

# **Etude des transferts thermique et massique au sein d'un échangeur multifonctionnel en présence d'une réaction catalytique**

## **Thèse en Cotutelle (Algero-Française)**

Par

Settar Abdelhakim

Directeurs de thèse

Prs. MADANI Brahim et ABOUDI Said

Co-directeur

Dr. Nebbali Rachid

### **Résumé**

L'hydrogène n'étant pas une énergie primaire, il faut donc le produire, le transporter et le stocker avant de l'utiliser. Il peut être produit par des procédés chimiques, électrolytiques ou biologiques à partir de ressources renouvelables, ou non. Les énergies fossiles représentent la première ressource d'hydrogène, avec 96% de la production totale mondiale, dont 48% se fait à base de gaz naturel qui contient essentiellement du méthane.

Dans cette thèse, nous nous intéressons à la génération de l'hydrogène par le procédé de vaporeformage du méthane qui reste le procédé le plus utilisé pour sa conversion. Les objectifs consistent premièrement à explorer, par des études numériques, les performances thermiques et massiques d'un vapo-reformeur à parois catalytiques, dans lequel une répartition discrète du catalyseur est adoptée, combinée ou non, avec une insertion d'un matériau cellulaire à haute porosité, de type mousse métallique. Deuxièmement, à analyser par une approche expérimentale complétée par une procédure numérique inverse, afin d'estimer le flux de chaleur inconnu reçu par le mélange gazeux. Les configurations géométriques adoptées dans les études numériques sont modélisées par les équations de conservation et complétées par les conditions aux limites. La cinétique de la réaction est régie par un modèle basé sur les lois de puissance, et le système d'équations est résolu par la méthode des volumes finis. Pour l'estimation du flux de chaleur, un dispositif expérimental approchant le système de chauffage du réacteur est conçu afin de mesurer la distribution de la température et un code de calcul inverse basé sur la méthode spécification de fonctions.

Les résultats montrent que les performances du procédé de vaporeformage peuvent être améliorées en adoptant une bonne distribution du catalyseur sur les parois du réacteur muni d'une mousse métallique dans sa région catalytique. Les améliorations obtenues en termes de conversion de méthane, par rapport à une configuration classique, sont de l'ordre de 44.6%. De plus, la combinaison des approches expérimentale et numérique a permis de déterminer la quantité de chaleur nette transférée par le système de chauffage du vapo-reformeur.

## **Abstract**

Hydrogen is not a primary energy; we must produce it, transport it and store it before use. It can be produced by chemical, biological or electrolytic processes from renewable resources or not. Fossil fuels represent the first hydrogen resource, with 96% of total world production, which 48% is made from natural gas containing methane. In this thesis, we focus on the generation of hydrogen by the steam-methane reforming process, which is the most used conversion method.

The aims consist first to explore, through numerical studies, the thermal and mass performances of a wall coated steam-methane reformer, wherein a discrete distribution of the catalyst is adopted, combined or not, with an insertion of a highly porous metal foam, and secondly to analyze, by an experimental approach completed by a numerical inverse procedure to estimate the unknown heat flux received by the gas mixture. The geometric configurations adopted in the numerical studies are modeled by the conservation equations and the boundary conditions. The reaction kinetic is governed by a model based on power laws, and the system of equations is solved by the finite volume method. For the estimation of heat flux, an experimental device approaching the reactor heating system is designed to measure the temperature distribution, and an inverse code based on the function specification method.

The results show that the steam methane reforming process performances can be improved by adopting a good distribution of the catalyst on the walls of the reactor fitted on its catalytic region with metal foam. The improvements obtained in terms of methane conversion, compared to a conventional configuration, are of the order of 44.6%. In addition, the combination of experimental and numerical approaches was used to determine the net quantity of heat transferred from the heating system to the steam reformer.