

Innovation dans les réacteurs pour la chimie continue

KHIMOD
ALCEN

Date de création : 2019

Implantation : Paris

Secteur d'activité : Solutions pour la production d'e-fuels, e-methane et e-methanol et technologie pour le marché de la chimie continue.

PDG : Nicolas Serrie, **fondateur** : Olivier Bouchard.

Financement, subventions, crédits : Groupe ALCEN.

Offres : Conception et production de réacteurs-échangeurs de chaleur innovants, résistants à des températures et pressions très élevées ainsi que des unités industrielles clés en main, pour les marchés de l'énergie et de la chimie continue.

Une ambition : Contribuer à la décarbonation des industries lourdes, valoriser et réutiliser le CO₂ non compressible, répondre aux besoins du marché de la chimie en flux continu avec un focus sur l'hydrogénation continue.

www.khimod.com

KHIMOD est une « climate-tech » qui développe des réacteurs-échangeurs de chaleur innovants pour la chimie continue, offrant des performances exceptionnelles à des températures ou pressions extrêmes, avec un accent particulier sur l'industrialisation à grande échelle. La haute modularité des équipements KHIMOD les rend adaptés à une large gamme d'applications. Les équipements KHIMOD offrent des performances exceptionnelles en hydrogénation, avec ou sans catalyseur en lit fixe.

La technologie de KHIMOD s'applique aux secteurs de l'énergie, en particulier pour la production de carburants de synthèse, et aux industries chimiques fines et spécialisées. À titre d'exemple, les réactions d'hydrogénation d'acides gras (acide oléique en acide stéarique) en continu ont été étudiées en collaboration avec le laboratoire CNRS CP2M (Lyon) [1]. Les résultats présentés sur les figures 1 et 2 montrent que la réaction d'hydrogénation peut être réalisée en continu en présence de catalyseurs à base de nickel ou de palladium avec une efficacité plus grande dans un équipement de taille très réduite.

D'autres réactions d'hydrogénation de myrcène en myrcane ou de terpènes en alcanes ont été également étudiées.

KHIMOD conçoit et fabrique également des unités clés en main pour la production d'e-méthane, d'e-méthanol et d'e-carburants, permettant la réutilisation et la valorisation du CO₂. À titre d'exemple, l'unité de méthanation de KHIMOD sur le site de power-to-gaz Jupiter 1000, permettant de

