

# Intitulé : Conception de dispositifs millifluidiques pour l'étude de phénomènes de transport par RMN et IRM.

Encadrant(s) : Jean-Christophe Perrin, [jean-christophe.perrin@univ-lorraine.fr](mailto:jean-christophe.perrin@univ-lorraine.fr)

Maude Ferrari, [maude.ferrari@univ-lorraine.fr](mailto:maude.ferrari@univ-lorraine.fr)

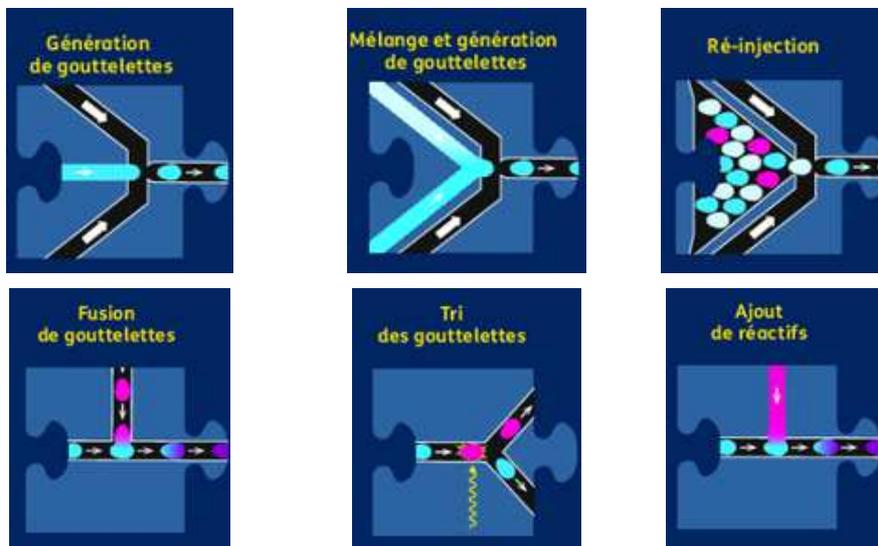
**Domaine:** millifluidique, microfabrication, mécanique des fluides, résonance magnétique nucléaire

## Descriptif:

### 1. Contexte.

La microfluidique peut être définie à la fois comme une *science* et une *technique* permettant de manipuler des fluides à l'échelle micrométrique.

Il s'agit d'une *technique* car la microfluidique utilise des dispositifs construits grâce à des méthodes de microfabrication héritées de la microélectronique (photolithographie). Les écoulements des fluides ont lieu dans des canaux dont la taille caractéristique est de l'ordre de quelques dizaines (microfluidique) ou quelques centaines de microns (millifluidiques). Dans ces dispositifs, des fonctions de bases sont réalisées séquentiellement afin d'exécuter des opérations telles que le mélange, la production de bulles et de gouttes, le triage et la séparation de solides en suspension,...etc (voir figure 1). Ce genre de dispositifs est très étudié dans les laboratoires et dans l'industrie depuis une dizaine d'années avec des applications dans la production d'additifs en agroalimentaire, la détection de maladies par l'analyse de microgouttelettes de sang, le suivi réactionnel en ligne, la synthèse de micromatériaux de taille et composition maîtrisées...etc.



**Figure 1 :**  
**exemple d'opérations millifluidiques de base.**

(extrait de « Microfluidique : tout savoir sur ces labos qui tiennent dans une goutte » <https://www.industrie-techno.com>)

L'écoulement de fluides dans des canaux de faible dimension est également une *science* à part entière : le rapport surface/volume important et la prépondérance des effets de capillarité et des forces de viscosité conduisent à des flux laminaires dans lesquels les instabilités sont supprimées et où le comportement dépend beaucoup des interactions avec les surfaces. Les transferts de masse sont dominés par les effets diffusifs tandis que les transferts de chaleur sont intensifiés.

## 2. Problématique

L'étude de phénomènes et de procédés en dispositifs millifluidiques se heurte encore à deux verrous majeurs. D'une part la microfabrication par lithographie exige des investissements et une maîtrise technologiques importants. D'autre part, les dispositifs doivent généralement être réalisés en verre ou en polymère transparent afin de pouvoir utiliser des méthodes d'analyses optiques.

Ce sujet de stage vise à utiliser une méthode de fabrication bon marché pour réaliser des dispositifs millifluidiques dans lesquels les écoulements seront analysés par des méthodes de résonance magnétique nucléaire (RMN) et d'imagerie par résonance magnétique (IRM).

## 3. Travail proposé

### *α- Développement du dispositif*

Dans un premier temps, l'étude portera sur l'implémentation et la maîtrise d'une méthode de fabrication [1] permettant de réaliser des objets monoblocs en polymère non conducteur (PDMS) contenant un ensemble de canaux de taille submillimétrique (voir figure 2). La bobine d'excitation et de réception RMN sera incorporée au dispositif, ce qui permettra d'améliorer considérablement la sensibilité de la mesure. Son diamètre sera de l'ordre du millimètre. L'électronique de la chaîne de mesure sera réalisée en collaboration avec le département N2EV de l'Institut Jean Lamour.

