de la meilleure présentation).
- Yazdanpanah M.M., Hoteit A., Forret A., Gauthier T., A Novel CLC Configuration with Independent Solid Flow Control, Les Rencontres Scientifiques de l'IFP - **1st Int. Conf. on Chemical Looping**, March **2010**, Lyon, France.