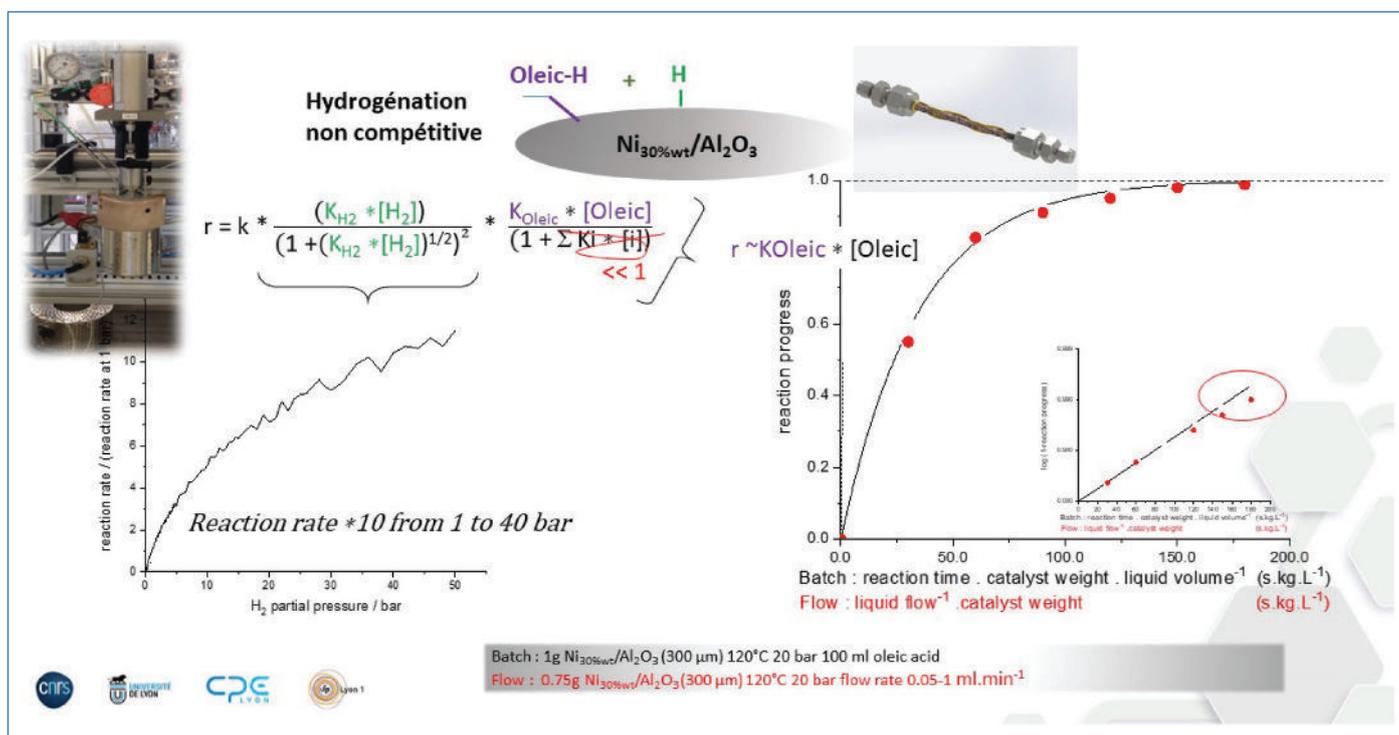


Figure 1 - Hydrogénation de l'acide oléique en acide stéarique : passage à un procédé continu.

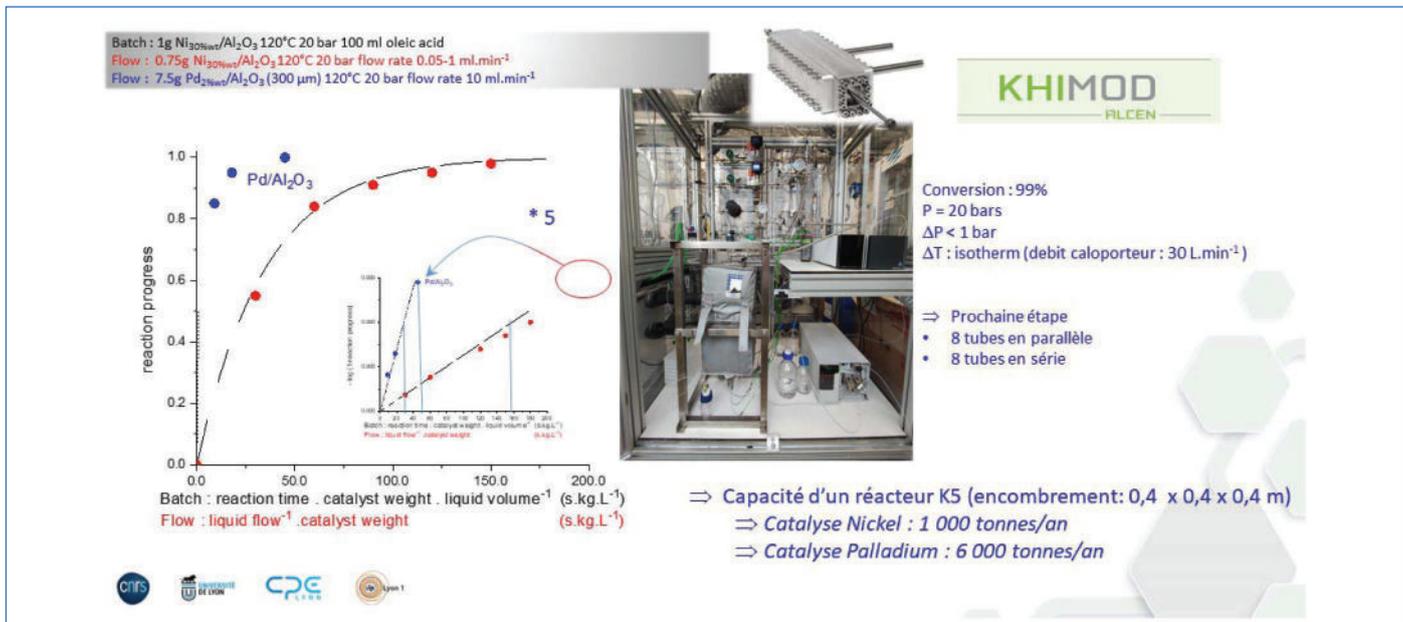


Figure 2 - Hydrogénation de l'acide oléique en acide stéarique : montée en puissance.

convertir de l'hydrogène combiné à du CO₂ valorisé en méthane, pour injection directe dans le réseau de distribution de GRTgaz (www.jupiter1000.eu).

