



## Développement d'une cellule microfluidique de filtration assistée par ultrasons pour le contrôle du colmatage des milieux poreux

Nicolas Hengl, Olivier Liot, Xavier Jacob

Les procédés de séparation membranaire de type filtration sont utilisés à grande échelle dans le secteur de l'ingénierie, de l'environnement pour la purification des eaux ou des effluents, ou encore dans les applications agro-alimentaires. Pour toutes ces applications, malgré les avantages et le potentiel que présente cette opération, il existe actuellement des limitations au fonctionnement du procédé qui résident dans la stabilité du phénomène de polarisation de concentration et de colmatage qui apparaissent à la surface ou à l'intérieur du milieu poreux. Afin d'intensifier les transferts au cours de ces procédés de filtration, l'utilisation d'ondes ultrasonores est une solution connue permettant de réduire ou retarder la formation du colmatage. En effet, les ultrasons peuvent induire plusieurs phénomènes au sein d'un milieu liquide : cavitation, microstreaming, force de radiation, chaleur (Mason, 1999 ; Leighton, 2007). Dans des travaux antérieurs (Rey et al., 2019 ; Jin et al., 2014), il a été mis en évidence que l'utilisation d'ultrasons de basse fréquence permettait de contrôler l'accumulation de matière à la surface des membranes d'ultrafiltration dans une cellule de laboratoire. Cependant, **aucune interprétation physique de l'effet des ultrasons n'a pu être à ce jour identifiée clairement faute d'observation des phénomènes qui ont lieu à la micro-échelle**. Or, pour tenter de comprendre les interactions entre ultrasons et gâteau de filtration (agglomérat de particules à la surface du milieu poreux), l'usage d'outils microfluidiques est prometteur (Dressaire & Sauret, 2017).

L'objectif du stage est de développer une cellule de filtration microfluidique assistée par ultrasons afin de **comprendre l'effet des ultrasons sur l'accumulation de particules provoquant le blocage de la constriction** dans le milieu poreux. Des **dispositifs originaux de filtration microfluidique (Mokrane et al., 2020) en PDMS** seront mis au point (évolutions d'un prototype existant). **Cette cellule microfluidique couplée à un microscope permettra des observations locales à l'échelle d'un pore ou de quelques pores. Le couplage des ultrasons avec ces cellules sera le point clé du projet**. Une fois la configuration optimale choisie, des essais de filtration seront effectués sous différentes conditions opératoires (mesure de flux à l'eau, filtration de particules, étude du colmatage avec et sans ultrasons). Différents modes d'insonification par ultrasons seront mis en œuvre afin d'étudier leur influence sur la percolation à travers le milieu poreux filtrant (micromodèle membranaire). Un point important sera aussi d'associer au dispositif une métrologie adaptée. Une **caractérisation des propriétés vibratoires** du système pourra être réalisée par l'utilisation de la vibrométrie laser, ou de la calorimétrie. Pour relier les performances de filtration à l'effet des ultrasons observé à l'échelle locale, une mesure des flux de perméation (vitesse de circulation dans les pores) et de la température in situ et en temps réel sera développée.

Le stage se déroulera à l'Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse, dans l'équipe Milieux Poreux et Biologiques (MPB), avec des spécialistes de filtration, microfluidique et acoustique. Nous sommes à la recherche d'un ou d'une étudiant.e motivé.e et rigoureux.se qui souhaite développer ses compétences expérimentales dans un domaine à l'interface entre le génie des procédés, la mécanique des fluides et la physico-chimie. Pour candidater, merci d'envoyer un CV et une lettre de motivation à [nicolas.hengl@imft.fr](mailto:nicolas.hengl@imft.fr), [olivier.liot@imft.fr](mailto:olivier.liot@imft.fr) et [xavier.jacob@imft.fr](mailto:xavier.jacob@imft.fr).

Programme de travail :

- Prise en main du prototype et définition d'un plan d'expérience
- Etude de l'influence des ultrasons sur le colmatage d'un pore
- Mise en œuvre de différents mode d'insonification
- Retour sur la conception des puces le cas échéant

**Compétences souhaitées parmi : traitement de données (signaux, images), préparation de solutions, microscopie, instrumentation, microfluidique, procédés.**

**Formation master/école d'ingénieur en mécanique des fluides ou génie des procédés ou acoustique.**

*Jin Y., Hengl N., Baup N., Pignon F., Gondrexon N., Sztucki M., Gésan-Guiziou G., Magnin A., Abyan M., Karrouch M., Blésès D., Journal of Membrane Science 2014*

*Dressaire E. & Sauret A., Soft Matter, 13, 37, 2017*

*Leighton, T.G. (2007). What is ultrasound? Prog. Biophys. Mol. Biol., 93, 3–83.*

*Mason, T.J. (1999). Sonochemistry. Oxford University Press.*

*Mokrane M. L., Desclaux T., Morris J. F., Joseph P., Liot O., Soft Matter, 16, 9726-9737 (2020)*

*Rey C., Hengl N., Baup S., Karrouch M., Dufresne A., Djeridi H., Dattani R., Pignon F., Journal of membrane science, 578, 2019, 69-84*