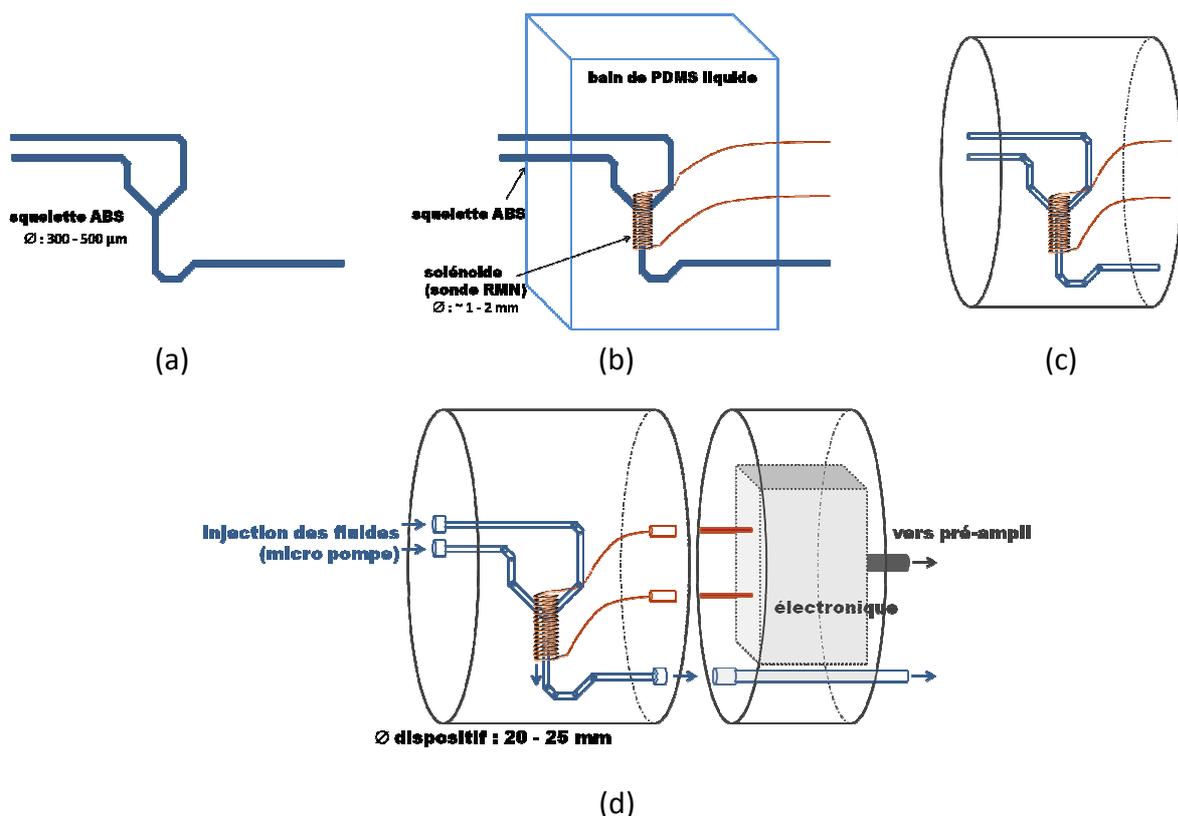


Figure 2 : représentation schématique de la méthode de fabrication envisagée: un squelette en ABS (acrylonitrile butadiène styrène) est d'abord fabriqué par extrusion (a). Il est plongé avec la bobine de mesure RMN dans un bain de PDMS liquide (polydiméthylsiloxane) (b) qui est polymérisé et rendu solide. Le squelette est ensuite dissous dans l'acétone, créant un réseau de canaux millifluidiques de taille, forme et niveau de complexité modifiables à l'envie et pouvant comporter toutes sortes de capteurs (ici une sonde RMN) (c). L'objet créé est connecté à un système d'injection de fluides et à l'électronique servant à la mesure RMN (d).

#### *b- Mesures RMN/IRM en millifluidique*

Dans un second temps, des techniques RMN et IRM maîtrisées au laboratoire (mesures de diffusion, imagerie, cartographie de vitesse) seront adaptées aux particularités du dispositif. L'objectif est de pouvoir réaliser une opération millifluidique de base (comme un mélange de deux fluides et la génération de gouttes) et de la caractériser par des mesures de concentration, de champ de vitesse et de coefficient de diffusion.

**Ce stage de niveau Master2 recherche pourra être poursuivi dans le cadre de la préparation d'une thèse financée sur un contrat doctoral de l'ED SIMPEE.**

#### **4. Références**

[1]. Saggiomo, V.; Velders, A. H., Simple 3D Printed Scaffold-Removal Method for the Fabrication of Intricate Microfluidic Devices. *Advanced Science* **2015**, 2 (9).