La chimie en flux a donc connu d'importants développements ces dernières années, tant académiques qu'industriels, mais cette nouvelle technologie se heurte à un défi majeur lorsque les réactions mises en œuvre génèrent des solides. Ces réactions de précipitation peuvent en effet conduire à un

encrassement et à un bouchage des canaux réactionnels. Les experts considèrent ainsi que plus de 60 % des réactions intéressantes pour la chimie continue mettent en jeu des solides. Des technologies efficaces ont été développées pour les réactions où les solides sont introduits dans le réacteur, mais il n'existe pas de solution satisfaisante à l'échelle industrielle lorsqu'ils sont formés *in situ* dans le réacteur.

KHIMOD et **Flow4all** [2] démarrent une collaboration qui s'appuie sur une technologie innovante couplant les réacteurs-échangeurs de KHIMOD avec des ultrasons pour gérer ces solides. L'intégration des ultrasons avec les réacteurs échangeurs monolithiques de KHIMOD permet une précipitation contrôlée des solides sans les inconvénients habituels tel que le colmatage des systèmes.

Une première démonstration de l'efficacité des ultrasons est présentée sur la *figure 3* qui résume les travaux relatifs à la formation du sulfate de baryum. Cette technologie a fait l'objet d'un dépôt de brevet.

En conclusion, cette technologie brevetée sera particulièrement précieuse pour des industries où la pureté et la précision des processus chimiques sont cruciales, telles que la pharmacie, les parfums, l'agriculture ou les cosmétiques. Ces secteurs bénéficieront non seulement de la robustesse et de la stabilité du système, mais aussi de son adaptabilité à diverses applications industrielles. Grâce à la possibilité de gérer efficacement les solides, cette technologie ouvre la voie à une production plus fluide, plus sûre et moins sujette aux interruptions causées par les nettoyages fréquents des réacteurs, optimisant ainsi le temps de production et réduisant les coûts.

[1] L. Vanoye, Y. Swesi, M.A. Dos Santos, R. Philippe, F. Bornette, C. de Bellefon, Conférence AICHEM 2024.

[2] J.-C. Monbaliu, E. Aubay, communiqué de presse, mai 2024.

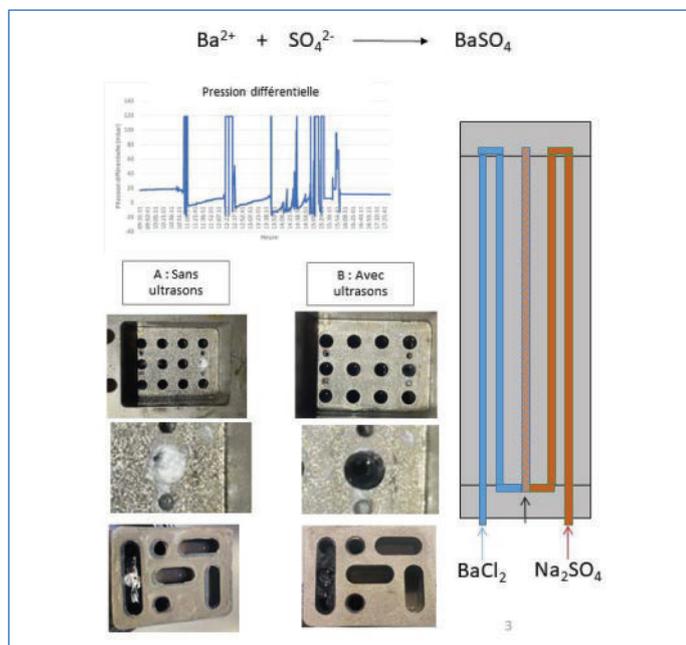


Figure 3 - Le couplage des ultrasons, en mode pulsé, avec les réacteurs de KHIMOD permet un décolmatage complet et rapide des canaux réactionnels.



Concentration : 0,5 Mol/l (100 g/l) • débit : 100 ml/mn – température ambiante.

Expérience A réalisée pendant 4 H sans ultrasons :

Variation de la pression montrant le début de colmatage.

À l'issue de 4 heures de réaction, l'ouverture du réacteur confirme le colmatage.

Expérience B réalisée également pendant 4 h sans ultrasons :

Variation de la pression indique alors un début de colmatage.

L'application d'ultrasons pendant 6 mn (28 KHz, 100 W- pulse d'1 s suivi d'un blanc de 10 s) supprime la variation de pression et l'ouverture du réacteur confirme l'absence de colmatage.

Eric AUBAY,
Vice-président Flow Chemistry.

KHIMOD, 25 boulevard Romain Rolland, 75014 Paris.

*eaubay@khimod.com