Caractérisation et analyse de réacteurs polyphasiques intensifiés

Marco dos Santos[1,2], Estevan Tioni[2], Régis Philippe[1], Claude de Bellefon[1]

Affiliation 1 : Laboratoire de Catalyse, Polymérisation, Procédés et Matériaux (CP2M) – UMR 5128 CNRS/CPE Lyon/Université Claude Bernard – Université de Lyon, 43 Boulevard du 11 novembre 1918 BP82077 69616 Villeurbanne, France

Affiliation 2 : Processium, 30 rue Marguerite 69100 Villeurbanne, France

Introduction

Etudiée depuis des dizaines d'années, l'intensification des procédés est un phénomène qui suscite de plus en plus d'intérêt dans l'industrie chimique. Cette méthodologie guide la conception de nouveaux sites industriels mais l'aussi l'adaptation des existants. Son objectif est de rendre les procédés plus productifs, plus rentables, moins énergivores et plus sûrs, que ce soit sur le plan humain comme sur le plan environnemental.

Une approche possible pour l'intensification est la réduction de l'échelle caractéristique des équipements, ce qui permet notamment d'augmenter le ratio entre la surface d'échange et le volume d'appareil. Cette augmentation, souvent correspondant à plusieurs ordres de grandeur, permet de favoriser le transfert de chaleur ou de matière entre les phases présentes dans le réacteur ou entre elles et un fluide caloporteur. Dernièrement, certaines solutions industrielles ont été proposés, comme les réacteurs Kobelco SMCR, Ehrfeld Miprowa ou Corning AFR.

Cependant, même si des solutions intensifiées commencent à être proposées, l'industrie se révèle réticente à leur incorporation, malgré leurs résultats préliminaires très prometteurs. Ceci est dû au risque lié au manque de données pratiques sûr la performance de ces réacteurs, ce qui est l'opposé de la situation des procédés conventionnels : moins performants mais mieux maîtrisés. Le but de ce projet, porté par le laboratoire CP2M, expert en intensification des procédés, et par Processium, entreprise innovante spécialisée en conception de procédés, est donc de raccourcir la distance entre des technologies de réacteur polyphasique prometteuses mais méconnues et des besoins pratiques de l'industrie.

Objectifs

Dans le but d'élargir le champ de connaissances sur les technologies intensifiées, trois réacteurs intensifiés disponibles commercialement seront caractérisés dans cette étude : Kobelco SMCR, Ehrfeld Miprowa et Corning AFR, présentés en Figure 1. Pour ces technologies, quatre aspects déterminants de la performance ont été choisis pour être investigués : la perte de charge, le transfert de chaleur, le transfert de matière et la distribution de temps de séjour.

Figure 1 : Les réacteurs choisis pour cette étude – Kobelco SMCR (gauche), Ehrfeld Miprowa (centre) et Corning AFR (droite).

Trois grands axes complémentaires de travail sont envisagés pour ce projet :

1. Conception d'un montage expérimental dédié à la caractérisation des réacteurs polyphasiques et à la production des données d'intérêt ;
2. Traitement des données expérimentales dans le dessein d'obtenir des corrélations entre les paramètres opératoires et les grandeurs-clef de la performance des réacteurs ;
3. Contribution au développement d'une méthodologie de choix de technologie de réacteur, basée sur la comparaison entre les contraintes d'un cahier de charges et les caractéristiques de ces équipements.

Résultats préliminaires

Après la mise en place du montage expérimental, la première partie de l'étude a été débutée, à savoir la caractérisation de la perte de charge pour le réacteur Kobelco SMCR. L'influence du débit sur la perte de charge pour un écoulement monophasique liquide (eau) a été étudiée et le résultat est affiché en Figure 2. Le résultat est une droite, ce qui est attendu pour un régime laminaire. La pente de cette droite dépend des propriétés physiques du fluide mais aussi de la géométrie du réacteur.

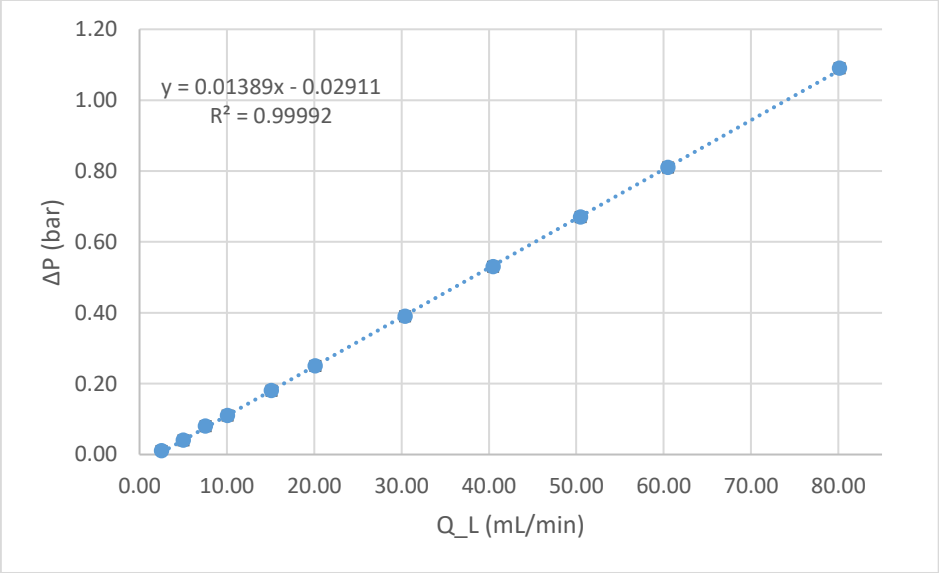

Figure 2 : Perte de charge en fonction du débit d'eau en écoulement monophasique dans le réacteur Kobelco SMCR.

La caractérisation de la perte de charge en écoulement biphasique gaz-liquide, aussi bien que le changement de la nature du liquide, représente les prochaines étapes de cette étude. Une comparaison avec les corrélations disponibles pour l'écoulement biphasique en canal simple sera performée.

Conclusion

Cette étude, portée par CP2M et Processium, vise caractériser trois technologies différentes de réacteurs polyphasiques intensifiés, et ce par rapport à quatre paramètres clefs pour la performance d'un réacteur : la perte de charge, les transferts de chaleur et matière et la distribution de temps de séjour.

L'obtention de corrélations pour les paramètres clef en fonction des conditions opératoires permettra le dimensionnement de procédés avec ces technologies et donc leur incorporation par l'industrie sera favorisée. A l'heure actuelle, la perte de charge en écoulement monophasique a été étudié et il a été vérifié un comportement compatible avec un écoulement laminaire.