

Caractérisation des empilements de particules catalytiques de formes atypiques.

A. Fezoua^a, F. Bornette^a, C. Nikitine^a, M. Basin^c, M-L. Zanota^a, N. Lygeros, I. Pitault^{a,b}

^aLab. de Génie des Procédés Catalytiques, Université de Lyon, 69616 Villeurbanne

^bLab. d'Automatique et de Génie des Procédés, Université de Lyon, 69616 Villeurbanne

^cAir Liquide CRCD, 78354 Jouy-en-Josas, France

Keywords : perte de charge, dispersion, géométrie des particules

1 Introduction

Les réactions de production d'hydrogène à partir du méthane dans des lits fixes catalytiques sont fortement limitées par le transfert de chaleur radiaux et à la paroi et les transferts de matière dans les particules. De plus, les procédés industriels sont contraints par les pertes de charge. Ces limitations sont très influencées par la géométrie des objets eux-mêmes et leur empilement [1]. Ce projet a consisté à concevoir et optimiser de nouvelles structures de catalyseur pour améliorer ces processus. Cette étude propose une méthodologie pour caractériser un empilement basée sur des études hydrodynamiques expérimentales (pertes de charge, dispersions dans le lit) et des études de la topologie du lit (porosité, orientations,...). Les résultats présentés ici permettent de comparer des objets de différentes formes et tailles en termes de porosité de lit, de statistiques d'orientations, de perte de charge et de dispersion radiale. Les objets testés sont des billes, des cylindres de rapport hauteur/diamètre compris en 0,8 et 1,3, des cylindres creux types barillets, des cylindres cannelés avec des trous en forme d'étoile [2] et des hélices [3].

2 Étude expérimentale

2.1 Analyse de la topologie des lits

Des empilements ont été réalisés dans un tube en verre de 10cm (diam.) et de 35 cm (haut.) afin de permettre la tomographie aux rayons X complète du lit. A partir de l'acquisition d'images représentant des coupes du réacteur et à l'aide d'une procédure d'analyse d'image classique développée sous Matlab, nous avons dans un premier temps obtenu les profils radiaux (Figure 1) et axiaux de porosité.

Des méthodes de segmentation spécifiques à chaque objet ont ensuite été développées afin d'isoler correctement chacun des objets. La position ainsi que l'orientation de chaque objet montre clairement que le facteur de forme (hauteur / diamètre) des cylindres influence notablement la construction d'un lit.

2.2 Pertes de charge

Les expériences ont été réalisées dans un réacteur de 15 cm (diam.) et 395,5 cm (haut.), ayant 5 prises de mesures de pression. Les débits d'air sont compris entre 0 et 185 m³/h. Comme attendu, la perte de charge augmente avec le débit quelle que soit la forme du substrat, mais contrairement à ce qu'indique la relation d'Ergun, la relation entre la perte de charge et la porosité du lit est assez complexe. En effet, la présence de trous de tailles différentes sur un même objet (Barillets, voir Figure 1) a induit des comportements inattendus en comparaison à des cylindres pleins de même dimension. L'étude a mis en évidence que l'empilement du lit induit des angles d'orientation entre objets qui créent un comportement hydrodynamique différent pour des porosités identiques et des tailles caractéristiques.

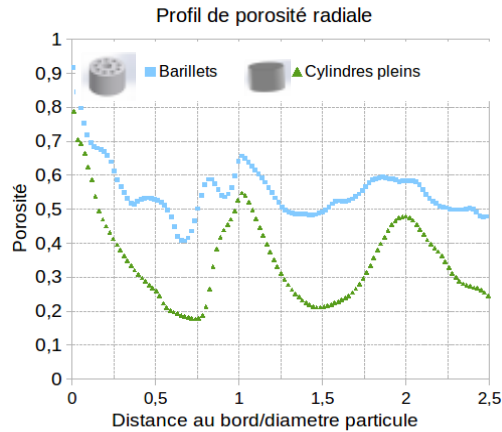


Figure 1: Profils de porosité radiale sur des barillets et des cylindres pleins.

2.3 Dispersion radiale

Des mesures de dispersions radiales ont été réalisées sur un lit de 40 cm de haut. L'expérience a consisté à injecter des pulses de méthane à 28 cm de haut à l'intérieur du lit. Les prélèvements ont été réalisés en sortie de lit sur 54 points répartis sur 6 axes. Les billes et les hélices présentent des profils de concentration axisymétriques. Pour les cylindres, la présence de trous améliore la dispersion radiale par rapport à une forme pleine (Figure 2).

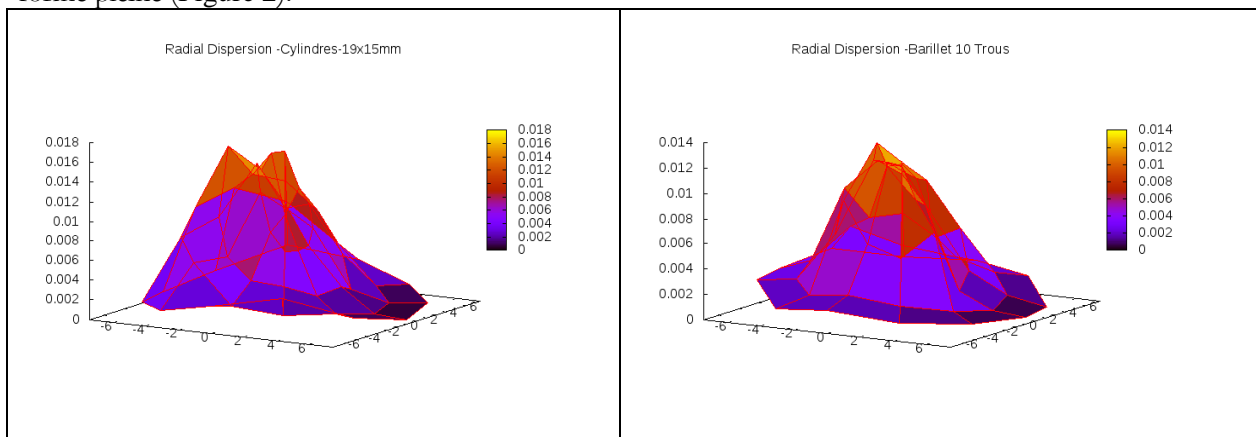


Figure 2: Profils de concentration de méthane, débit d'air de 40m³/h.

References

- [1] S. Afandizadeh, E.A. Foumeny, Design of packed bed reactors: guides to catalyst shape, size, and loading selection., *Appl. Therm Journal*, 21, 669-682 (2001).
- [2] M. Basin, C. Bertail, P. Del-Gallo, D. Gary, A. Fezoua, N. Lygeros, C. Nikitine, I. Pitault, Catalyseur sous la forme d'un barillet avec une géométrie définissant un trou, Brevet Français N°FR3021555 (A1), WO2015181472 (A1), (2014)
- [3] M. Basin, C. Bertail, P. Del-Gallo, D. Gary, A. Fezoua, N. Lygeros, C. Nikitine, I. Pitault, F. Bornette, Catalyseur avec une forme externe améliorant l'hydrodynamique des réacteurs, Brevet Français N°FR3021557 (A1), WO2015181494 (A1) (2014)